

Caracas, 7 de Mayo de 1973

Comisión Inspector de los
Estudios para el Control de
Sedimentos en el Rfo Chama.

COMENTARIOS DEL INFORME CHAMA POR SARDIMAR CA.

- 1 El trabajo contiene una excelente revisión de los estudios y publicaciones previas relacionados con el problema fluvial del río Chama, y describe las alternativas de obras propuestas por diversos autores. Esta consideración dá al informe un real valor como documentación para futuras estudios.
- 2 En la Pág. 56 al final, se establece un hecho de gran importancia que puede contribuir a cambiar el esquema de los trabajos hasta ahora en mente y se refiere a la factibilidad de construir pequeños diques que puedan ejecutarse en los menores tributarios al río Chama, el estudio sugiere que estos serian posteriores a la realización de un embalse principal sobre el propio valle del río Chama, pero porque no estudiar las ventajas y posibilidades de que estos tengan un caracter prioritario?. Ciertamente se ha demostrado por la experiencia que es antieconómica la ejecución de embalses ubicados aguas arriba de los mayores con el propósito de preservar sus capacidades más eficientemente, evitando la afluencia del sedimento, sin embargo, considerando que aquellos sean usados con otros propósitos, no parece descartable esta medida.
- 3 En la Pág. 64 se dá el emplazamiento de los diferentes diques en proyecto, pero no se dá la prioridad que obviamente dependería del nivel de la información general disponible, en todo caso debe discutirse en un nivel posterior más detallado lo atinente al punto 2. Mucha de la información básica requerida se especifica en la pág. 65.
4. El gráfico que muestra la variación de la granulometría del material

de lecho a lo largo del curso, ilustra más bien la problemática relacionada con el caracter tan variado de estos materiales así como los resultantes del muestreo que es necesariamente impreciso e inexacto. Este gráfico evidencia por lo tanto condiciones muy particulares y su real importancia radica en permitir reconocer que es necesario adoptar otras mediciones de los sedimentos que permitan conocer más adecuadamente aspectos relacionados con su caracter y mecánica de transporte.


David Pérez Hernández

FACTIBILIDAD TECNICA PARA EL CONTROL DE ACARREOS DE FONDO EN EL
=====

RIO CHAMA, AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO MOCACAY.

=====

INFORME
=====

1.- Introducción.- El fin que se persigue con las obras de represamiento, desviación, endicamiento, retardación y decantación del Río Chama o de sus afluentes, propuestos en diversas ocasiones es el de corregir el problema de las inundaciones y del depósito de azólvcs producido por el río en una gran extensión de su curso inferior, al Sur del Lago de Maracaibo.

Las obras de regulación son de evidente importancia, por cuanto favorecerán una región muy rica por su actual y futura explotación en ganadería y agricultura y porque la zona baja del Río Chama no escapa a las medidas de emergencia que casi todos los años deben disponerse por las inundaciones que ocurren al Sur del Lago de Maracaibo. Esta situación preocupa muy justamente desde hace muchos años al Gobierno Nacional.

Se han consultado diversos especialistas de fama mundial; se han anticipado soluciones, pero las condiciones especiales del río y la geomorfología de la cuenca imbrífera tornan muy difícil el problema como se expresa más adelante en el parágrafo N° 5 .

Esta situación llevó al Ministerio de Obras Públicas a contratar con Sardimar C. A. el "Estudio de Factibilidad Técnica para el Control de Acarreos de Fondo en el Río Chama, Aguas Arriba de la Confluencia con el Río Mocacay."

En el informe del Distrito Hidrológico 1 referente a la "Inundación en la Zona Sur del Lago de Maracaibo Abril-Mayo de 1.972" en la parte que se refiere al comportamiento del Río Chama en el Tramo Medio y Bajo se apunta lo siguiente, constituyendo una magnífica descripción de lo que con cierta frecuencia ocurre en la región:

"Como consecuencia de las altas precipitaciones ocurridas en la cuenca del río Chama, grandes deslizamientos de tierra del sistema montañoso Andino aumentaron considerablemente el gasto sólido del río. Extensiones de tierras sembradas de caña de azúcar en los valles del río Mocotíes fueron arrastradas hacia el cauce del río Chama. Esto, aunado a la necesidad de reestablecer las comunicaciones terrestres interrumpidas por las lluvias y los derrumbes a la altura de la unión de ambos ríos; considerables volúmenes de tierra suelta y vegetación fueron lanzados a los torrentes fluviales, todo este material de arrastre ha pasado al tramo inferior del río Chama, aguas abajo del puente Chama, dando origen a un cambio de canales debido al anastomosamiento de los mismos.

Se ha producido considerable transporte de material grueso, lo cual en unión de la erosión de islas, producto de crecidas anteriores, y barras de arena, ha pasado a formar parte del gasto sólido suspendido y de arrastre, produciendo la inestabilidad del lecho. La dinámica del río debido a la unión de canales, ha producido socavamiento de las márgenes destruyendo sembradíos de pastos y plátanos; consecuentemente, el ancho de las secciones ha aumentado. El transporte de árboles, gravas, arenas y peñones han originado la formación de barras de arena alternadas con bancos de cantos rodados. Al presentarse la onda de creciente la arena

es fácilmente lavada y transportada; al disminuir la velocidad después de la avenida, el material suspendido es fácilmente depositado; por otra parte, el movimiento de cantos rodados se desplaza más difícilmente y pasa a impedir el movimiento de cantos rodados se desplaza más difícilmente y pasa a impedir el movimiento anterior, originándose nuevamente los bancos de arena que determinan el relleno del lecho. Al generarse nuevas ondas de crecientes, antes de mover este sistema de barras, por incapacidad del lecho se sobrepasan los niveles de la baja orilla, arrasando los sembradíos y produciendo un desborde. Debido a la agradación del lecho, las aguas erosionan y socavan las orillas que como consecuencia de la granulometría de material que las forma, arenas y limos, se producen deslizamientos. En casi todo el tramo es considerable la deposición de material cuando baja la velocidad del flujo. Al disminuir los niveles del río pueden observarse los grandes volúmenes de arena y limo, dentro de las áreas sembradas, en algunos sitios se midió entre 60 cm a 1,20 m de acumulación sobre las plantaciones.

Como consecuencia de esta dinámica y el movimiento de grandes volúmenes de aluviones, más los aportes externos, se han rellenado parcialmente los canales produciéndose, con menores gastos líquidos, desbordes considerables, el alarmante desplazamiento de las orillas y mayores daños".

- 2.- El Río Chama.- "La cuenca del Río Chama ocupa, políticamente, los estados Mérida y Zulia, teniendo su nacimiento en el Páramo de Mucuchíes (long. 70°49; lat. 08°49; alt. 4.500 m.s/m.) drenando en su recorrido de 182 Km. de longitud un área de 3875 Km² hasta

su desembocadura al Lago de Maracaibo. El curso principal sigue una trayectoria NE-SO hasta su confluencia con el río Mocotíes, su principal afluente, para luego dirigirse hacia el N-NO.

El drenaje es reticular y se presenta anastomosado en su curso principal, propio de zonas de fuerte pendiente, en proceso de gradación.

Su curso es encajonado y está limitado por elevaciones de hasta 5.007 m, que caen con fuerte pendiente al Valle, el cual se ensancha desde los 1800 m.s.n.m. hacia aguas abajo; formándose vegas, terrazas y conos de deyección". (3-18)

En el informe del Ing. Jan Kijewski (3-13) denominado: "Anexo N°1. ALGUNAS APRECIACIONES SOBRE EL SISTEMA FLUVIAL DEL RIO CHAMA Y DEL RIO CONCHA", limitando su consideración al RIO CHAMA, se señala que dicho curso de agua puede dividirse en cinco Tramos, a saber:

- A1. Tramo torrencial paralelo a las estructuras;
- A2. Tramo torrencial transversal a las estructuras;
- A3. Tramo intermedio;
- A4. Tramo de la llanura de desbordes;
- A5. Tramo deltaico.

El tramo A1 se subdivide en dos sub-tramos: el superior hasta Eji-do y el subsiguiente hasta las inmediaciones de los caserios de Es-tánques.

Acerca del sub-tramo superior se indica que es probable que la carga de sedimentos arrastrados de los páramos y que llegan a los cauces del Río Chama directamente o por intermedio de las quebra-

das, se depositan en el mismo cauce y escurren "lentamente río abajo con la ocurrencia de mayores avenidas que la arrastran como material retomado". Además, en Tabay y Mérida, con precipitaciones del orden de los 1.800 milímetros por año, se favorece el desarrollo de una cubierta vegetal que se opone o limita la erosión.

En el sub-tramo inferior la actividad fluvial respecto a los arrastres de material sólido aumenta considerablemente. Pocos kilómetros arriba de Las González, "el Río Chama recibe por su margen izquierda una supercarga de sedimentos, que son traídos por el Río Nuestra Señora y su afluente, el Río San José o Tostos"; un cono de deyección de gravas y barro señala su ingreso al Río Chama.

Poco más adelante se agrega: "que el sector Ejido-Lagunillas-Estánques, es el mayor proveedor de sedimentos de diversa granulometría al cauce del Río Chama por los consabidos efectos de la erosión difusa, concentrada y regresiva, así como también por la activa socavación, deslizamiento y derrumbe de materiales detríticos confinados en las terrazas encajonadas y conos de deyección característicos de este tramo. De allí se deriva el hecho de que sobre un tramo de aproximadamente unos 30 kilómetros, el Río Chama acumula en las playas de su lecho aparente y en su canal de estiaje, una gran cantidad de materiales detríticos, representados por rocas cristalinas y materiales de granulometría más fina desde arena hasta limos y arcillas.

El Tramo A2 se desarrolla desde Estánques hasta el Puente de la ru

ta Panamericana según un estrecho y profundo cañón en forma de "V". En este tramo el Río Chama recibe como principales afluentes a los Ríos Mocotíes y Mocacay.

Las condiciones climáticas de la cuenca del Río Mocotíes y del tramo Estánques-Puente de la Ruta Panamericana del Río Chama, no son propicias para los efectos de una erosión acelerada y aporte de materiales hacia la red fluvial.

"Es preciso señalar que la presencia de las cargas sólidas de este tramo, en el canal de estiaje y en el lecho aparente del Río Chama, se relacionan directamente con la fuente real de procedencia de estos materiales, que aparentemente se sitúan en el sector Ejido-Estánques del Tramo A1 del Río Chama y con el poder de acarreo asegurado por el mayor caudal de este Río".

Hacia aguas abajo siguen los Tramos A3, A4 y A5 que recibirán los beneficios que derivarán de las obras de corrección fluvial en los tramos A1 y A2. Es evidente que disminuirá notablemente la carga de material sólido, especialmente la de los rodados grandes y pequeños, de manera que pueda, en el futuro, abordarse con mayor eficiencia, la obra de encauzamiento y canalización.

En efecto, es bien conocida la gran actividad fluvial que se manifiesta en el tramo A3 debido a la gran capacidad de depósito de materiales; en estas condiciones los cauces deben cambiar de recorrido, produciendo erosiones que atacan las terrazas, los conos de deyección y las obras, indiscriminadamente; esto se observa en los deterioros que está sufriendo el muro de concreto que el M.O.P.

construyó en el año 1956 en la margen izquierda del Río Chama para proteger, entre otras mejoras, la estación de bombeo del I. N. O. S. Se construyeron en la misma zona otras obras precarias y canalizaciones que están sujetas asimismo a los ataques y destrucciones de las fuertes corrientes que localmente inducen los desequilibrios fluviales debidos a la formación de barras y bancos desplazables que alteran la posición de los cauces.

El cono de deyección del Río Chama es de gran magnitud y corresponde a un río de fuerte potencial o que ha tenido gran potencial en ^{diferentes o pasadas} épocas geológicas, el vértice de este cono puede ubicarse a la salida del "Cañon del Chama" o sea en las proximidades de la desembocadura del Río Mocacay y en el amplio ámbito del cono el río ha divagado no solamente en épocas preteritas como es natural siendo su agente de formación, sino en épocas más recientes como puede deducirse de algunos testimonios:

En un artículo del Dr. Melchor Centeno Graü aparecido en aquella famosa Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas (3-1) intitulado "El Faro de Maracaibo o Relampago de Catatatumbo" aparece un mapa de la región en donde se puede apreciar que para la época (1911) el Río Chama desembocaba en el Río Escalante, aguas arriba de Santa Bárbara pero con un trazo que sigue por la zona del curso actual. Un plano más detallado de la región es el debido al Dr. Alfredo Jahn y corresponde a la misma época, este plano viene anexo al artículo del mismo Dr. Jahn intitulado "Comisión Científica Exploradora del Occidente de Venezuela - Orografía de la Cordillera Venezolana de Los Andes" que apareció en la entrega N^o 21 de Septiembre de 1912 de la citada Revista Técnica

del Ministerio de Obras Públicas. Este plano debido al Dr. Jahn, cuya copia se anexa a este informe (reducido aproximadamente a la mitad) muestra también al Río Chama desembocando en el Escalante a través de la Ciénega de Onia y señala mediante una línea punteada lo que denomina "Antiguo Cauce del Río Chama" que por su posición bien podría ser el actual cauce.

Con respecto a las mutaciones del río en la Zona Sur del Lago de Maracaibo, el Dr. Pedro Pablo Azpúrua en un informe de la Comisión del Sur del Lago sobre "Alternativas de Control del Río Chama Mediante su Desviación por el Río Mocacay Vertiendo las Aguas hacia el Río Mucujepe" apunta de manera clara y concisa: " El río Chama con sus fértiles sedimentos, ha dado origen a un abanico aluvial de gran potencial al barrer un área de unas 200.000 Has. y paradójicamente el mismo río constituye uno de los problemas más serios, ya que en un momento dado y de manera súbita puede desviarse hacia cualquier sitio inesperado y desbastar parte considerable de las numerosas bienhechurías que los pioneros han realizado en su planicie. A la luz de la experiencia de los más viejos moradores y de algunos documentos antiguos de carácter técnico, como el del Doctor Alfredo Jahn, se sabe que el río Chama divaga caprichosamente dentro de su abanico ya que es un río en proceso de rápida evolución y por consiguiente inestable; hasta tal punto de que por los años 30 o sea a escasos 40 años, corría por donde hoy está el caño El Padre y era afluente del Escalante y es de esperar que en cualquier momento se vaya por alguno de sus antiguos cauces y ocasione apreciables daños

en la agricultura y en las poblaciones de San Carlos, Santa Bárbara y El Remolino. De lo anterior se infiere, que el control del río Chama es un aspecto altamente delicado y cualquier solución no estudiada inteligentemente y a la luz de la evolución de los procesos naturales y elementos de juicio ciertos, puede resultar conflictiva y lo que es más grave, inducir inicialmente un rápido desarrollo que significa mayores inversiones tanto particulares como del Estado, pero luego el río podría, en razón de su inestabilidad, salirse del ámbito del control y causar una verdadera catástrofe".

- 3.- Bibliografía Consultada.-
- 3-1 Centeno Grau, Melchor "El Faro de Maracaibo" o "El Relám-
Revista Técnica del Mi- pago de Catatumbo".
nisterio de Obras Públi Octubre de 1911
cas N°13 Enero de 1912.
- 3-2 Jahn, Alfredo Comisión Científica Exploradora del
Revista Técnica del Mi- Occidente de Venezuela.
nisterio de Obras Públi "Orografía de la Cordillera Venezo
cas N°21 Septiembre de lana de Los Andes".
1912.
- 3-3 Ruiz, Rafael "Defensa de San Fernando de Apure".
Revista Técnica del Mi-
nisterio de Obras Públi
cas N°72 Abril de 1937
- 3-4 Civisan Ingenieros C.A. "Memoria Sobre los Estudios Preli-
1967 minares de la Zona al Sur del La-
go de Maracaibo".
- 3-5 Yunis, Natalio J. "Estudio Preliminar del Control de
Crecientes del Río Chama".
Enero de 1967
- 3-6 Ramirez, Isaac "Informe Geológico para Anteproyec
to de la Presa Mocacay".
Junio de 1968

- 3-7 Delft Hydraulics
Laboratory "Integral Study of the Lake of Ma-
racaibo and the Gulf of Venezuela"
Febrero de 1969.
- 3-8 Geosca "Estudio Geofísico de los Sitios
de Presa Mocacay y La Vega sobre
el Río Chama".
Mayo de 1970
- 3-9 Eitz, Wolfgang y
Watay, Susumo "Estudio Preliminar de Crecientes
del Río Chama".
Septiembre 29 de 1970.
- 3-10 Lopez Ramirez, José Luis "Informe Geotécnico Preliminar Si-
División de Geotecnia tio Presa "La Vega" Río Chama, Dis-
Dirección de Obras Hi- trito Alberto Adriani-Estado Méri-
dráulicas. da.
Noviembre de 1970.
- 3-11 Linsley, R. K. "Mitigación de inundaciones en la
Zona Sur del Lago de Maracaibo".
Enero 9 de 1971
- 3-12 Azpúrua, Pedro Pablo "Alternativa de Control del Río
Chama Mediante su Desviación por
el Río Mocacay Vertiendo las Aguas
hacia el Río Mucujepe".
Julio 21 de 1971.

- 3-13 Kijewski, Jan "Algunas Apreciaciones Sobre el Sis
tema Fluvial del Río Chama y del
Río Concha".
- 3-14 Bolognesi A. y Moretto O. "Presa Mocacay - Informe sobre Observa
ciones Preliminares".
Julio 27 de 1971
- 3-15 Tricart, Jean "Integración de los Estudios de Conser
vación de Tierras y Aguas" y va-
rias "Notas Técnicas".
Agosto de 1971
- 3-11 Sherard James L. "El Chama River Possible Debris
Storage Reservoir" Report N°1.
Febrero 8 de 1972.
- 3-17 Sherard James L. "El Chama River Flood and Debris
Problem".
Febrero 23 de 1972
- 3-18 División de Hidrología "Estudio Hidrológico del Río Cha-
Dirección de Obras Hi-
dráulicas del Ministerio
de Obras Públicas. ma (Preliminar)".
- 3-19 Tricart, J. "Problemas de Emergencia en el Cur
so Medio Bajo del Río Chama".
Junio de 1972

- 3-20 Segurado, José Manuel "Estudio de la Ruta Definitiva para la Carretera Mérida-Panamericana".
Julio de 1972
- 3-21 Griesbach, Jean-Claude "Las Regiones Meridionales de la Cuenca del Lago de Maracaibo".
- 3-22 Pérez Hernández, David "Estudio Sobre el Transporte de Sedimentos en el Río Chama, con Referencia Especial al Sitio de Presa Mocacay".
División de Hidrología
Marzo 13 de 1968
- 3-23 Pérez Hernández, David "Complemento al Estudio de Transporte de Sedimentos en el Río Chama" Informe N^o 3.
División de Hidrología
Octubre 1 de 1970
- 3-24 Pérez Hernández, David "Informe Mineralógico de los Sedimentos del Río Chama".
División de Hidrología
Febrero 27 de 1969
- 3-25 División de Hidrología "Inundación en la Zona Sur del Lago de Maracaibo, Abril-Mayo de 1972."
Distrito Hidrológico 1
Maracaibo 1972

4.- Topografía.- La información topográfica de que se ha dispuesto fue obtenida de diferentes oficinas ministeriales y de compañías cartográficas que trabajan para el Ministerio de Obras Públicas; y se ha solicitado de la Dirección General de Recursos Hidráulicos, una mayor información con base a la elaboración de un perfil longitudinal de los ríos Chama y Mocotíes, así como las correspondientes secciones transversales que suministren la ilustración necesaria y suficiente para llenar el cometido que ha sido encomendado a Sardimar C.A.

La lista que aparece a continuación contiene la referencia de los planos consultados:

Planos Río Chama
=====

- | | |
|--|------------------|
| 1) Zona de Riego-S.Juan-Lagunillas-Mérida
hojas 1 a 9 | Escala 1:5.000 |
| 2) Zona de Riego-S.Juan-Lagunillas-Mérida
hojas 1 | Escala 1:25.000 |
| 3) Sistema de Riego-Aducción-Lagunilla-Mérida
hojas 29 a 30 | Escala 1:500 |
| 4) Isocronas Río Chama y Mocotíes con intervalos de 1 hora y media. Hoja 1 | Escala 1:250.000 |
| 5) Planos Cartográficos
hojas 42 | Escala 1:25.000 |
| 6) Planos Cartográficos
hojas 4 | Escala 1:100.000 |
| 7) Planos Cartográficos
hojas 3 | Escala 1:10.000 |

5.- Antecedente de soluciones y estudios.- Aún cuando en el siglo pasado en el Sur del Lago de Maracaibo existían extensas zonas completamente salvajes, sin embargo ya se dejaban sentir los estragos que el Río Chama provocaba por sus continuas mutaciones en el ámbito de su amplísimo cono de deyección. Según testimonio del finado Ingeniero Rafael Ruiz ya para fines del siglo pasado se trataba de encauzar el río, así en el artículo de este ingeniero intitulado "Defensa de San Fernando de Apure" publicado en la Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas N° 72 de Abril de 1937, se puede leer con referencia al tipo de estacadas-espigones que el Dr. Ruiz preconizaba:

"Si se difundiese la práctica de este sistema mío (*) dejaría de ser un problema difícil la composición de la mayor parte de nuestros ríos: por ejemplo, la completa desviación del río Chama, que desde 1895 se viene haciendo, y aún está sin lograrse, y la salvación de todo el puerto de Encontrados, devolviéndole el terreno perdido", etc., etc.

(*) Se refiere el Dr. Ruiz a un sistema de espigones permeables constituidos por una triple o cuádruple estacadas de viguetas de madera local entrelazadas con caña amarga y alambre de puas. El espigón de La Manga en Apure tenía 149 metros de longitud y la altura de las estacas en la orilla era de 7 metros sobre el fondo del río.

Las soluciones clásicas para atacar el problema de las inundaciones provocadas por el desborde de un río cuando ocurren crecientes de cierta magnitud pueden clasificarse así de un modo general:

- a) Mejoramiento del escurrimiento en el cauce mediante limpiezas, dragados, cortes de meandros, apertura de bocas etc.
- b) Endicamientos longitudinales de una o de ambas márgenes de río.
- c) Derivaciones totales o parciales de los efluentes líquidos a otros cursos o a canales artificiales.
- d) Atenuación del pico de las crecientes mediante embalses.
- e) Uso combinado de las soluciones anteriores.

Todas estas soluciones, que podrían llamarse ortodoxas, han sido consideradas por las diversas personas y entidades a quienes ha correspondido tratar sobre el grave problema de las inundaciones periódicas y mutaciones del río Chama en sus últimos tramos en la Zona Sur del Lago de Maracaibo. Pero si en realidad todas las soluciones contempladas son factibles desde el punto de vista hidrológico, es decir considerando solamente el efecto del agua en las crecientes, no lo son así desde el punto de vista fluvial pues la gran cantidad de acarrees que se supone conducen las aguas del río durante las avenidas, complican el funcionamiento y tienden a acortar la vida de las estructuras que se construyesen, esta situación fue la que llevó al Ministerio de Obras Públicas a contratar, como ya se dijo, con Sardinia C. A. el presente Estudio de Factibilidad Técnica.

5-1 Civisan Ingenieros C.A. comenzó los estudios relativos en la Zona Sur del Lago de Maracaibo, por contrato con el Ministerio de Obras

Públicas en 1952; en 1954 presentó a la Dirección de Obras Hidráulicas un "Informe Preliminar Parcial" y el resultado de su gestión está contenido en un voluminoso y documentado estudio denominado "Memoria Sobre los Estudios Preliminares de la Zona al Sur del Lago de Maracaibo" (3-4). En lo que respecta al río Chama los citados ingenieros después de analizar dos posibles soluciones de embalses reguladores, en la confluencia con el río Mocotíes y 6 kms. aguas arriba de El Vigía, soluciones que descartan por varias razones (página C-181) y recomiendan la construcción de un dique marginal izquierdo del río Chama aguas abajo de El Vigía (páginas C-243 a C-257) para defender las haciendas situadas en la margen izquierda, dicho endicamiento estaría compuesto de 3 tramos.

"El primer tramo del dique comenzaría en el muro de concreto existente situado al Este de El Vigía, tendría 16 kms. de longitud y sería un dique marginal de tierra con 2,65 mts. de altura media, 3 mts. de ancho de cresta y taludes de 4 horizontal para 1 vertical. Todo este tramo, que corresponde a una sección del río que tiene mucha pendiente y donde el agua tiene mucha velocidad, tendrían por el lado del río una protección de piedra (rip-rap). En la sección del tramo comprendida entre las progresivas 46070 y 39840 la protección se extendería desde el pie del talud hasta una línea situada 0,90 mts. por debajo de la cresta y el resto del talud se sembraría de grama. En el resto del primer tramo comprendido entre las progresivas 39.840 y 30.030 la protección de piedra en el talud hacia el río se llevaría hasta 1,90 mts. por debajo de la cresta".

"El segundo tramo, con una longitud de 27,7 kms. sería un dique carretera, y tendría una altura media de 2,89 mts., y 8 mts. de ancho

en la cresta. El relleno serviría de soporte a una carretera engranada (de 15 centímetros de espesor), de 6 mts. de ancho, con dos hombrillos de 1 metro a cada lado. Entre la progresiva 30.030 y 25.530, el talud hacia el lado del río tendría piedra hasta 1,90 mts. por debajo de la cresta y el resto estaría sembrado de grama y tendría una inclinación de 4 horizontal para 1 vertical. Entre las progresivas 25.530 y 2.270 los taludes estarían sembrados de grama. El talud opuesto tendría 2 horizontal para 1 vertical de inclinación y también iría sembrado de grama. Eventualmente, cuando el tráfico lo justificase, la carretera podría recibir un tratamiento bituminoso adecuado".

"El tramo, con una longitud de 2,3 kms. sería un dique marginal con un ancho de 3 mts. en la cresta, taludes con inclinación de 4 a 1, y una altura media de 3,73 mts. Los taludes tendrían protección de grama".

"Los tramos de enlace de la carretera tendrían: el primero una longitud de 300 metros con una altura media de 2,42 metros, y el segundo una longitud de 3.500 metros con una altura media de 2,10 mts., y ambos tendrían un ancho de 8 metros en la cresta y taludes de 2 horizontal a 1 vertical".

"El material que se encuentra en las márgenes del río está compuesto de arcilla, limo y arena y estos elementos tendrían que ser mezclados para obtener un material uniforme e impermeable".

"En el diseño final deberá considerarse la conveniencia de sembrar árboles aptos para contener la erosión, y se les colocaría en forma

de espolones para cortar la velocidad del agua cerca del dique".

A continuación se menciona que en el futuro se deberá construir el endicamiento de la margen derecha, con no menos de 200 mts. de separación entre ambas defensas a fin de que "la corriente no tenga demasiada fuerza agresiva contra los diques". Después estudian el funcionamiento hidráulico, y el efecto erosivo de la corriente, pues la fuerza de erosión pasaría de 1,50 kg./m² a 3,80 kg./m² en el estado futuro con gastos máximos. Indican datos de hidrología y terminan haciendo un análisis económico.

5-2 En fecha 15 de Abril de 1966 la Dirección de Obras Hidráulicas con trató con el finado Ingeniero Natalio J. Yunis un estudio preliminar de las obras necesarias para la regulación de las crecientes del río Chama. En la introducción de la respectiva Memoria de fecha Enero de 1967, dice el Ing. Yunis:

"De los reconocimientos preliminares efectuados por la Comisión In terministerial de la Zona Sur del Lago de Maracaibo se llegó a establecer que las alternativas más viables para el control de las inundaciones del Chama eran:

a) "La construcción de una presa en el sitio denominado Mocacay, a unos 50 Kms. aguas arriba del puente de el Vigía y b) La construcción de diques marginales desde "EL VIGIA" hasta la desembocadura del río en el Lago. Escoger cuál es la combinación de pre sa y diques marginales más eficiente económicamente es el objeti vo del presente estudio".

"El procedimiento seguido fué el de hacer estimaciones de las diferentes estructuras necesarias para el control de crecientes, basados en diseños preliminares, hasta encontrar la solución óptima representada por la que arrojara el menor costo y ofreciera la misma protección a la Zona".

"Como criterios fundamentales del estudio se estableció: a-) que la zona debería quedar protegida de la creciente que ocurra una vez cada 50 años b-) Que la presa y demás estructuras del embalse deberían ser lo suficientemente flexibles como para ser sobre-elevadas al hacerse posible una mejor estimación de aspectos tales como la sedimentación. c-) Que los diques marginales estarían lo más pegado posible al cauce del río de forma de que quedaran protegidas las tierras más fértiles de la zona. La construcción de los diques se haría con material excavado del cauce mismo lográndose así un incremento en la capacidad de las secciones del río".

El estudio presentado por el Ing. Yunis, constituye un concienzudo trabajo en el que se hace uso de las más modernas técnicas para el procesamiento de los datos hidrológicos y la determinación de la eficiencia del embalse como trampa de sedimentos.

La precipitación máxima probable (P.M.P.) se obtuvo por maximización de la tormenta del 25 al 28 de Mayo de 1964, mediante punto de rocío persistente por 6 horas y por la relación de precipitación media anual en la estación de Mérida.

El hidrograma unitario se deduce de manera sintética mediante el método de Clark y la curva "S".

La esorrentía media anual se determinó para el Chama, en Egido de acuerdo con los datos de esa estación para los años 1963 a 1964, con un promedio de $765,57 \times 10^6 \text{ m}^3$. No poseyéndose registros del río en Puerto Chama, se procedió a la determinación de la esorrentía media anual mediante dos métodos:

- a) Relacionando la precipitación anual contra coeficiente de esorrentía para cuencas vecinas de características similares.
- b) Relacionando la precipitación anual, con la evapotranspiración real y potencial anual para diversas cuencas de la región.

Ambos métodos conducen a resultados muy similares con un promedio de 1266 Hm^3 por año medio. Para el sitio de Mocacay se emplearon los mismos métodos obteniendo un valor promedio de 1181 Hm^3 anuales.

Conocida la esorrentía anual en esos sitios, se determinó la cantidad de sedimentos en suspensión y se estimaron los sedimentos de arrastre en un 20% de los suspendidos, llegándose a que la producción total de sedimentos en un año medio sería para el sitio de Mocacay de:

$$\bar{V}_s = 883 \times 10^3 \text{ m}^3 \sim 0,9 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Wxyo.

A continuación se copia el artículo 4.1 de la Memoria a que se hace referencia, en donde se dan las características generales de el embalse de Mocacay.

"SITUACION Y CARACTERISTICAS: El embalse de Mocacay sobre el río Chama sería formado por una presa de tierra cuyo eje está localizado a unos 5 kms. aguas arriba del cruce de la carretera Pana

mericana con el río. Su objetivo sería el de amortiguador de las crecientes del Chama y funcionaría fundamentalmente como embalse retardador abierto. Las obras de evacuación no estarían controladas por válvulas ni compuertas y la regulación se llevaría a efecto solo por las características hidráulicas de las mencionadas obras de evacuación, por tanto el embalse pasaría la mayor parte del tiempo vacío o a cotas muy bajas y no se contempla su utilización con otros fines para los cuales sería necesario el almacenamiento de agua durante largos períodos de tiempo".

"En el sitio de presa Mocacay el río Chama ha drenado 3355 km² de los 3785 km² que en total drenan a él, hasta su desembocadura en el Lago de Maracaibo. El 88.6% de la hoya total del Chama quedaría controlado por el embalse Mocacay y para los efectos de crecientes, este porcentaje aumenta prácticamente al 100% ya que después del sitio de presa no hay ningún tributario importante y la hoya es de muy bajas pendientes".

Sup.
"El problema más importante que se presenta en el funcionamiento de un embalse sobre el río Chama es el de la sedimentación. En el capítulo correspondiente a hidrología se ha estimado que un total de $0,9 \times 10^6$ m³ de materiales sólidos son arrastrados por el río anualmente. La deposición de estos materiales en el embalse causa la pérdida del poder regulador de este hasta hacerlo inútil, por eso se ha puesto especial atención en la eficiencia como trampa de sedimentos y en la distribución de estos en el reservorio".

"Lo escaso de los datos de sedimentos existentes añade un factor más de complicación al tratar el problema de la sedimentación del embalse, por esta razón se ha resuelto proyectar preliminarmente las estructuras que le forman de tal manera que pueden ser construidas por etapas, dando así tiempo a recolectar mayor cantidad de datos. En el caso de que los nuevos muestreos de sedimentos demostraran que la rata de sedimentación del embalse va a ser mucho mayor de lo previsto, se podría abandonar la inversión con pérdidas mucho menores que si se construyen todas las obras con sus características finales".

La eficiencia del embalse como trampa de sedimentos se hizo por tres métodos diferentes: Método de Churchill, de Brown y de Brune, con los resultados que se indican en la siguiente tabla copiada de la N^o 16 de la Memoria respectiva:

T A B L A N^o 16
=====

	METODO DE Churchill	METODO DE Brown	METODO DE Brune
Volumen total de Sedimentos (50 años)	45×10^6	45×10^6	45×10^6
Volumen de sedimentos en suspensión	37.5×10^6	37.5×10^6	37.5×10^6
Eficiencia del embalse respecto a los sedimentos en suspensión.	97%	90%	88%
Eficiencia del embalse respecto al arrastre de fondo.	100%	100%	100%
Volumen de sedimentos en suspensión atrapados.	36.37×10^6	33.75×10^6	33.00×10^6
Volumen de arrastre de fondo atrapados.	7.50×10^6	7.50×10^6	7.50×10^6
Volumen total de sedimentos atrapados.	43.87×10^6	41.25×10^6	40.50×10^6
Volumen de arrastre de fondo	7.5×10^6	7.5×10^6	7.5×10^6

El sedimento atrapado en 25 años se estima en 20 Hm^3 y el de 50 años en 40 Hm^3 ; la distribución de los sedimentos en el embalse se analiza siguiendo el método preconizado por el Bureau of Reclamation (1962) "Revisión of the Procedure to Compute Sediment Distribution in Large Reservoirs".

Se analizan las condiciones de desague para diferentes diámetros de la respectiva tubería y tunel, considerando los siguientes diámetros; 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 8,5 metros. También se estudia la situación de funcionamiento durante los primeros 25 años y después hasta 50 años, lo que lleva a proponer la construcción de la presa en dos etapas, y del estudio económico teniendo en cuenta el costo del endicamiento aguas abajo, se llega a que la solución óptima consiste en adoptar un tunel de 8 m de diámetro que permitiría un gasto máximo de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ en el caso de la creciente de 50 años de frecuencia. El umbral estaría a una elevación de 146,00 mts. hasta el año 25 y ese año se subiría a la cota 158,00 mts.

"La presa tendría inicialmente su cresta a la elevación 188,05 y el año 25 se subiría 2,65 m. ó sea hasta la elevación 190,70".

"El aliviadero tendría una cresta de 12,00 m de longitud a una cota 179,10 y el tunel un diámetro de 6,50 m".

"Hasta el año 25 la descarga total desde el embalse trabajando el aliviadero y la estructura de fondo sería de $1554 \text{ m}^3/\text{s}$ la cual ocurriría al pasar la creciente de 100 años. Hasta el año 50 esta descarga aumentaría a $1884 \text{ m}^3/\text{s}$ por lo cual sería necesario incrementar la capacidad de algunas pocas secciones del endicamiento aguas

abajo de la presa para evitar desbordes".

Concluye la Memoria del estudio que se viene reseñando, recomendando el sistema mixto formado por presa de regulación y endicamientos capaces hasta de 1000 m³/s y se estima que de este modo el costo total de las obras sería un 21,35% menor que el de las obras necesarias para controlar las inundaciones usando endicamientos únicamente. También se señala que la alternativa de embalse regulador más endicamientos, permite ubicar los marginales mucho más cerca del cauce del río y "de esta forma quedan dentro de la zona protegida la mayoría de las mejores tierras de la región que están constituidas por las vegas del río Chama".

Se recomiendan las siguientes investigaciones y estudios futuros:

- a.-) Muestreo de sedimentación en el sitio de presa. Determinar cantidad y granulometría de los acarrees del río Chama.-
- b.-) Aplicación del levantamiento topográfico del sitio de presa, levantamiento detallado de los sitios de estructuras.
- c.-) Estudio geológico detallado del sitio de presa y demás estructuras del embalse.
- d.-) Estudios de las zonas de préstamos para el terraplén, agregados de concreto, enrocamiento.
- e.-) Levantamiento de nuevas secciones transversales al cauce del río sobre todo en los sitios donde las que hay actualmente no son representativas.
- f.-) Estudio geológico y de materiales a lo largo de los marginales.

"Cubriendo todos esos aspectos se podrá llegar a un diseño detallado adecuado de las estructuras necesarias para el control de crecientes del río Chama".

Un resumen de las características del embalse en Mocacay tomado del "Estudio Preliminar del Control de Crecientes del Río Chama por el Ing. Natalio J. Junis" se da a continuación:

DATOS HIDROLOGICOS
=====

Area total de la hoya.	3785 Km ² .
Area de la hoya del Chama hasta su confluencia con el Mocotíes.	2796 Km ² .
Area de la hoya del Mocotíes hasta su confluencia con el Chama.	512 Km ² .
Area de la hoya del Chama en el sitio de presa Mocacay.	3355 Km ² .

CARACTERISTICAS DE LA CRECIENTE DE 50 AÑOS.

PICO:	2171 M ³ /S.
VOLUMEN:	95x10 ⁶ M ³ .
DURACION:	40 Horas.-

CARACTERISTICAS DE LA CRECIENTE DE 100 AÑOS.

PICO:	2946 M ³ /S.
VOLUMEN:	129x10 ⁶ M ³ .
DURACION:	40 Horas.
Volumen de sedimentos en suspensión acarreados por el río anualmente	0.75x10 ⁶ M ³ /año.
Volumen de sedimentos arrastrados en el fondo del río anualmente.	0.15x10 ⁶ M ³ /año.

Volumen total de sedimentos acarreados
 por el Chama. 0.90x10⁶ M³/año.

LA PRESA
 =====

Tipo: tierra zonificada.-
 Longitud en la cresta el año inicial: 292 m.-
 Longitud en la cresta el año 25: 300 m.-
 Ancho de la cresta: 10,00 m.-
 Talud aguas arriba: 3: 1.-
 Talud aguas abajo: 2¹/₂ : 1
 Berma a la cota 145.00 de ancho 5.00 m. la cual será la cresta de
 la atagüa de desviación durante la construcción.-
 Cota de la cresta el año inicial : 188.05
 Cota de la cresta el año 25: 190.70
 Sobreelevación de la presa el año
 25: 2.65 m.
 Altura de la presa sobre el lecho el
 año inicial: 53.05 m.
 Altura de la presa sobre el lecho
 el año 25: 55.70 m.
 Volumen de materiales de la presa
 el año inicial. 1.032.000 M³.
 Volumen de materiales de la presa
 el año 25:. 1.216.000 M³.

ESTRUCTURA DE FONDO
 =====

Descripción: Túnel de 8.00 m. de diámetro en el estribo derecho de

la presa el cual será usado inicialmente para la desviación del río durante la construcción.

Cota umbral de entrada para 25 años de sedimentos:	146.00
Cota umbral de entrada para 50 años de sedimentos:	158.00
Sobreelevación de la boca de entrada el año 25:	12.00 m.-
Diámetro del túnel vertical:	6.00 m.-
Diámetro del túnel horizontal:	8.00 m.-
Máximo gasto evacuado:	1125 M ³ /S.
Ancho del pozo amortiguador:	20.00 m.-
Longitud del pozo amortiguador:	55.00 m.-

ALIVIADERO
=====

Descripción: Cresta libre del tipo "OGEE" de 12.00 m. de longitud y a la cual se le instalarán dos compuertas de 5.50 m. de altura al sobreelevar la presa. El conducto de descarga será un túnel de 6.50m. de diámetro y finalmente un canal abierto y pozo amortiguador.

Elevación de la cresta del aliviadero:	179.10
Carga máxima de agua durante los primeros 25 años:	6.95 m.-
Carga máxima de agua después de 25 años:	9.60 m.-
Descarga máxima del aliviadero:	760 M ³ /S.
Ancho del pozo amortiguador:	20.00 m.
Longitud del pozo amortiguador:	62.00 m.

5-3 La geología del sitio de presa de Mocacay ha sido estudiada por el Geólogo Isaac Ramirez (1968) de la División de Geotecnia de la Dirección de Obras Hidráulicas y por Geosca en 1970.

El consultor de Sardimar C.A. Profesor Oreste Moretto, presentó un informe al respecto en Julio de 1971 y al cual se hará referencia más adelante.

Con respecto al sitio de presa de "La Vega" también han hecho estudios Geosca en 1970 y el Geólogo José Luis López Ramirez, de la División de Geotecnia en el mismo año.

El Ingeniero David Pérez Hernández, de la División de Hidrología, de la Dirección de Obras Hidráulicas, ha presentado tres importantes contribuciones sobre sedimentología del río en cuestión que se mencionaron en la Bibliografía del aparte 3 de este Informe, referencia a estos estudios se hará cuando se trate de las estimaciones de sedimentos.

5-4 Con respecto a la Hidrología se ha podido disponer de los estudios realizados por Civisan Ingenieros, y por el Ing. Natalio Yunis y por el más reciente análisis efectuado por la División de Hidrología de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas con base a un modelo matemático de simulación hidrológica, pero es conveniente observar que éste último estudio está enfocado principalmente a obtener resultados para el Río Chama en El Vigia.

5-5 En Febrero de 1969 varios ingenieros del Laboratorio de Hidráulica de Delft (Holanda) presentaron el informe intitulado "Integral Study of the Lake of Maracaibo and the Gulf of Venezuela - R 483-Interim

Report N° 3 ".

Hacen referencia a que los diques del río Chama todavía no se habían empezado y que por lo tanto podía tener valor el destacar algunos aspectos generales en consideración al diseño de tan "radical proyecto". Luego pasan a comentar que es necesario poseer, como primer recaudo, en cualquier esquema de mejoramiento de las condiciones de un cierto río, datos hidrológicos de confianza junto con una topografía adecuada. Cada obra artificial que se haga en un río, se construye para el futuro con base a los datos del pasado.

Comentan sobre la interpretación de las frecuencias de los eventos así: decir que la probabilidad de que un cierto evento se produzca es por ejemplo, del 5% en un año, tiene una significación más clara que decir "una vez en 20 años".

Según su informe la decisión entre embalses de retención y endicamientos es básicamente una cuestión económica. Basándose en datos hidrológicos suplementados con pruebas sobre modelos a pequeña escala, dicen, se pueden obtener datos sobre niveles, velocidades y otras magnitudes así como consideraciones adicionales sobre hidroelectricidad, navegación, pesquería o recreación.

Luego agregan que la Misión no está muy convencida de que el método de construir los diques con material del lecho, dañando una amplia faja de muy buena tierra para agricultura no pueda ser mejorado.

Después recuerdan de que al corregir o canalizar ríos en fondo ero

sionable hay que tener en cuenta de que el meandro es un fenómeno natural en ríos aluvionales y que la línea recta no suministra un flujo estable, en seguida hablan de las protecciones de los endi-camientos.

No solamente el flujo del agua hay que tener en cuenta, comentan, sino también el de los sedimentos que tiene igual importancia; en esta materia el uso de modelos a pequeña escala es muy recomendable.

Terminán haciendo notar que la desembocadura en el Lago puede perío-dicamente (u ocasionalmente) obstruirse por sedimentación pero que al presente con los modernos métodos de dragado esto tiene menos importancia y no requiere, como antaño, de costosas obras de inge-niería pues eran la única alternativa.

5-6 En Septiembre de 1970, los ingenieros Wolfgang Eitz y Susumo Watay S. presentaron a la "Comisión Evaluadora del Proyecto del Sur del Lago" un "Estudio Preliminar de Crecientes del Río Chama" en el cual se analiza la solución de desviar las aguas del río Chama ha-cia el río Mucujepe, por medio de una estructura de control ubica-da aguas abajo de la carretera Panamericana, variando el gasto ali-viado desde cero a $2750 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ".

Estudian cinco alternativas y concluyen que la Alternativa I con li-mitación del gasto del Chama a $250 \text{ m}^3/\text{s}$ dejando el resto de 2750 pa-rra ser aliviado al río Mucujepe es la más económica. La Alternativa III ocupa el 2º lugar con relación al costo, pero es solamente un 13,47% más costosa.

Esta Alternativa III consiste en no efectuar ningun alivio hacia el río Mucujepe y solo tratar el cauce del río Chama mediante endicamientos en ambas márgenes.

Entre estas dos Alternativas manifiestan que :

"En vista de la compensación que hay entre las ventajas y desventajas de cada una de las Alternativas I y III, la poca diferencia de costo entre ellas y dado el nivel del Estudio Preliminar, el cual consideramos que los montos del cuadro del anexo N° 12 están con un 20% de error, es difícil seleccionar entre estas alternativas la más conveniente".

Recomiendan para proseguir con la etapa de anteproyecto obtener una información más detallada en materia de hidrología, topografía, arrastre de sedimentos, geología, costo de bienechurías etc. También recomiendan hacer el análisis de costos con miras a las crecientes de diferentes frecuencias.

5-7 Opinión del Profesor Ray K. Linsley. En su carta de fecha 9 de Enero de 1971 para el Dr. Pedro Pablo Azpúrua el Profesor Linsley aboga por la "filosofía de ayudar a los ríos a resolver el problema" idea central del informe que acompaña a la citada carta, afirmando que "sólo se puede conseguir el éxito trabajando en conjunto con los fenómenos naturales y no contra ellos".

Después de hacer un estudio geomorfológico de la Zona Sur del Lago da ciertas normas o planes de mejoramiento como son:

- 1) Controlar la erosión en la zona alta.
- 2) Control de la sedimentación en la zona pantanosa.
- 3) Prohibir el desarrollo industrial de las llanuras aluviales principales.
- 4) Dique de la margen izquierda del río Chama.
- 5) Drenaje del terreno.
- 6) Protección de San Carlos - Santa Bárbara

En el punto 4) se refiere a cómo favorecer y guiar el proceso de terrazamiento y se cree interesante reproducirlo íntegramente a continuación; también se reproduce el aparte "Desviación del río Chama".

"Dique de la margen izquierda del río Chama.- La amenaza más grave que confronta la zona es la posibilidad de una avulsión (desviación) del río Chama de su curso actual hacia el río Escalante. Si esto pasa la posición de San Carlos-Santa Bárbara sería insostenible y ocurrirían daños graves en el área agrícola. Para evitar esto habría que construir un dique a lo largo de la margen izquierda del río Chama, desde la vecindad de El Vigía hasta el límite de la zona pantanosa.

La construcción de tal dique inhibe los procesos de sedimentación natural, que elevan el terreno adyacente al río según se describió anteriormente. El cauce del Chama se llenará de material detrítico necesitando por lo tanto diques más altos, hasta que eventualmente ocurra una ruptura. Al dejar la ribera derecha sin protección, las crecidas se dirigirán generalmente hacia el río Mucujepe. Sin embar

go, se debe adoptar un esquema de sedimentación controlada a lo largo de la margen izquierda para crear una extensa zona de relleno que proteja contra un cambio importante del cauce hacia el Oeste.

En este sentido, se deberían construir, levantando diques, aliviaderos y desarenadores a lo largo de la margen izquierda del río Chama cuyas dimensiones dependerán de la topografía detallada del área, pero que podrían situarse a un kilómetro del río y extenderse varios kilómetros a lo largo del mismo. Cada estanque receptor se debe construir de modo que el derrame procedente del río pueda entrar por su extremo aguas arriba y regresar al río por el extremo aguas abajo. El propósito del estanque receptor es el de favorecer la deposición de sedimentos hasta que la tierra en el mismo se eleve en lo posible por encima del nivel actual.

Algunos terrenos a lo largo del río Chama son ahora plantaciones de plátano, pero me han dicho que la vida económica de éstas es de aproximadamente cinco años. No debe ser tarea difícil el mudar una plantación temporalmente cuando se necesite el terreno para hacer un estanque de sedimentación.

Desviación del río Chama.- Muchos han observado la posibilidad de desviar una porción del caudal del Chama hacia el este en dirección hacia el río Mucujepe en un punto cerca de El Vigía. El lecho del Chama en este punto está compuesto de grava y arena excesivamente gruesa. El Dr. Kijewski indicó en el momento de nuestra inspección, que este material estaba saturado y virtualmente era área movediza. De la inspección aérea pudimos deducir que este problema existe aguas abajo hasta el Pto. Chama; en consecuencia, se podría

esperar que la construcción de las obras de desviación sea difícil.

Hay que hacer énfasis en el hecho de que si se construye una desviación, ésta no solo debe de desviar el agua procedente del río Chama sino también su carga de sedimentos. Si se desvía únicamente las aguas se obtendría como resultado una deposición de sedimentos en o cerca de la desviación. El relleno rápido resultante del río Chama crearía el riesgo de un derrame que desplazaría el caudal del Chama hacia el Oeste. En consecuencia, parecería que de emprenderse la desviación ésta, debe incluir la desviación total del Chama hacia el Mucujepe. No he estudiado ni la topografía del terreno entre el Chama y el Mucujepe, ni las características del cauce del río Mucujepe, para decir si este último puede recibir el caudal del río Chama. Esto se debe evaluar cuidadosamente como parte del análisis de la desviación. Si los taludes y las capacidades del cauce del Mucujepe no son suficientes para mover la carga sólida del río Chama, la sedimentación cerca de la desviación la obstruiría rápidamente, devolviendo el caudal al cauce del Chama".

5-8 En un informe de la Comisión del Sur del Lago de Maracaibo (3-12) el Dr. Pedro Pablo Azpúrua propone el estudio de prefactibilidad de la alternativa consistente en "desviar el río Chama por medio de un canal abierto o túnel hacia el caño Seco, afluente del Mucujepe, desde un sitio ubicado en el río Mocacay a una altura de 1.5 km. aguas arriba de la confluencia con el río Chama o por otros sitios de desviación que resulten más ventajosos. Para que la desviación sea posible, es necesario construir una retención de enrocado en el cauce del río Chama, de manera de dar la elevación requerida al pelo de agua para el desvío de las aguas hacia el canal abierto o el

túnel, combinando diversas alturas de retención y diversas profundidades de éstos".

Después de esbozar algunas ideas sobre la probabilidad de necesitarse una toma para garantizar un cierto gasto mínimo al cauce actual, sobre el sitio de retención y sobre el canal de desviación, enumera una serie de ventajas e inconvenientes que se ha creído de gran interés reproducir aquí íntegramente.

Las ventajas serían:

- a) Se elimina el río y por consiguiente el problema de desborde del área objeto de desarrollo y se conduce hacia otra área menos desarrollada, de suelos de baja calidad, que podrían ser altamente beneficiados a la larga con los aportes de sedimentos del Chama.
- b) La estructura de desvío no está dentro del área del actual cono, que es el sitio más crítico del río y por consiguiente el menos recomendable para cualquier obra hidráulica.
- c) Se elimina el peligro constante de que el río se vaya por algunos de sus antiguos difluentes ocasionando daños de gran cuantía. Asimismo, se elimina la posibilidad de afectar seriamente a Santa Bárbara y San Carlos, en un momento inesperado.
- d) Se podrían aprovechar de inmediato un número apreciable de hectáreas de los mejores suelos del sector que con frecuencia aproximadamente anual afecta el río, no permitiendo ninguna utilización.

- e) Se podría aometer su construcción con estudios menos rigurosos en razón de que el río ya no afectará la zona objeto de desarrollo y se trasladará a una zona de mucho menor potencial. Esta ventaja es particularmente notoria en razón de que paradójicamente el Chama es el río más importante y sin embargo el menos conocido, lo que significa que cualquier alternativa de construcción más o menos rápida es función en gran medida, de los elementos de juicio disponibles.
- f) Es una solución, podría decirse, casi de carácter permanente en comparación con las otras estudiadas cuyas vidas útiles parecen ser cortas en razón de la inestabilidad del río y del gran poder de arrastre de sedimentos.

Entre los inconvenientes que pudiera presentar esta alternativa con respecto a las otras, son:

- a) Su mayor inversión inicial.
- b) Dificultad en adquirir todos los terrenos en la margen derecha del río Mucujepe, hacia donde se desviaría el Chama, y someterlos a un uso restringido y reglamentado.
- c) Es difícil prever la evolución del río Chama en su nuevo cauce.

Termina el informe indicando la documentación adicional: topográfica, hidrológica, geológica y agrológica necesaria para llevar a acabo el estudio de prefactibilidad de la alternativa.

5-9 El Profesor Jean Tricart, de la Universidad de Estrasburgo, ha contribuido con varios informes al problema del río Chama (ver Bibliografía consultada). En Agosto de 1971 en "Proposiciones para los Estudios de Conservación - Zona Sur del Lago" manifiesta que dos son las zonas que suministran una proporción importante de arrastres finos en el río Chama:

- 1) Los ríos Nuestra Señora y Río Negro
- 2) La región semi-árida de Lagunillas

Con respecto a los primeros dice que las obras de conservación, en sus cuencas y cursos, son sumamente problemáticas por la dificultad de acceso, escasez de recursos locales y las propias condiciones físico-geográficas.

Con respecto a la región que denomina de Lagunillas (precipitación anual no mayor de los 500 ó 600 mm) distingue dos zonas : en la de altitud mayor a los 1500 metros, a ambos lados de la fosa de hundimiento de Lagunillas, el clima es sub-húmedo con problemas de conservación análogos a los de Ejido. En la zona inferior, abrigada, semi-árida, la cobertura vegetal es muy pobre y cambiar esta situación requeriría abundancia de agua que por lo dicho es escasa. Las tormentas esporádicas pero violentas entallan profundas carcavas de paredes verticales cuyo tratamiento con las técnicas de corrección de torrentes parece problemático, pero podrían dar resultados apreciables.

"Desgraciadamente, la mayor producción de sedimentos de la cuenca del Chama es en gran parte de tipo climático, o sea, independiente

de la degradación antrópica".

"Aguas arriba de Tabay las aguas del río Chama son casi siempre claras". Gran parte del material de arrastre proviene de deslizamientos que afectan el cristalino podrido. Ejemplo demostrativo es el de la Mucuy aguas abajo de cuya confluencia las aguas del Chama se tornan turbias y ofrece un lecho anastomosado con acumulación de cantos rodados.

Concluye la parte referente al río Chama haciendo un resumen de lo expuesto y cabe destacar de dicho resumen el siguiente concepto que se copia a continuación:

"Como no se puede esperar una disminución apreciable de arrastre en El Vigía durante el próximo decenio, aconsejamos estudiar tipos de obra compartibles con las presentes características de régimen y de arrastre del Río Chama. En efecto, la degradación de la parte semi-árida de la cuenca (Lagunillas, bajo Nuestra Señora) es irreversible!"

En la Nota Técnica del 8-8-71 se refiere a los "Problemas que plantearía una desviación del Chama por el Caño Seco".

Dice que el Caño Seco ha cortado energicamente las formaciones del Terciario superior y que es muy probable que las pendientes reales sean mayores que las de equilibrio.

La desviación del Chama exigiría un ancho mucho mayor que el propio de Caño Seco, así considera dos alternativas:

- 1) Dejar que el río Chama ensanche su nuevo lecho, lo que sin duda provocaría abundante deslizamiento con riesgos de for

mación de tapones peligrosos.

- 2) Excavar un nuevo lecho ad-hoc. Consideran esta solución muy costosa, difícil de realizar y muy altos muros de protección. Sería necesario hacer una canalización total y edificar una serie de saltos para conciliar las pendientes (actuales y las de compensación cuando haya evolucionado el álveo debido a las nuevas condiciones).

Después de otras consideraciones concluye que ninguna de las alternativas parece factible. Además la desviación del Chama por el Caño Seco plantearía otros dos problemas de difícil solución que son los siguientes:

- a) Problema del arrastre
- b) Problema hidrológico

Si el material de arrastre se logra que siga por el cauce actual del Chama y que sólo por el Caño Seco pase el material en suspensión; sería muy difícil que dicho material no atarquinare el lecho.

Si se lograra partir también el material de arrastre entonces habría que conseguir también un cambio en las rugosidades para compensar el aumento del perímetro mojado resultante de la división del río en dos cauces; esta solución es bastante difícil pero suponiendo que se alcance: ¿Donde va a acumularse el material de arrastre grueso evacuado por el Caño Seco?.

Con respecto al problema hidrológico recuerda, que la alimentación actual del acuífero se realiza en el pié-de-monte cercano a El Vigía principalmente durante las inundaciones, la desviación dismi

nuiría esta alimentación y el área inundable de Caño Seco no puede contribuir de la misma manera a esa alimentación.

Después de las fuertes crecientes de 1972 y como consecuencia de su visita a la zona el profesor Tricart presentó a la Dirección General de Recursos Hidráulicos un interesante informe intitulado "Problemas de Emergencias en el Curso Medio Bajo del Río Chama - Junio de 1972".

Se cree interesante reproducir el párrafo primero:

1) DINAMICA DEL RIO CHAMA AGUAS ABAJO DEL PUENTE CHAMA

"Las crecientes del período de grandes lluvias han provocado un importante movimiento de material de arrastre a lo largo del tramo inferior del Río Chama. Varios canales anastomasados en el sector contiguo al Puente Chama, han cambiado de diseño. Una cantidad grande de material de arrastre grueso ha sido desplazado. Varias islas colonizadas por la vegetación, han sido erosionadas, pero los espigones de gabiones construidos para la protección del área de bombeo de la fábrica de INDULAC, han demostrado una alta eficiencia. Esto demuestra que este tipo de obras es adecuado para la defensa de las orillas del río en este sector, que se ha caracterizado por una dinámica de canales anastomasados".

"Desgraciadamente, aguas más abajo, la situación no es satisfactoria. Hasta las cercanías del Caño Pital, la inestabilidad del lecho ha aumentado. Los canales anastomasados han sacado largos tramos de orillas, a lo largo de los cuales han destruido campos de cultivo, principalmente platanales y pastos. El ancho total del

lecho de inundación ha crecido considerablemente a costa de las tierras agrícolas. El hecho se explica fácilmente, en efecto, el material del lecho del Río Chama está formado por bancos de arena alternando con otros de cantos rodados, durante la crecida, la arena es fácilmente arrastrada hacia aguas abajo. Los bancos de arena que pueden observarse actualmente en el lecho, se han depositado durante el fin de la creciente, cuando el nivel de las aguas ya disminuía. Los bancos de cantos rodados no se movilizan fácilmente, una gran parte se concentran en el fondo de los canales, formando bancos. Son ellos los que provocan cambios de disposición de los canales y desencadenan la inestabilidad del lecho, por oponerse a la incisión de los canales. Una consecuencia de esta dinámica, es el débil encajonamiento del lecho en el cono antiguo, la altura de las orillas varía entre 0,5 y 2 m. De esto resulta un peligro muy grande de submersión de las orillas en aquellos puntos que se encuentran un poco más bajos. Durante la crecida, en varios lugares, hubo un riesgo grande de desbordamiento hacia los caños locales. La Oficina de Edafología, ha intentado oponerse al proceso con pequeños trabajos de emergencia, realizados en condiciones difíciles. Sus esfuerzos constantes han logrado impedir la formación de difluencias que habrían aislado centros poblados, destruido casas, carreteras y cultivos. Uno de los más peligrosos desbordamientos es el que se ha dirigido hacia el Caño Pital, que ha sido controlado con la edificación de un débil dique arenoso".

"En el mismo sector, los socavamientos de orillas son particularmente importantes como consecuencia de la granulometría del mate-

rial. El consiste de limos arenosos, los cuales forman pequeños abruptos que caen por paquetes. El retroceso de las orillas puede ser muy rápido, hasta varios metros por día según lo medido por la Oficina de Edafología. Como consecuencia, una superficie importante de tierras ha sido perdida, a pesar de los trabajos de emergencia realizados por la Oficina con la ayuda de los campesinos. Uno de los medios utilizados ha sido tumbar y anclar árboles grandes al pie de las orillas socavadas para protegerlas, o empujar árboles hasta ellas con tractores. Esta solución ha sido exitosa, pero puede solamente ser provisional".

"Aguas abajo del Caño Pital, empieza el sector de grandes meandros inestables. Durante la crecida, el Ing. Kijewski observó una tendencia a la resección de estos meandros pero, simultaneamente, el socavamiento de las orillas, ha sido intenso, por la migración de los meandros ya existentes y por la formación de nuevos. De manera general, aparece una tendencia a la extensión del tramo con grandes meandros hacia aguas abajo. Como en el sector ubicado aguas arriba, importantes extensiones de tierras han sido destruídas por los socavamientos aguas abajo de Puerto Chama, los desbordamientos han sido fuertes y numerosos, principalmente sobre la margen derecha, en los asentamientos del I.A.N. (Brasil, Sto. Domingo, etc.), donde extensos platanales han sido dañados. De lo que parece que el lecho en este sector, no tiene suficiente capacidad para el escurrimento de descargas altas. Puede temerse una tendencia fuerte al ensanchamiento del lecho.

"Conclusiones: Durante el período de grandes lluvias de los meses

de Marzo, Abril y Mayo, los daños causados por el Río Chama han sido importantes. Según el Ing. J. KIJEWski, han sido mayores que durante la creciente del año 1969, a pesar de descargas menores. Las observaciones que hemos podido efectuar nos dan a pensar que esto es consecuencia de una carga sólida mayor. Tiene como origen los numerosos deslizamientos, coladas de barro y golpes de cuchara que pueden observarse en las cuencas del propio Río Chama y del Mocotíes, se han edificado conos de deyecciones a la desembocadura de Cárcavas. Importantes socavamientos de orillas han removido grandes volúmenes de aluviones del fondo del valle. Centenas de hectáreas de caña de azúcar han sido destruídas. Una parte de este material aluvial ha sido arrastrado hasta el cono del río Chama, principalmente la fracción arena. Es ella la que parcialmente ha rellenado los canales y provocado los desbordamientos y exagerando los socavamientos de orillas. La acumulación de grandes cantidades de arena al fin de la creciente confirma el importante arrastre efectuado por estas crecientes".

Después entra a pronosticar la evolución previsible durante los próximos años y dice que se debe de esperar la llegada al río Chama de más material de arrastre (en su mayor parte fino) desprendido de las cicatrices producidas en el terreno por el fuerte invierno de 1972, además el valle del río Mocotíes y todo el lecho mayor del Chama estan cubiertos por material aluvial fresco compuesto de cantos y grava que solamente es arrastrado durante las fuertes crecientes, su migración es lenta y será necesario de muchos años para que cantos del orden de los 10 cm. de largo que se encuentran en la confluencia Chama-Mocotíes lleguen hasta el

cono aguas abajo del Puente Chama. Hace luego referencia al daño que pueden producir ciertas obras, como por ejemplo la construcción de carreteras si no se tiene en cuenta las alteraciones artificiales que pueden provocar y destruyendo coberturas en terrenos muy delezna**bles** acarrear una mayor carga de arrastre y se refiere en concreto al caso del río Mocotíes en la zona de la Victoria.

Como conclusión apunta:

"Consideramos, por consecuencia que deben tomarse decisiones urgentemente sobre:

" - La ejecución de medidas de emergencia para la protección de las márgenes del bajo Chama y la concentración en puntos apropiados, de maquinaria y materiales para una intervención muy rápida en caso de necesidad".

" - La edificación de las obras de ordenamiento del curso inferior del río Chama, como la desviación de su cauce hacia el río Mucujepé. Solamente obras de este tipo pueden garantizar una seguridad suficiente a los agricultores de la Región".

5-10 En Mayo de 1972 el Distrito Hidrológico 1 (Maracaibo) de la Dirección General de Recursos Hidráulicos produce un amplio informe sobre la "Inundación en la Zona Sur del Lago de Maracaibo. Abril - Mayo de 1972".

En la "Presentación" de dicho informe se comenta sobre la intensidad y daños causados por la inundación y entre otras consideraciones se dice:

"Las cifras arrojadas como consecuencia de los daños producidos en las áreas inundadas, son los resultados inequívocos de la devasta-

ción que pueden producir estos sistemas fluviales y a la vez servir como elementos de juicio para las tomas de decisión, las cuales permitirán proyectar adecuadamente, para la recuperación de zonas inundables y las obras de protección a poblaciones, zonas agrícolas y plantaciones en esta Región del Sur del Lago de Maracaibo, donde el problema de las inundaciones presenta una sintomatología y mecánica completamente distinta a todas las otras que afectan al país".

"Se trata de salvar tierras de excelente calidad y una inversión del orden de 200 millones de bolívares. Estas tierras se encuentran amenazadas por las fuertes lluvias que ocurren en el período de Abril-Mayo y Noviembre-Diciembre; 2.875 ha. de plátanos, 16.142 ha. de pastos y 173 ha. de otros cultivos fueron afectados por las inundaciones, las cuales permanecieron más de 12 días bajo la acción de las aguas. Atraso considerable a la industria ganadera, a la producción de leche y derivados, así como grandes daños a la producción de plátanos, atrasos a los compromisos bancarios y cuantiosas pérdidas indirectas de las cuales hasta principios del próximo año no será posible recuperarse".

Con respecto al comportamiento del río Mucujepe se informa que "una vez más se ha puesto de manifiesto la necesidad de la limpieza de los cursos de agua y evitar que los desechos de la tala y la quema sean tirados a los lechos de los ríos".

Según parece en ocasión de las crecientes que se comentan al obstruirse parcialmente el cauce del río Mucujepe se provocó el desplazamiento de uno de sus brazos que se desbordó hacia Caño Blanco

inundando alrededor de 2.200 ha. de pastos y arrasando caminos ve
cinales. Aguas abajo del Guayabones y debido a un represamiento
por acumulación de caramas se produjeron derrames que inundaron
unas 4.690 ha. con pérdidas del orden de los 5,5 millones de bolí
vares.

Se ha creído interesante acompañar copia del plano de isoyetas de
la región, para las precipitaciones entre el 9 de Abril y 31 de
Marzo de 1972 así como los hidrogramas de crecientes del río Chama
en Ejido y del Mucujepe en los Naranjos y el esquema de las manchas
de inundación que provocaron estos dos ríos.

"Entre las "Consideraciones" que acompañan al informe que se rese
ña en lo tocante al río Chama se dice:

"debe realizarse un estudio que permita investigar la
gran capacidad de transporte de material sólido tanto de lecho co
mo en suspensión del río Chama para la protección de las bermas
por deposición de materiales y evitar así la salida del río fuera
de su cauce, permitir el entallamiento del mismo y lograr una me
jor estabilización de los taludes, se considera un error tratar
de hacer diques para levantar las bermas ya que en este río en su
parte baja, el problema no es de sección, para los picos de cre
cientes".

El informe sobre la inundación del Sur del Lago en Abril-Mayo de
1972, trae como anexo unos comentarios del Profesor Ray K. Linsley
que se ha creído de interés reproducir íntegramente en este infor
me como se hace a continuación:

COMENTARIOS DEL PROFESOR RAY K. LINSLEY SOBRE LA CRECIENTE DE
LOS RÍOS ESCALANTE, CHAMA Y MUCUJEPE EN LA ZONA SUR DEL LAGO
DE MARACAIBO - ABRIL Y MAYO DE 1.972

Algunas cosas han quedado claras después de estas crecientes:

- 1 El río Chama no es un factor importante en la inundación de la cuenca del río Escalante.
- 2 El río Mucujepe no tiene capacidad para descargar el agua proveniente de su cuenca, por lo tanto no es prudente hacer la desviación de las aguas del río Chama hacia Mucujepe.
- 3 No es posible proteger de las inundaciones del río Chama cerca del sitio Santo Domingo.
- 4 Los picos de crecientes quizás no sean los mayores observados en las cuencas, pero los daños son únicos en la historia de la zona. Esto se debe porque hay más viviendas, fábricas y otras cosas que están en las planicies inundables de los ríos. Es importante restringir las inversiones en las planicies si estas no están protegidas.
- 5 El río Onia no ha contribuido mucho a la inundación de Santa Bárbara. El embalsé sobre el río Onia casi no tendrá efecto de protección contra las inundaciones en Santa Bárbara.
- 6 Es muy importante por ahora, no mejorar los cauces de los ríos y quebradas, aguas arriba de Ferreira.
- 7 Es posible proteger a Santa Bárbara, mejorando el canal del río Escalante aguas abajo de Santa Bárbara y con diques marginales en la ciudad. Sería deseable el desvío de algunos caños a otros cursos de aguas.

8 Después que se haya mejorado el canal del río Escalante aguas abajo, se puede proceder a mejorar el canal aguas arriba de Santa Bárbara ó construir diques marginales entre Santa Bárbara y Ferreira.

5-11 El Profesor James L. Sherard, ingeniero consultor de Berkeley (California, E.E.U.U.) presenta dos informes sobre el río Chama; el primero de fecha 8 de Febrero de 1972 y el segundo del día 23 del mismo mes y año. Estima los arrastres del Chama al llegar a la Zona Sur entre 5 y 20×10^6 m³/año. Estos arrastres provocan la sobreelevación y ensanchamiento del río desde El Vigía.

Analiza las soluciones propuestas:

- 1) Diques marginales.
- 2) Traslado hacia el Mucujepe.
- 3) Dique de regulación en Mocacay.
- 4) Combinación de las anteriores.

Concluye que las fuertes cantidades de sedimentos impiden esas soluciones y que el problema conduce a la colocación de un dique regulador de sedimentos en la zona montañosa. Aboga por un dique que se pueda ir aumentando de altura con el tiempo, lo que permitiría tener una verdadera información sobre los arrastres, sobre los efectos aguas abajo de esa retención y la cantidad de los arrastres que puedan almacenarse, por depender ésta de la pendiente final del cauce evolucionado aguas arriba de la retención.

Opina que lo más indicado sería colocar un dique de concreto en la vecindad de la confluencia con el Mocotíes, que al principio po

dría tener una altura de 30 a 50 metros y una vida entre 5 y 10 años. También puede pensarse en un gran dique que no sólo atrape los arrastres sino que sirva para regular los efluentes líquidos.

Analiza otras posiciones para el dique y en especial un sitio situado a la entrada del Cañón del Chama, dando varias razones para su escogencia como son: que el valle se ensancha aguas arriba, que la garganta es suficientemente estrecha y que la inundación que provocaría controlaría la erosión de las terrazas de la zona, que son a su entender una fuente activa del suministro de grandes cantidades de material de arrastre. Compara con las trampas de arrastre de la zona de Los Angeles y concluye que no es probable la existencia de un precedente similar en el mundo por tratarse de tal estructura ubicada sobre un importante río.

Suministra rasgos generales del dique y la forma en que podría aumentarse de altura, anticipa el sistema de vertedero describiendo una forma escalonada del paramento aguas abajo lo que permitiría el desague de las crecidas en forma de cascada.

En un apéndice describe las estructuras de control de sedimentos de "Los Angeles County Flood Control District" y en especial el embalse de San Gabriel.

Apunta que en esos diques de Los Angeles se ha podido comprobar que cuando están llenos, la pendiente de la superficie del relle no está generalmente entre un 60 y un 80% de la pendiente original del lecho.

El segundo informe del Profesor Sherard intitulado "El Chama River Flood and Debris Problem" del 23 de Febrero de 1972, contiene la consulta hecha por él al Profesor Hans A. Einstein y en dicho escrito afirma que no se puede estimar de la simple vista de las acumulaciones en la zona de El Vigía, la cantidad de sedimentos que el río conduce y que a lo mejor estos sedimentos no son de la magnitud que parece y que las deposiciones que se observan pueden provenir de cientos de años de acumulación. *Cierto!*

No existe manera de estimar el arrastre de fondo a menos de construir un embalse del tipo propuesto; los finos en suspensión si pueden ser medidos e indica como lugar de muestreo óptimo la entrada al Cañón del Chama antes de la confluencia con el Mocotíes.

Dice que el Dr. Einstein se inclina por creer que, una vez construido el dique de retención de sedimentos, es más económico endicar los 50 kms. de río hasta su desembocadura que la construcción de un dique de regulación al estilo propuesto para el río Onia.

5-12 Con respecto a la nueva vía carretera que se estudia para unir a Mérida con la carretera Panamericana en Julio de 1972 el ingeniero José Manuel Segurado, encargado de la División de Estudios y Proyectos de la Dirección de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas en colaboración con el Profesor Jean Tricart y de otros ingenieros y geólogos de la citada División produce un informe en el que se analizan cuidadosamente las diferentes rutas propuestas que son las de:

Mucujun,	Lagunillas y
Azulita,	Chama

Descarta las tres primeras, recomendando la Ruta del Río Chama por ser "la que presenta mayores ventajas para el trazado y la estabilidad a un menor costo".

Dentro de las rutas Chama, considera que la mejor alternativa es:

- 1) Desde Mérida hasta Puente Mamones, sobre la vía actual con pequeñas rectificaciones y mejoras.
- 2) Desde Puente Mamones hasta aproximadamente 400 metros aguas abajo del Puente Chiguará, por la margen derecha del río Chama.
- 3) A partir del punto anterior y hasta El Vigía por la margin izquierda del río Chama.

6- En resumen puede decirse que las soluciones contempladas para resolver el problema del río Chama en lo que a las inundaciones del Sur del Lago se refiere, son las siguientes:

- I) Embalses reguladores de avenidas. (Civisan)
- II) Endicamientos en una o ambas margenes del cauce del río Chama. (Civisan)
- III) Endicamientos y embalse regulador de crecientes. (Yunis)
- IV) Desviación de todo o parte del efluente del río Chama hacia el río Mucujepe, mediante estructura partidora ubica da aguas abajo de la carretera Panamericana. (Eitz y Watay)
- V) Desviación del río Chama desde Mocacay hacia el río Mucujepe por el Caño Seco. (Azpúrua)
- VI) Diques reguladores de sedimentos. (Sherard)

Todas estas soluciones han sido discutidas por las diversas personas y entidades que han intervenido en el problema y se dan razones a veces muy poderosas en favor y en contra de los sistemas reñados, pero se puede resaltar un tópicó común de relevante importancia y es la cuantía de los sedimentos del Chama y sobre todo lo indeterminado de ésta y lo difícil (o casi imposible) de determinar con instrumentos, la cantidad del material de arrastre.

La apariencia de los depósitos aluvionales en el gran cono de deyección del Chama en la zona de El Vigía llevan a suponer que podría ser grande la cantidad de sedimentos de arrastre que el río conduce durante sus crecidas pero como piensa el Profesor Einstein según comenta el Profesor Sherard, estas deposiciones de sedimento podrían ser muy antiguas y las crecientes solo moverlas localmente.

En este aspecto bien es sabido que en ciertos ríos el movimiento de los bancos aluviales constituídos por material grueso es más bien lento como sucede en el Río Rhin en que la velocidad de traslado de esos bancos es del orden de medio kilómetro por año.

El hecho de que el material grueso del cauce del río Chama en su cono de deyección desaparezca violentamente varios kilómetros antes de la desembocadura en el Lago y que esta situación parece que no ha variado notablemente en los últimos tiempos en que se ha estado observando el comportamiento del río, permiten suponer que no debe ser muy abundante el gasto sólido de arrastre de los materiales gruesos. Es de advertir que a simple vista no se observa una continua y paulatina degradación de los cantos, sino

que de repente desaparece la textura gruesa y pasa sin transición aparente a tomar el aspecto de aluviones finos. Este corresponde al cambio geomorfológico de río trezado a río de llanura meandrosa.

El Profesor Sherard opina, como ya se vió, en la conveniencia de disponer en la montaña de un dique que crearía un embalse de retención de arrastres principalmente, también es de opinión que dicho dique podría irse aumentando de altura por etapas y a medida que se fuese atarquinando el embalse. Analizando este aspecto y sin tener en cuenta los inconvenientes inherentes a tal proyecto de modificación sucesiva del perfil de un dique, mediante un ejemplo, se hace a continuación la comparación económica entre este procedimiento y el de construir otro embalse en un emplazamiento semejante y adecuado aguas arriba (o aguas abajo) del embalse primitivo.

Primero se supondrá un embalse de 50 metros de altura ubicado en la zona del Cañón del Chama el cual podrá ser agrandado, en su oportunidad, hasta alcanzar la altura de 70 metros.

El volumen del material que completamente atarquina la zona aguas arriba del embalse de retención, puede expresarse por la fórmula aproximada siguiente en la cual se ha supuesto que la pendiente de la superficie atarquinada es igual a la mitad de la pendiente original del cauce (como supone el Profesor Sherard).

$$V_a = A \frac{h^2}{i} \quad (1)$$

Donde:

V_a : Volumen total de atarquinamiento.

A : Ancho medio característico del valle en la zona de atarquinamientos.

h : Altura del embalse.

i : Pendiente primitiva del río.

tendremos, suponiendo una anchura media del valle de 500 metros y pendiente original del río del 1,3% :

$$V_a = 500 \frac{50^2}{0,013} = 96,154 \times 10^6 \text{ m}^3$$

El volumen del dique, que se considera factor gobernante en el costo, se estima por la siguiente fórmula deducida de los casos estudiados por Sardimar C.A. en el Embalse de El Guamo.

$$V_p = 0,037 \cdot x \cdot h^{2,63} + 0,62 h^{2,92} \quad (2)$$

En la cual:

x : es la parte central vertedora y supone una carga máxima de agua de 5 metros;

h : como ya se dijo, es la altura de la presa y

V_p : es el volumen total de la presa.

Si se hace $x = 50$ metros se tiene:

$$V_p = 111.057 \text{ m}^3$$

Para el dique completo de 70 metros de altura se obtiene aplicando las formulas anteriores:

$$V_a = 188,462 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_p = 283144 \text{ m}^3$$

El aumento de 20 metros en la altura del dique permite un atarquinamiento adicional de:

$$188,462 \times 10^6 - 96,154 \times 10^6 = 92,308 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Este volumen se obtendría con otro dique colocado hacia aguas arriba y con una altura de 49 metros; el volumen de ese dique adicional sería de 104997 m^3 que sumado al del dique primitivo de 50 metros de altura daría un volumen total de 216054 m^3 valor que como puede observarse es un 33% menor que el del dique resultante al aumentar la presa original en 20 metros.

Se comprende que la comparación establecida sólo es valedera, si las condiciones de emplazamiento de ambos diques son iguales o parecidas o se compensan con mayor almacenamiento para alturas iguales de los diques.

En el valle superior del Chama existen algunas estructuras de apariencia favorable para la ubicación de presas y es posible seguramente, mediante un análisis más detenido, encontrar varios sitios que en un futuro podrían ser adecuados para ubicar retenciones de sedimentos, cuando se hubiese atarquinado el embalse ya construido en lugar de preveer su aumento de altura, resultando quizás una solución más económica que esta última.

Todas estas características han podido ser observadas en las diferentes inspecciones oculares llevadas a cabo tanto por vía terrestre como aérea, mediante vuelos efectuados por Sardimar C.A. y en compañía de los Asesores: Profesores Oreste Moretto y José S. Gandolfo.

Se han efectuado otras inspecciones en unión del Personal Técnico de la Dirección General de Recursos Hidráulicos, así como de la Comisión del Sur del Lago y de ingenieros de la Dirección de Viabilidad. Es oportuno señalar que se ha estado en contacto con los Proyectistas de la nueva vía que enlazará a Mérida con la Carretera Panamericana.

7- Perfil longitudinal del río.- Se adjunta un perfil del alveo del río Chama, desde un kilómetro aguas abajo de la confluencia con el río Mocacay hasta la zona de Mérida, tomado de los planos aerofotográficos a escala 1:25.000 (Año 1952) con curvas de nivel de veinte en veinte metros, dicho perfil dibujado con línea de trazos tiene su origen en la confluencia Chama-Mocacay y alcanza una longitud de 68,240 kms.

Se ha supuesto un perfil tomado de las restituciones fotográficas recientes (1968) a escala 1:10.000 y ambos perfiles coinciden bastante bien entre la confluencia con el río Mocotíes (Prog. 13380) hacia aguas arriba hasta la Progresiva 26690 en donde se terminan

los planos de la restitución de Junio de 1968 (Escala 1:10.000).

Bajo la hipótesis de que el perfil longitudinal del río Chama en esa zona correspondiese a una expresión del tipo de la de Sternberg, se ha efectuado la derivación correspondiente utilizando el método de los mínimos cuadrados para la determinación de los respectivos parámetros como se indica en el Cuadro N° 7-1 en el que aparecen también las diferencias entre las cotas dadas por los perfiles y la resultante de la aplicación de la fórmula deducida que es la siguiente:

$$y' = 873 e^{0,01147 x} - 678$$

y' : Cotas técnicas en metros.

x : Progresivas en kilómetros a partir de la confluencia con Río Mocacay.

Por suponerse de mayor exactitud los datos de los planos a escala 1:10.000 se ha ponderado su efecto en la proporción 1 a 2.

El término independiente de la expresión se determinó por el método de Lipka. Los errores estan dentro de lo presumible con vista a los datos básicos.

Con respecto a los perfiles, aguas abajo de la confluencia con el río Mocotíes, se observan marcadas diferencias, que aún cuando podrían deberse a los errores propios de cada una de las altimetrías comparadas, sería conveniente analizar, para lo cual se requiere un perfil más exacto elaborado con métodos convencionales de topografía terrestre, tal como ha sido requerido de la Dirección Ge-

neral de Recursos Hidráulicos.

La fórmula deducida es válida para el tramo entre progresivas 17 y 27 kilómetros, como puede verse en el gráfico semi-logarítmico de la Fig. 7-1 . Entre las progresivas 16 y 13 kilómetros según puede observarse en el gráfico la pendiente de la línea representativa podría ser la misma, pero desplazada por una rápida, que se ubicaría entre las progresivas 16 y 17 kilómetros.

CUADRO N^o 7-1

=====

Perfil según restitución 1: 10.000

x Prog.	Y Cota	Y log(y + 678)	Y' log (y' + 678)	$\Delta = Y' - Y$
13.380	315	2,9969		
13.610	320	2,9991		
14.180	330	3,0034		
14.830	340	3,0077		
15.600	350	3,0120		
16.620	360	3,0162		
16.880	370	3,0203		
17.010	380	3,0244		
17.620	390	3,0285	390,89	+ 0,89
18.420	400	3,0326	400,75	+ 0,75
19.390	410	3,0366	412,81	+ 2,81
20.230	420	3,0406	423,37	+ 3,37
20.905	430	3,0445	431,93	+ 1,93
21.560	440	3,0484	440,30	+ 0,30
22.370	450	3,0523	450,74	+ 0,74
23.120	460	3,0561	460,49	+ 0,49
23.540	470	3,0599	465,99	- 4,01
24.630	480	3,0637	480,38	+ 0,38
25.550	490	3,0674	492,67	+ 2,67
26.140	500	3,0711	500,61	+ 0,61
26.690	510	3,0748	508,07	- 1,93

CUADRO N^o 7-2

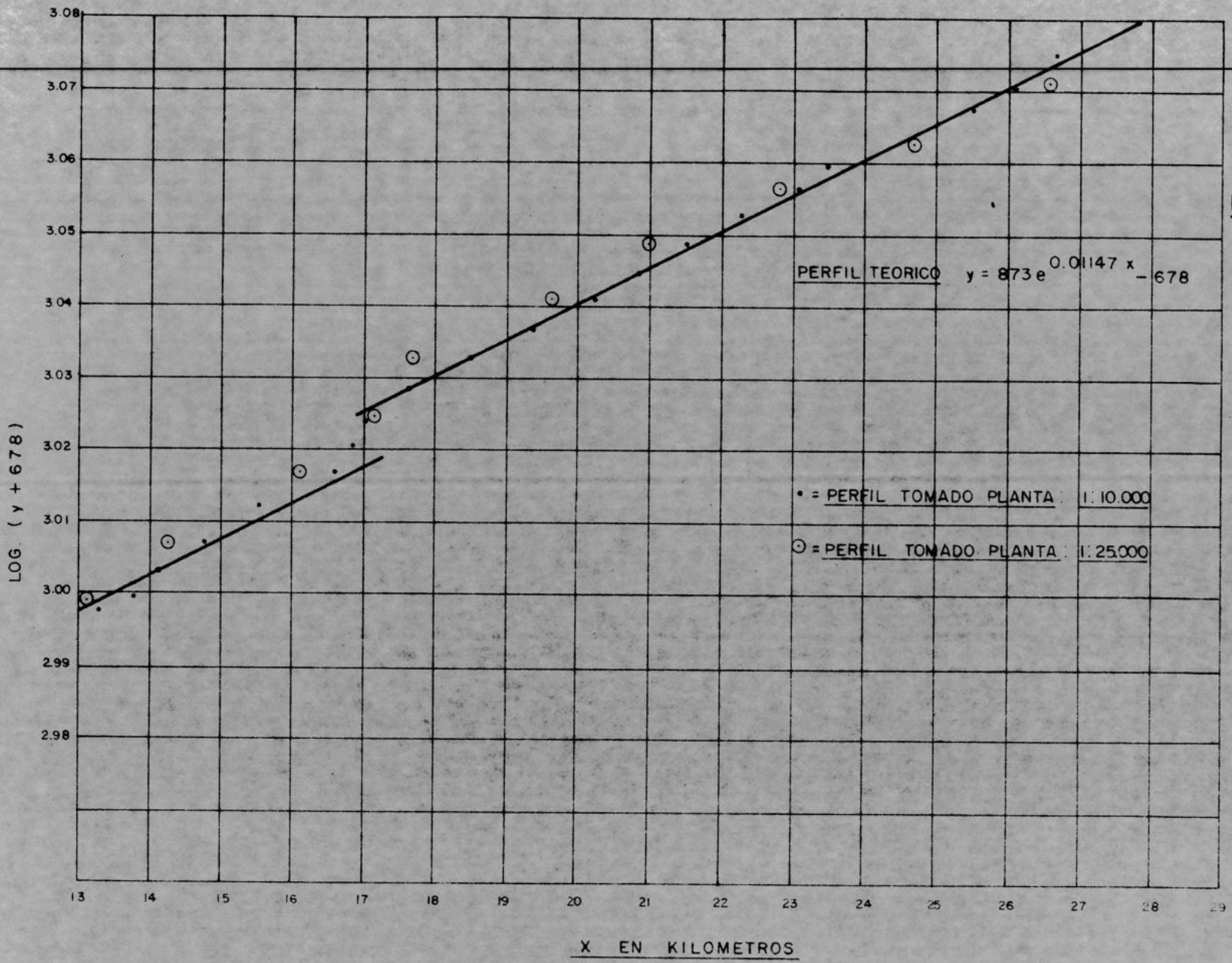
=====

Perfil según restitución 1: 25.000

x Prog.	y Cota	Y log (y + 678)
13.180	320	2,9991
14.320	340	3,0077
16.140	360	3,0162
17.190	380	3,0244
17.770	400	3,0326
19.680	420	3,0406
21.060	440	3,0484
22.890	460	3,0561
24.730	480	3,0637
26.610	500	3,0711

Fig. 7-1

PERFIL RIO CHAMA



Granulometría del material de fondo.- Primeramente se hará referencia a las muestras tomadas en el ^{en el lecho y Terrazas del} río Chama y en la desembocadura de alguno de sus afluentes por la División de Hidrología y recibidas según comunicación de fecha 8 de Enero de 1973; de acuerdo con lo contenido en la citada comunicación, procedente del Jefe del Departamento de Sedimentología, Ingeniero David Pérez Hernández, se han observado "variaciones notables en la configuración de las curvas, lo cual se atribuye a las dificultades con el muestreo de estos materiales con tan amplio rango granulométrico, o bien al escogimiento producido por el hielo como agente de transporte". En otros casos se han analizado aquellos materiales que se considera sean los que presentan un mayor interés desde el punto de vista del transporte sólido. Ulteriores ensayos le serán suministrados al disponerse de los resultados".

En efecto son notables las anomalías que se observan en esas líneas granulométricas y en la distribución de los diámetros a lo largo del río como puede verse en el gráfico que hemos preparado y que se anexa a este informe bajo el título de "Río Chama - Variación de la Granulometría del Material del Lecho a lo Largo del Curso".

Se sabe que cuando se dibujan en escalas naturales, las líneas de criba de un material de fondo de un río bien evolucionado y en lugares en los cuales no existan desmezclas, las líneas correspondientes tienden hacia cuarto de círculo o figura homotética; así pues para analizar mejor la situación se dibujaron los resultados del cribado en unos gráficos a escalas naturales, tanto de los porcentajes pasantes, como de los diámetros correspondientes. Se acompañan los

Debe destacarse que existe material más grueso de los tamaños aquí reportados

gráficos respectivos y como puede observarse, pocos de ellos muestran la tendencia natural hacia el cuarto de círculo.

Se esperan los ulteriores ensayos anunciados para poder analizar mejor la cuestión.

También se recibieron, en los primeros días de Febrero de 1.973, los resultados de los análisis granulométricos del material de fondo del río Mocotíes y del último tramo del río Chama, efectuado por la División de Geotecnia de la Dirección de Proyecto-Constructión de la Dirección General de Recursos Hidráulicos, actualmente se estudia esta información que al parecer y en lo referente al río Mocotíes contiene resultados más acordes con la forma general de las líneas de mezcla en tramos evolucionados.

9- Diques interceptores - Esquema general. - La colocación de diversos diques para la retención de sedimentos en lugares apropiados de los siguientes cursos:

Río Negro

Río Las Gonzalez

Río San Pablo

Río Mocotíes

Río Nuestra Señora

complementado con un gran interceptor en el mismo curso del río Chama, aguas abajo de la confluencia con el río Mocotíes, conforman un buen esquema para la captación efectiva durante muchos años de los fuertes arrastres que podrían esperarse, permitiendo entonces la atenuación de las avenidas, mediante embalses reguladores o el control de las inundaciones por endicamiento de los

rios o la desviación de ellos.

No deben desecharse los tratamientos clásicos para agotar los torrentes y torrenteras, que de tener éxito en la zona sería la solución permanente más conveniente, por lo cual es de recomendar que se experimente en tal sentido con algún torrente típico.

No son muchos los datos con que se cuenta para un estudio cabal de mejoramiento del río Chama, pero algunos son relativamente fáciles de conseguir o ya se poseen, como serían los referentes a topografía, geología y granulometría de ^{los} materiales. -

Con respecto a la hidrología aún cuando no existen muchos años de registro y no siempre en los lugares en que sería útil para tal o cual solución, pueden sin embargo prepararse datos sintéticos por simulación u otros métodos que conducirían a resultados aceptables.

El gran escollo estriba en la determinación de las cuantías y ratas de sedimento que los ríos acarrean, en este aspecto debería conocerse:

- a) Las cuantías de los arrastres en función de los gastos líquidos.
- b) Las granulometrías de los materiales de arrastre.
- c) La capacidad de retención de los lagos artificiales con respecto a los arrastres de fondo en función de los hidrogramas de entrada y de salida y la forma de los vasos.
- d) La capacidad de retención en los embalses de regulación de los sedimentos más finos en función de

las características geométricas e hidráulicas correspondientes.

10- Solución propuesta.- Como se comprende la solución exitosa del problema de la retención de sedimentos es casi imposible darla si no se conocen con cierto grado de certeza los datos a que se ha hecho referencia, por lo tanto se ha propuesto la siguiente solución que también involucra las prioridades correspondientes:

buena idea porque la variabilidad del transporte sólido no permite dar valores mecánicos en un corto periodo. Esto es justificable si se aprovecha con otros fines.

1ª Construcción de un dique de retención de sedimentos en sitio apropiado, aguas abajo de la confluencia con el río Mocotíes, equipado convenientemente para actuar como estructura experimental, que en pocos años pueda suministrar los datos necesarios para encarar la solución final.

Una alternativa sería la ubicación de un dique aguas arriba de la citada confluencia, por ejemplo en la zona del Puente Chiguará o algo más aguas arriba.

2ª En caso de optarse por la alternativa anterior, posteriormente se construiría un pequeño dique sobre el Mocotíes, para investigar las condiciones de sedimentos en este río, siempre que las conclusiones a que se vaya llegando de las investigaciones en el río Chama indiquen la necesidad de ello. *De acuerdo!*

3ª De los resultados de esas investigaciones, se determinará si es necesario o no y en qué sitios deben ser construidos otros diques de retención de sedimentos. También se podrán calibrar las formulas de arrastre y los modelos matemáti-

cos que se empleen, permitiendo dimensionar con mayor certeza los nuevos diques de retención, si fuere el caso.

- 4º Conocida con propiedad toda la cuestión relativa a sedimentos, se procederá a considerar las diferentes soluciones para el control de inundaciones.

*pero tampoco muy pequeña ya entre
mo ses entre 2-3 mill de m³/año.*

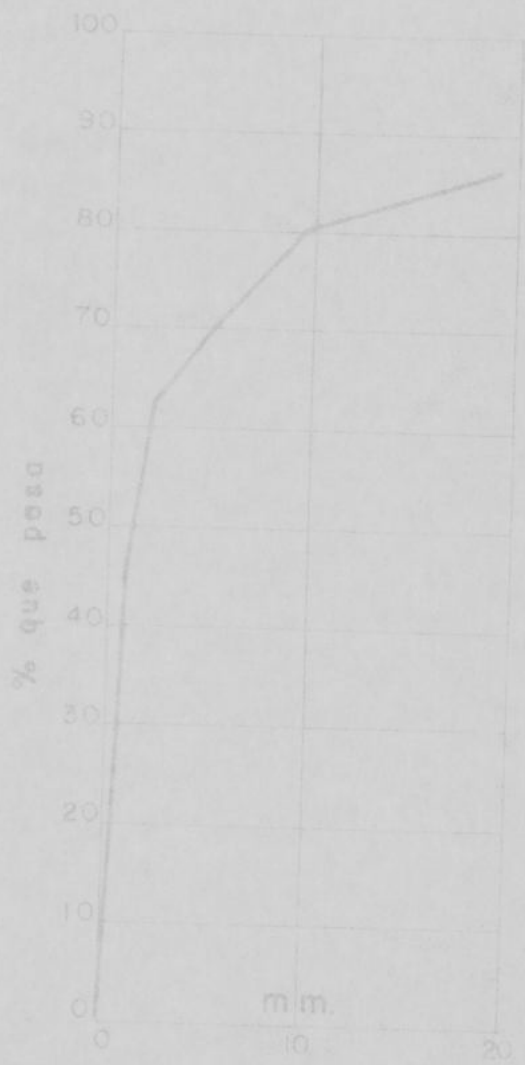
Si como se presume, la magnitud de los arroyos de la zona de estudio pasará el dique experimental propuesto por el sistema para controlar durante un largo tiempo el problema de dichos arroyos.

Mayores detalles sobre la solución se están procesando y se espera la información complementaria para mejor definir la posición y otras características del dique experimental de retención, dejando ciertos detalles, que escapan al alcance de una factibilidad técnica, para elaborarse en las etapas de Anteproyecto y Proyecto si fuere el caso. Correspondería a aquellas etapas definir el tipo de presa con miras al estudio de materiales de préstamo, la geología de los sitios y la finalidad propia de la estructura a fin de obtener la solución más conveniente, así como el tipo y colocación de las obras vertedoras y limitadora de gastos para lograr la retención deseada y permitir el paso de ciertos sedimentos útiles a la fertilización de suelos de primera clase, si los estudios posteriores considerasen esta eventualidad en comparación con la de dique regulador de avenidas que es capaz en gran proporción de retener los elementos más finos de los sedimentos.

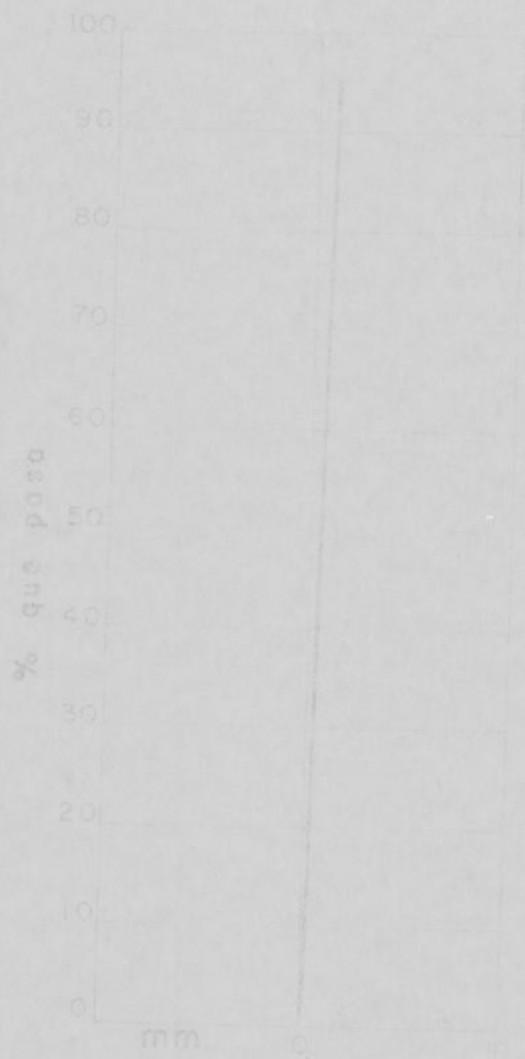
Caracas 12 de Marzo de mil novecientos setenta y tres.

SARDIMAR C. A.

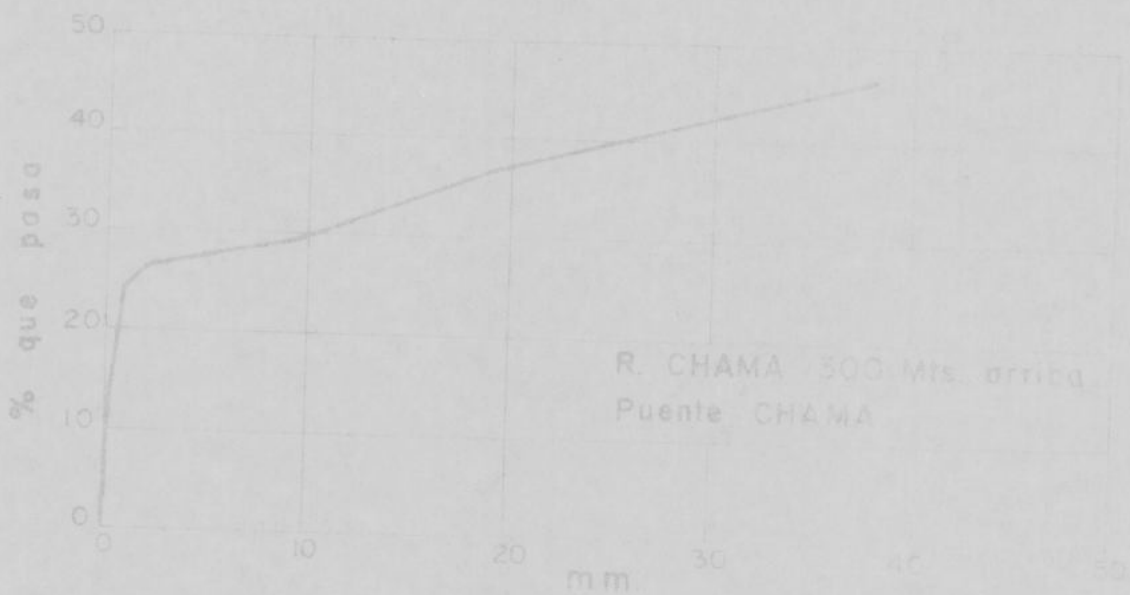
V. A. Sardi Socorro
C. Martínez de la Plaza



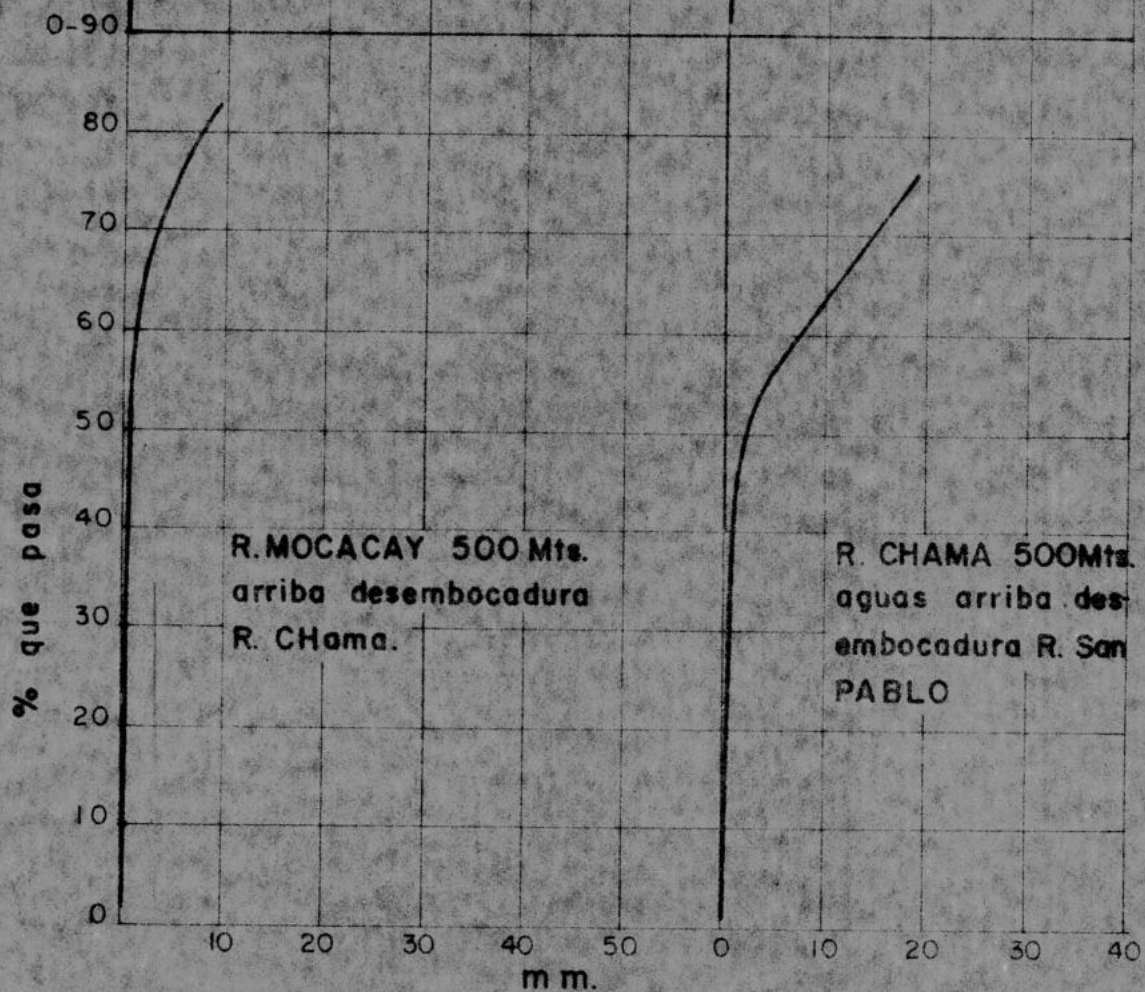
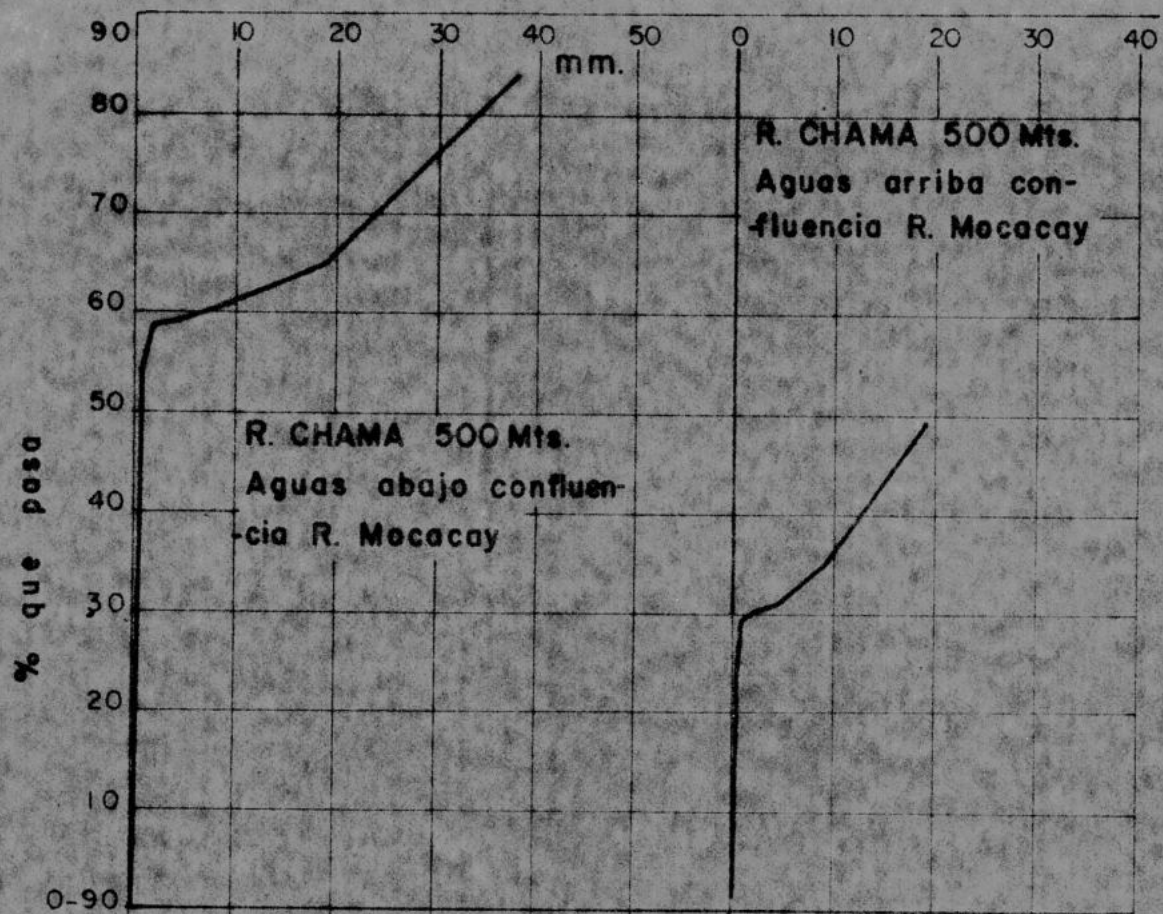
R. NEGRO 500 Mts. arriba
desembocadura R. CHAMA

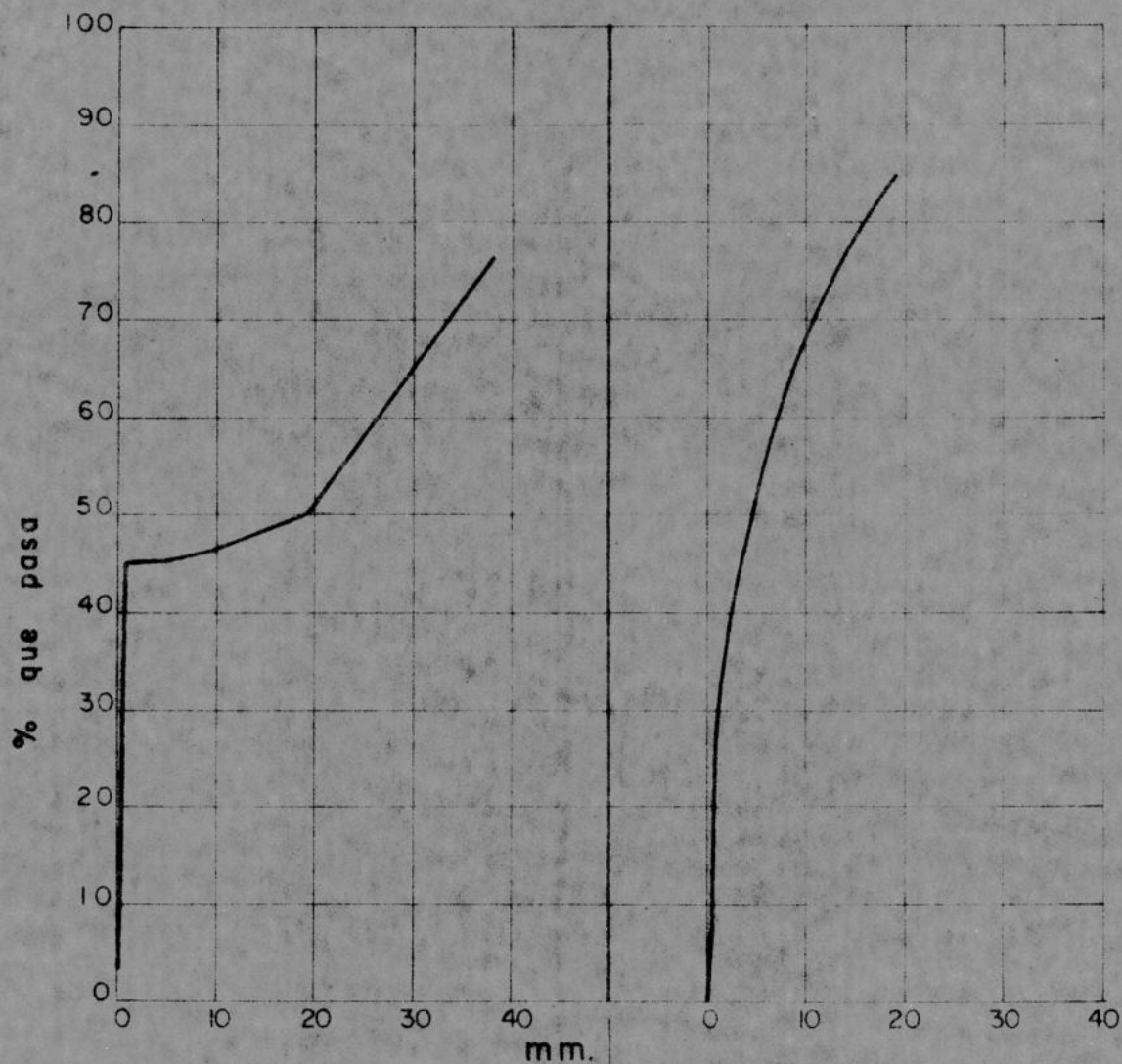


R. CHAMA en EUIDO



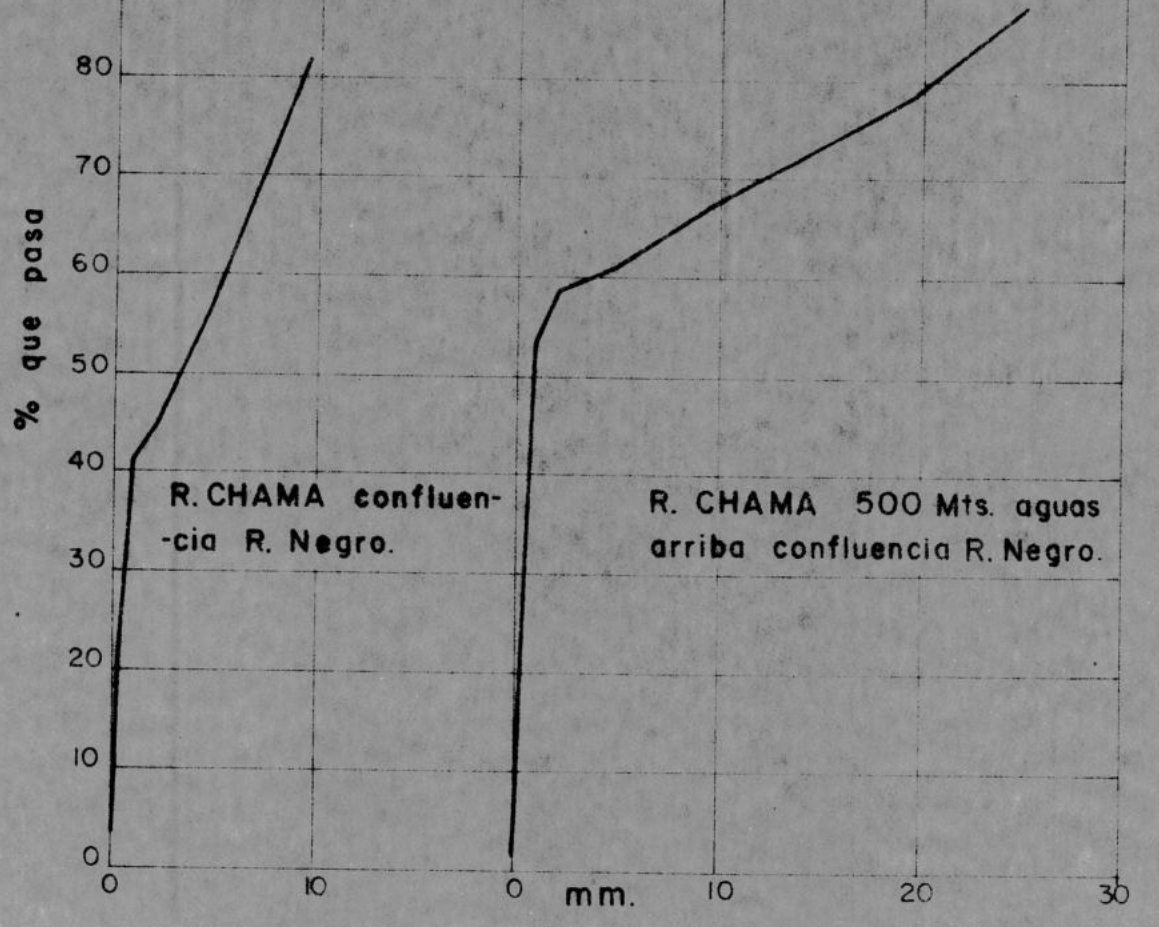
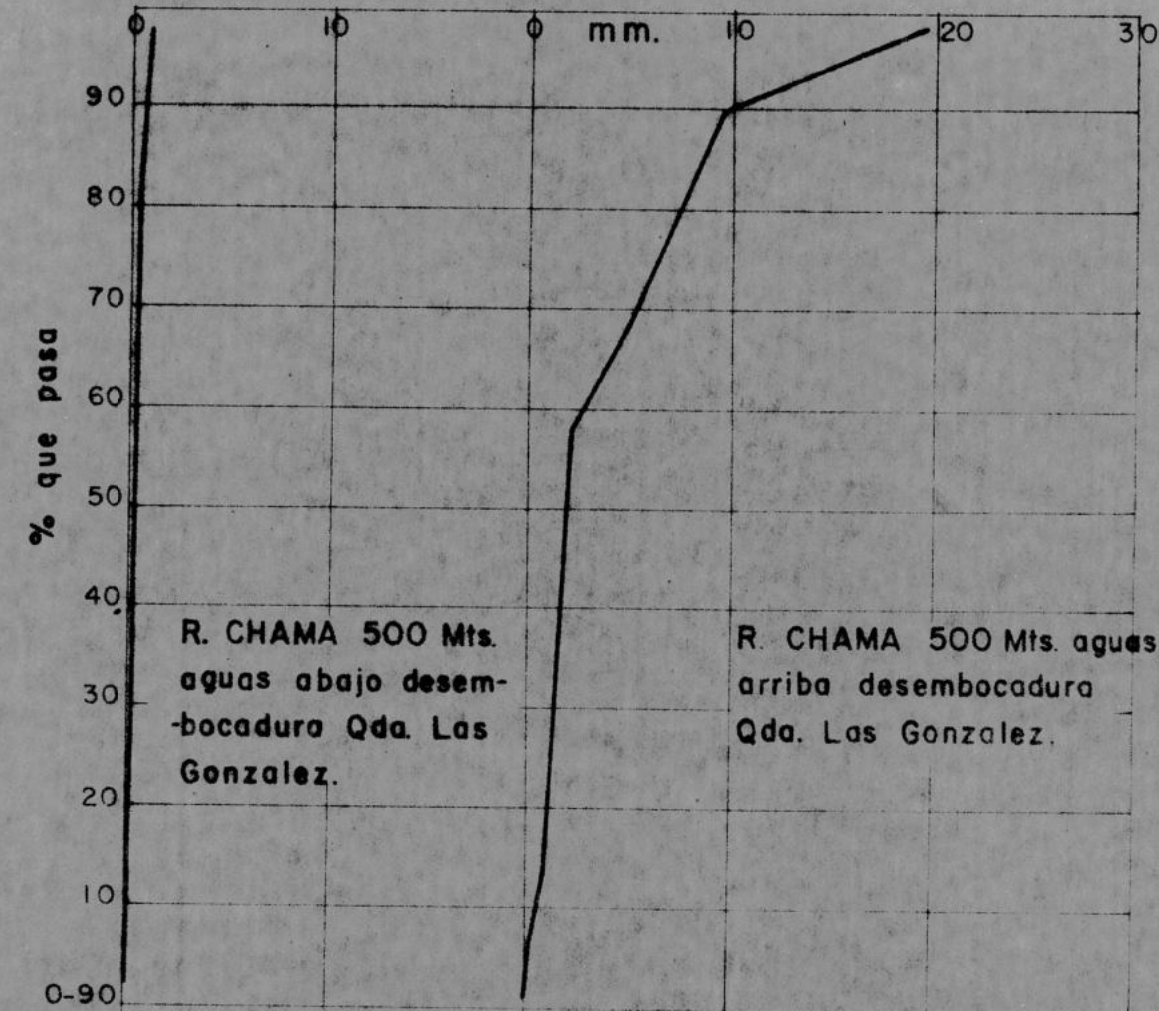
R. CHAMA 300 Mts. arriba
Puente CHAMA

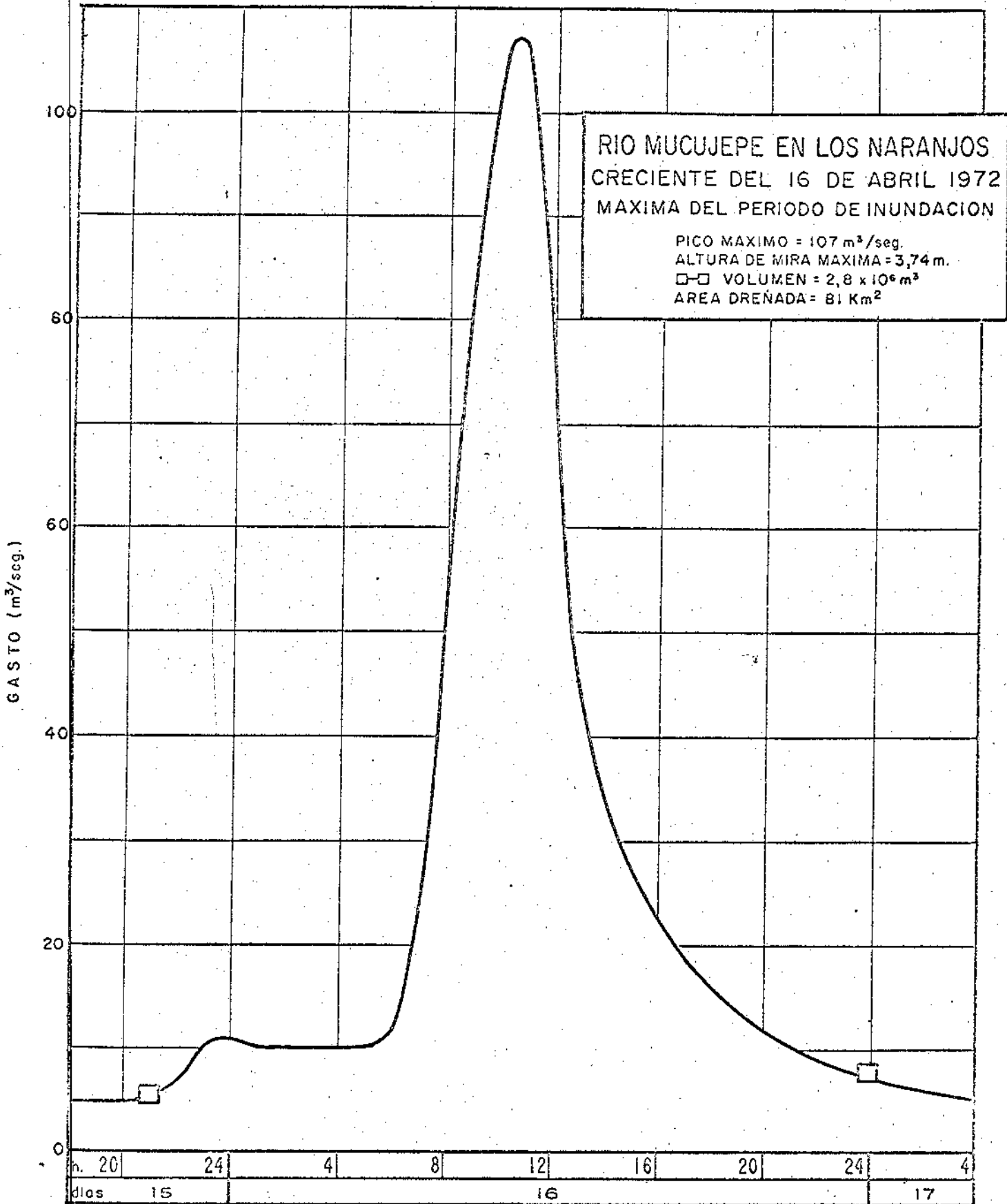




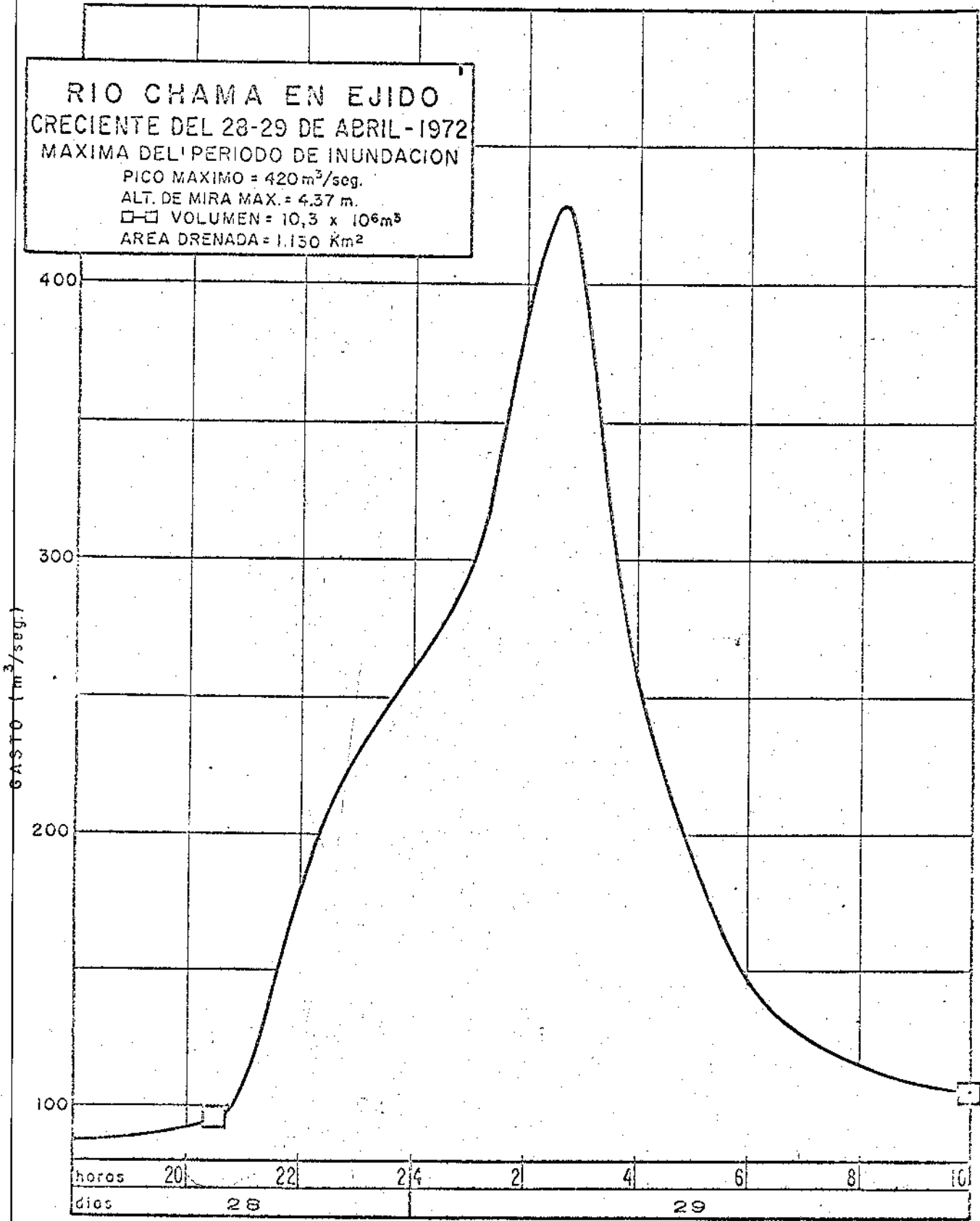
R. CHAMA 500 Mts. aguas
 abajo desembocadura R. SAN
 PABLO.

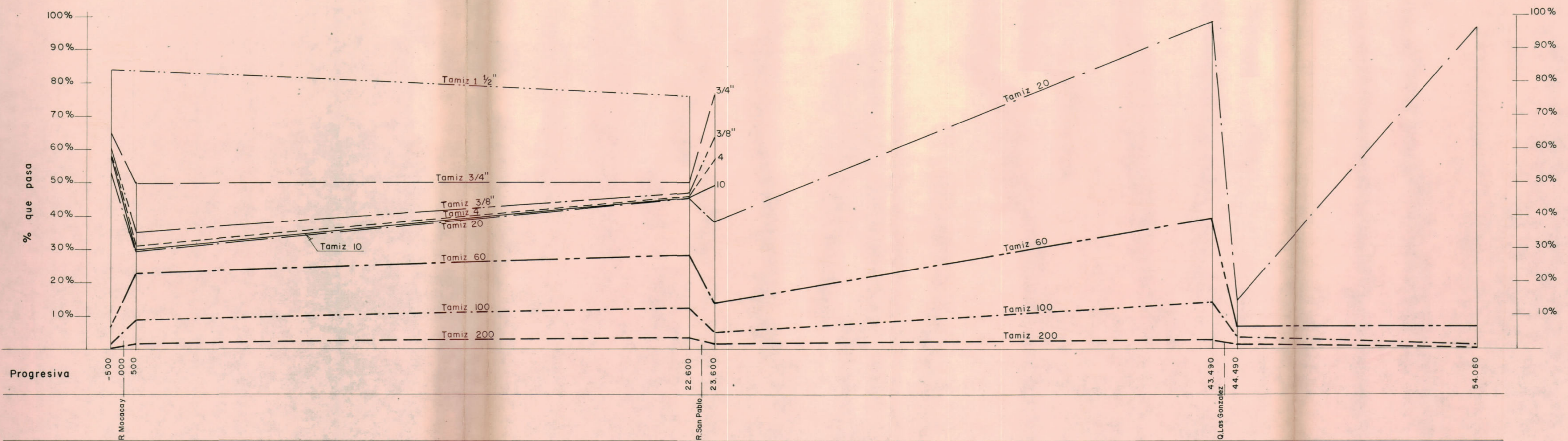
R. SAN PABLO 500 Mts. aguas
 arriba desembocadura R. CHAMA





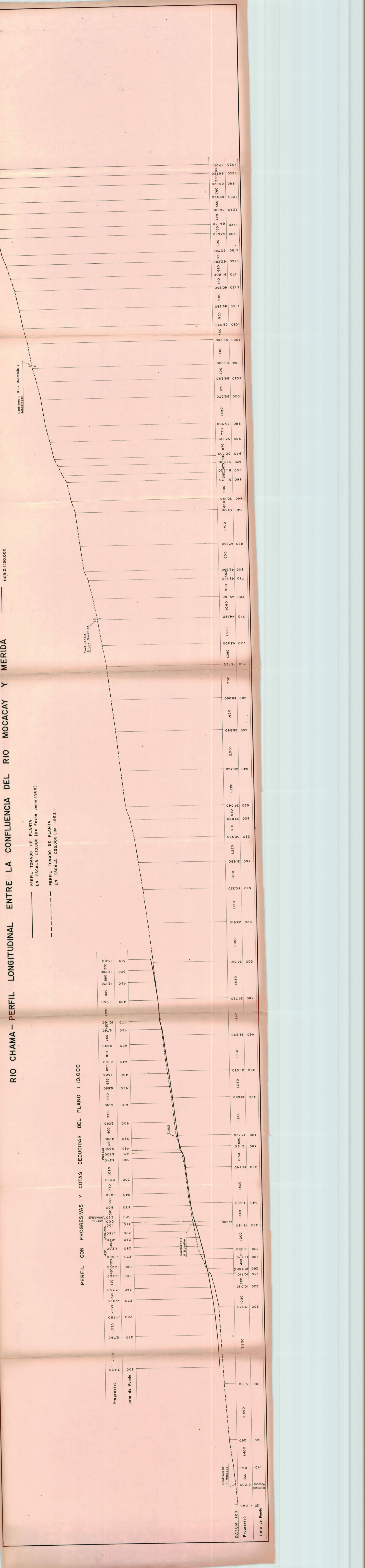
RIO CHAMA EN EJIDO
CRECIENTE DEL 28-29 DE ABRIL-1972
 MAXIMA DEL PERIODO DE INUNDACION
 PICO MAXIMO = 420 m³/seg.
 ALT. DE MIRA MAX. = 4.37 m.
 □-□ VOLUMEN = 10,3 x 10⁶m³
 AREA DRENADA = 1.150 Km²





RIO CHAMA - VARIACION DE LA GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DEL LECHO A LO LARGO DEL CURSO

ESCALAS: Vertical 100% = 13 1/3 cms.
Horizontal 1: 100.000



Confluencia R. Mocopalis

Puente

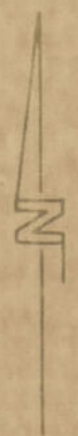
Confluencia R. Las Gonzalez

Confluencia R. Mocabán y Alberregas

Progresiva	Cota de Fondo
180	5.120
160	2.860
140	1.400
120	0.000

Progresiva	Cota de Fondo
700	41.720
720	42.800
740	44.120
760	45.180
780	46.140
800	47.000
820	47.890
840	48.790
860	49.690
880	50.590
900	51.490
920	52.390
940	53.290
960	54.190
980	55.090
1000	55.990
1020	56.890
1040	57.790
1060	58.690
1080	59.590
1100	60.490
1120	61.390
1140	62.290
1160	63.190
1180	64.090
1200	64.990
1220	65.890
1240	66.790
1260	67.690
1280	68.590
1300	69.490
1320	70.390

LAGO DE MARACAIBO



INUNDACION EN LA ZONA SUR DEL LAGO DE MARACAIBO
ABRIL - MAYO - 1972

0.80 ALTURA DEL AGUA SOBRE EL TERRENO

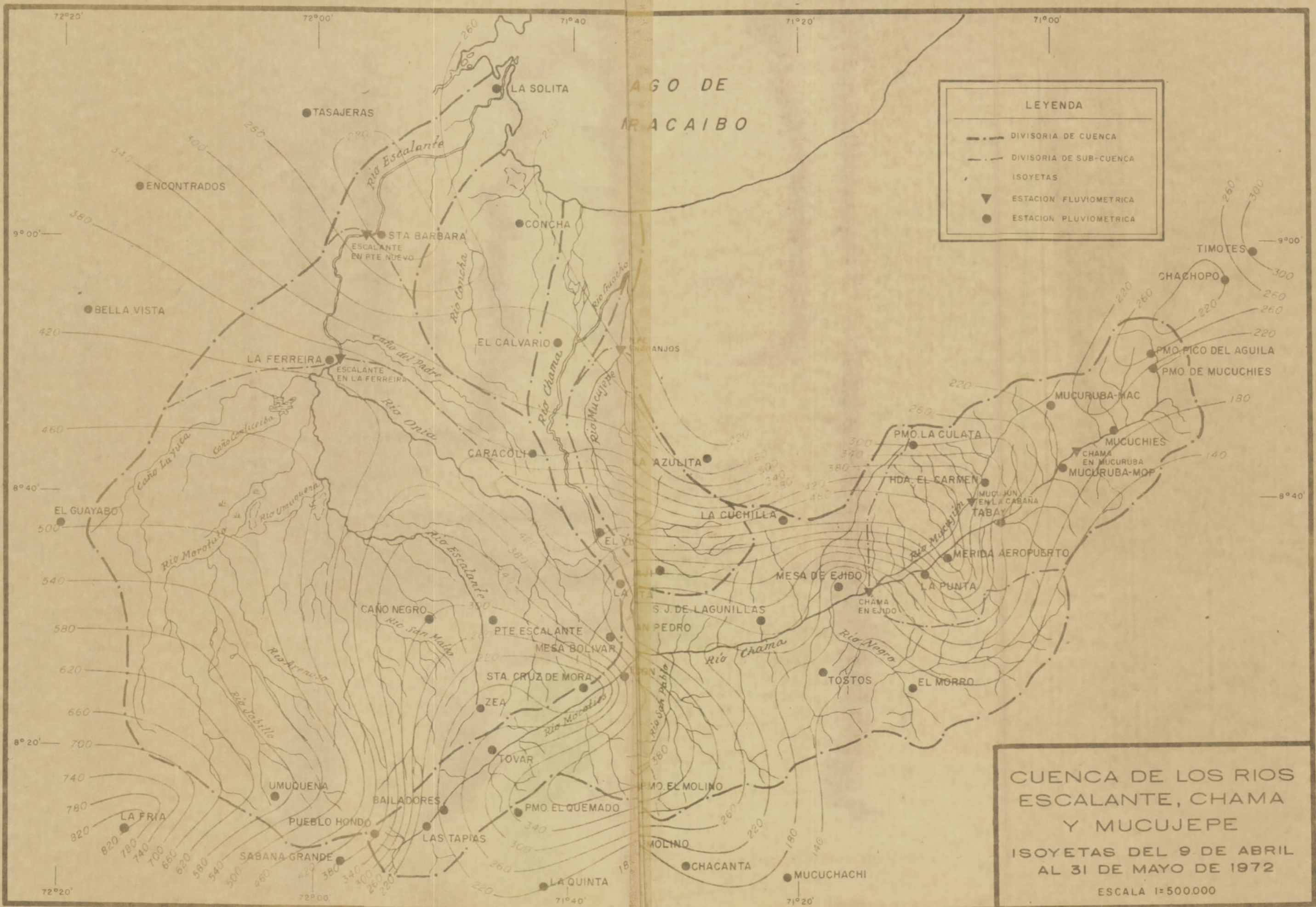
1.00 LIMITE DE INUNDACION

MANCHA INUNDACION RIOS CHAMA-MUCUJEPE

DIRECCION DE FLUJO

ESCALA: 1: 200 000

HOJA N° 2



ESTADO DE
YUCATÁN

LEYENDA

- DIVISORIA DE CUENCA
- - - DIVISORIA DE SUB-CUENCA
- ISOYETAS
- ▼ ESTACION FLUVIOMETRICA
- ESTACION PLUVIOMETRICA

**CUENCA DE LOS RIOS
ESCALANTE, CHAMA
Y MUCUJEPE**

ISOYETAS DEL 9 DE ABRIL
AL 31 DE MAYO DE 1972

ESCALA 1:500000

FACTIBILIDAD TECNICA PARA EL CONTROL DE ACARREOS DE FONDO EN EL
=====

RIO CHAMA, AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO MOCACAY.-
=====

INFORME COMPLEMENTARIO AL PRESENTADO CON FECHA 12/3/73.
=====

Comentarios a las soluciones propuestas.- Es oportuno insistir en lo que frecuentemente ocurre en la cuenca del Río Chama:

- a) deslizamientos de material detrítico del sistema montañoso Andino, que aumenta incontroladamente el volumen sólido que ingresa al cauce de los ríos y de los torrentes afluentes. Como resultado de tales deslizamientos ocurren grandes perjuicios en los valles cultivados y la interrupción de las comunicaciones terrestres;
- b) desplazamiento de fuertes volúmenes de material sólido hacia los tramos intermedio e inferior, originando la variabilidad de los cauces debido a su anastomosamiento; este proceso produce, asimismo, la socavación de las márgenes destruyendo sembradíos de pastos y de plátanos;
- c) formación de bancos de cantos rodados, gravas y arenas, que retienen las "caramas"; el ulterior desplazamiento del material más grueso es lento y las sucesivas crecientes sobrepasan los niveles de las orillas del cauce, relativamente bajas inundando extensas zonas, con deterioro y destrucción de cultivos; al descender la onda de creciente se observan fuertes acumulaciones de arena y limo en las superficies cultivadas que pueden alcanzar profundidades de medio metro y más aún.

Es natural que los inconvenientes que producen las crecientes del

Río Chama se hacen más agudos en el gran cono de deyección que se origina al trasponer el "Cañón del Chama", y en la zona de su propio delta, al llegar al Lago de Maracaibo.

En nuestro informe de fecha 12 de Marzo de 1973, se expusieron las principales soluciones estudiadas por diferentes personas y entidades con el fin de resolver el problema que acarrearán las inundaciones provocadas por el Río Chama. En el presente informe se hacen algunos comentarios al respecto y se sugieren soluciones básicas a fin de obtener la información indispensable para encarar las soluciones definitivas.

En el primer estudio de conjunto del problema se analizaron las soluciones mediante obras de represamiento y endicamiento, decidiéndose por esta última, tendiendo más a fijar las márgenes del río a fin de que sirvieran de protección a la frecuente depredación de los cultivos; no obstante el buen propósito de asegurar el normal desarrollo de las bienhechurías, el problema fluvial hubiera creado una progresiva elevación del perfil longitudinal del río, con la necesidad de sobreelevar periódicamente el coronamiento de los diques marginales, además de la mayor robustez de los mismos, para asegurar que el río desarrollado sobre niveles más elevados del cono de deyección modificado por esas obras, estuviera en peligro cada vez mayor debido a rotura de los endicamientos, con las perspectivas de fugas violentas de agua y de materiales sólidos, que buscarían nuevos cauces, los cuales se dispondrían en niveles relativamente inferiores.

Más adelante se propuso, con muy buen acuerdo, la ejecución de una

obra de represamiento del Río Chama para retener los arrastres y atenuar las ondas de crecientes; para prevenir inundaciones y se propició la ejecución del endicamiento de la margen izquierda a fin de resguardar la zona de cultivos. La solución contiene las premisas correctas para lograr la corrección del Río Chama y debe considerarse la proposición técnicamente más razonable. Lo que evidentemente puede ser objeto de consideraciones más actualizadas, es el concepto de presa de baja altura inicial para su posterior sobreelevación, siendo más conveniente el planeamiento de sucesivas presas de alturas definidas que establecerán el escalonamiento que corresponde a la futura corrección del torrente.

La proposición de embalses de retención y de endicamientos se complementó teniendo en cuenta, que la desembocadura en el Lago Maracaibo puede obstruirse periódicamente u ocasionalmente por sedimentación, lo cual puede solucionarse con modernos métodos de dragado; no hay duda que con dicho tratamiento se mejoran las condiciones de evacuación de las ondas de creciente en la zona deltaica. Si no se aminorara drásticamente el transporte sólido del río, las barras se desarrollarían nuevamente y las necesidades de dragado serían periódicas.

La desviación del Río Chama, cuando ingresa al tramo de llanura de desborde, hacia el Río Mucujepe, teniendo en cuenta que los desbordes e inundaciones marginales afectan suelos de menor calidad, origina dos grandes problemas fluviales, a saber:

- a) el de la obra de derivación en medio de un cono de deyección, lo que requeriría condiciones de diseño especiales

para la seguridad del conjunto, por cuanto se deberían distribuir adecuadamente entre los Ríos Chama y Mucujepe los gastos líquidos y sólidos;

- b) el del nuevo equilibrio de las condiciones dinámicas del transporte de gastos líquidos y sólidos en el Río Mucujepe, que serán muchísimo mayores que los que naturalmente transporta hasta el momento en que ocurra dicha desviación; para lo cual requerirá obras de corrección del Río Mucujepe de bastante importancia, que correspondería al doble endicamiento marginal del Río Chama desde el origen de la zona de desborde hacia aguas abajo.

Posteriormente surgió la idea de desviar el Río Chama al Río Mucujepe por medio del emplazamiento en la confluencia del Río Mocacay, de un dique de enrocamiento para elevar el nivel de las aguas; lo que permitiría derivarlas desde algún punto del Río Mocacay hacia el Caño Seco que es afluente del Río Mucujepe.

La desviación de las aguas del Río Chama al Río Mucujepe, mantiene el mismo tipo de inconveniente ya señalado para la proposición de endicar el Río Chama. Por otra parte, es muy digna de consideración la indicación del Profesor Tricart, acerca de la alimentación actual del acuífero que se realiza en el pie de monte cercano a El Vigía, principalmente durante las aguas altas; la desviación del Río Chama disminuiría dicha alimentación y la superficie inundable del Caño Seco no puede contribuir de la misma manera a esa alimentación. Además, a raíz de la gran creciente habida en Abril-Mayo de 1972, el Distrito Hidrológico 1 (Maracaibo) de la Dirección Ge

neral de Recursos Hidráulicos, pudo constatar obstrucciones en el cauce del Río Mucujepe que determinaron el desplazamiento de uno de sus brazos hacia el Caño Blanco, originando inundaciones de casi siete mil hectáreas y el corte de caminos vecinales.

El concepto que actualmente predomina en los estudios referentes al Río Chama, es el de retener la mayor parte de los materiales sólidos por medio de presas de aterramiento en la región de aguas abajo de la cuenca alta, especialmente aprovechando el cañón del Río Chama que se inicia aguas abajo de Estánques. En la zona baja deben efectuarse obras de protección de los suelos, que son de muy buena calidad, y que se destinan a cultivos.

Se han enunciado diversos conceptos para el tratamiento fluvial del Río Chama y del Río Mocotíes, que configuran el tramo superior así como para el que corresponde al Río Chama inferior. Ambos tramos requieren soluciones diferentes, aunque concurrentes, pues integran un conjunto que son dependientes entre sí. En consecuencia, es necesario corregir fluvialmente el gran aporte sólido de la alta cuenca mediante diques de aterramiento y resolver el escurrimiento a lo largo del cauce inferior, fijando márgenes y aminorando la frecuencia y los perjuicios de las inundaciones.

Consideraciones sobre el material de fondo.- En el informe denominado: "Anexo N° 1. Algunas apreciaciones sobre el sistema fluvial del Río Chama y del Río Concha" se señala que para el Río Chama desde su nacimiento hasta el Vigía, pueden definirse dos tramos; a saber:

A1.- Tramo torrencial paralelo a las estructuras.

A2.- Tramo torrencial transversal a las estructuras.

El tramo A1 se sub-divide en dos sub-tramos: el superior hasta Ejido y el subsiguiente hasta las inmediaciones de los caseríos de Estánques.

Para el mencionado sub-tramo superior se señala que es probable que la carga de sedimentos arrastrados de los páramos y que llegan a los cauces del Río Chama, directamente o por intermedio de las quebradas, se depositan en el propio cauce y escurren "lenta-mente río abajo con la ocurrencia de las mayores avenidas que la arrastran como material retomado". Por otra parte, en las regiones de Tabay y Mérida, con precipitaciones anuales de alrededor de mil ochocientos milímetros se favorece el desarrollo de una cubierta vegetal que limita la erosión.

En el sub-tramo inferior la actividad fluvial respecto a los arrastres de material sólido aumenta considerablemente. Pocos kilómetros arriba de Las González "el Río Chama recibe por su margen izquierda una supercarga de sedimentos que son traídos por el Río Nuestra Señora y su afluente y por el Río San José o Tostos", un cono de deyección de gravas y barro señala su ingreso al Río Chama.

Poco más adelante se agrega: "que el sector Ejido-Lagunillas-Estánques es el mayor proveedor de sedimentos de diversa granulometría al cauce del Río Chama por los consabidos efectos de la erosión difusa, concentrada y regresiva, así como también por la activa socavación, deslizamiento y derrumbe de materiales detríticos confinados en las terrazas encajonadas y conos de deyección

característicos de este tramo. De allí se deriva el hecho de que sobre un tramo de aproximadamente treinta kilómetros, el Río Chama acumula en las playas de su lecho aparente y en su canal de estiaje una gran cantidad de materiales detríticos, representados por rocas cristalinas y materiales de granulometría más fina desde arena hasta limo y arcilla".

El tramo A2 se desarrolla desde Estánques hasta el Puente de la Ruta Panamericana, según un estrecho y profundo cañón en forma de "V". En este tramo, el Río Chama recibe como principales afluentes a los Ríos Mocotíes y Mocacay.

"Las condiciones climáticas de la cuenca del Río Mocotíes y del tramo Estánques - Puente de la Ruta Panamericana del Río Chama, no son propicias para los efectos de una erosión acelerada y aporte material hacia la red fluvial".

"Es preciso señalar que la presencia de las cargas rodantes y sal tantes de este tramo, en el canal de estiaje y en el lecho aparen te del Río Chama, se relacionan directamente con la fuente real de procedencia de estos materiales, que aparentemente se sitúan en el sector Ejido-Estánques del Tramo A1 del Río Chama y con el poder de acarreo asegurado por el mayor caudal de este Río".

Posteriormente y con motivo de las grandes crecientes ocurridas en Abril-Mayo de 1972, se recorrió la región del Río Mocotíes pudiéndose observar que en Tovar y hacia aguas arriba la actividad fluvial es normal y que se acentúa aceleradamente hacia Santa Cruz de Mora, en cuyo tramo recibe importantes afluentes como el Río Mejías.

En consecuencia, el aporte de materiales sólidos más intenso de las cuencas de los Ríos Chama y Mocotíes ocurren hasta unos diez kilómetros de la confluencia de ambos. Esta circunstancia señala que para el primer intento de ubicar las primeras obras de represamiento en el estrecho y profundo cañón del Río Chama, que se inicia aguas abajo de Estánques, el análisis muy detallado del material de arrastre del Río Chama, debiera efectuarse en las inmediaciones del cruce de dicho río por la carretera que desde Chiguará se vincula con Estánques y el Puente La Victoria.

El material de arrastre en dichas posiciones, se compone de la parte que ha tenido un largo recorrido por el curso de ambos ríos y quebradas afluentes y por consiguiente, se definen como materiales bien graduados y de formas redondeadas, aún cuando se trate de clastos chatos o alargados; la otra parte de material, proveniente de las laderas y por ello, de procedencia detrítica posee formas predominantemente angulares y subangulares por el menor recorrido como material errático. Las investigaciones ya efectuadas señalan la falta o muy pequeña participación de material limoso y arcilloso, seguramente debido a su incorporación como material en suspensión desde el momento del ingreso al cauce del río o retomado de los depósitos de acumulación lateral, cuando son puestos en movimiento por el ataque de las aguas que constantemente escurren con fuerte turbulencia.

El material sólido que ingresará y se depositará en las presas de aterramiento, es el que debe desplazarse por las secciones indicadas de ambos ríos, por lo que es necesario efectuar investigaciones muy completas para proporcionar la información que requiere

el estudio fluvial.

Es necesario recoger muestras en distintas posiciones de cada sección transversal, para que la ponderación de los resultados pueda proporcionar la mejor representación de la granulometría, de la petrografía y del peso específico. Para ello debe considerarse una superficie de un metro de lado que se excava hasta treinta centímetros de profundidad, con taludes laterales de aproximadamente uno de base por uno de altura; en total cada muestra será de alrededor de quinientos kilos. Los clastos retenidos por el tamiz de tres pulgadas, se identificarán por el promedio de las medidas de tres ejes y se clasificarán por el orden sucesivamente mayor de los comprendidos entre pulgadas a partir del tamiz tres pulgadas; todo el material correspondiente al muestreo debe participar en la representación granulométrica, es decir, que no se hará selección ni separación de ningún clasto; es importante tomar como sitios de muestreo los lugares del lecho próximos al cauce de las aguas y en los que no hayan grandes rodados provenientes de las laderas que no estén íntimamente incorporados a la masa aluvial que se desplaza en forma de bancos.

Si se carece de muestras de material de arrastre representativas del que ingresará a las presas de aterramiento, será prácticamente imposible efectuar el cálculo del material que podrá ingresar en el año medio. Además, a este efecto deberá darse la siguiente información:

- a) frecuencia en días de los gastos tomados de veinte en veinte metros cúbicos (superiores a trescientos metros cúbicos por segundo, de cincuenta en cincuenta metros cúbicos) del

año promedio.

- b) pendiente media del río en el tramo de un kilómetro aguas arriba y dos kilómetros aguas abajo de la sección de muestreo.
- c) perfiles transversales del río hasta cinco metros de altura sobre el nivel de las aguas en la sección de muestreo. La sección a unos quinientos metros aguas arriba, con medición de la distancia entre ellas.
La sección a unos mil metros aguas abajo, con medición de la distancia entre ellas.

En el caso de poseerse la totalidad de la información indicada, se podrá obtener una apreciación suficientemente aproximada de la evolución paulatina del ^{de}atarquinamiento de los embalses.

Perfil longitudinal del álveo.- El Río Chama, en su desarrollo, no es un curso de agua que pueda adaptarse a las normas fluviales de un cauce que se incrementa desde su origen por la contribución de quebradas y otros ríos afluentes, que no sólo le suministran a cada tramo la sucesión de los gastos líquidos, sino también la aportación y la variación normal de la granulometría del material sólido. Los ríos que cumplen con dichas condiciones, señalan el progresivo aumento de los gastos líquidos y la representación longitudinal de las líneas granulométricas con repetidos quiebres, debidos al aporte de materiales de arrastre mayores que le proveen los ríos afluentes, siempre de mayores pendientes que el curso principal y también, al ataque de estas últimas aguas al término de los conos de deyección, que son manifestación fluvial última de las quebradas y torrenteras naturales.

En el Río Chama, como en el Río Mocotíes, existen dichas características; sin embargo, en el Río Chama se suma el aporte de material detrítico de las laderas del largo tramo entre Ejido y Estánques, como accidentes ocasionales debidos a precipitaciones, sismos, trabajos debidos a las obras públicas, que alteran las características del proceso puramente fluvial.

Por ello, en el desarrollo del perfil longitudinal, no intervienen solamente las características geométricas y fisiográficas del cauce, los gastos líquidos, el material de arrastre, con las variaciones según los tramos del río que se analicen; hay un aspecto perturbador, que es el ingreso accidental de material detrítico - deslizado de las laderas, que se acumula lateralmente y que los cauces anostomosados del río lo atacan y lo incorporan a la corriente fluvial. Se originan sobrecargas que no pueden ser transportadas con cierta continuidad y resulta entonces, que los depósitos de materiales mayores obstruyen los cauces y se crean otros menores, subdivididos, que poseen menor capacidad conjunta de transporte sólido; en este proceso se ensancha la playa del río, surcada por diversos cauces y disminuye la pendiente efectiva del mismo.

Los siguientes datos informan acerca del proceso fluvial que ocurre en el Río Chama, a saber:

a partir de la desembocadura de los Ríos
Albarregas y Montalbán hasta diez kilómetros
aguas arriba:

$$i = 0,0277$$

entre la desembocadura de los Ríos Albarregas y Montalbán y la desembocadura del

Río Las González:	$i = 0,0233$
desde la desembocadura del Río Las González hasta el Puente de la Ruta Panamericana:	$i = 0,0129$
entre el Puente de la Ruta Panamericana y la desembocadura del Río Mocotíes:	$i = 0,0182$
desde la desembocadura del Río Mocotíes hasta la desembocadura del Río Mocacay:	$i = 0,0142$

El tramo comprendido entre la desembocadura del Río Las González y la Ruta Panamericana, posee una pendiente que es casi la mitad del tramo inmediatamente aguas arriba y un treinta por ciento menor que la que le corresponde al tramo inmediatamente aguas abajo. Dichas diferencias se acentúan aún más, dado que en los tramos próximos considerados interviene la influencia del deslizamiento de las laderas entre Ejido y la desembocadura del Río Las González y desde el Puente de la Ruta Panamericana hasta Estánques; es decir, que la comparación de la pendiente media del tramo Ejido-Estánques respecto a las pendientes de los tramos próximos - aguas arriba y hacia aguas abajo, seguramente se acentuará todavía más.

Las pendientes del cañon del Río Chama, entre Estánques y El Vigía, varían hacia aguas abajo, aproximadamente del dos por ciento al trece por mil. Este es el tramo escogido para la ubicación de la primera obra de represamiento.

Consideraciones sobre las ubicaciones más adecuadas para las presas retardadoras.- La contención del material de arrastre en ambos tramos torrenciales del Río Chama, es una labor progresiva a

cargo de sucesivas generaciones, que como resultado de la gestión de cada una, permitirá el escalonamiento del perfil longitudinal del Río. El cauce profundo y estrecho se ensanchará formando valles de menor pendiente, con menor capacidad de transporte sólido y de más fina granulometría que el de las condiciones naturales actuales. Por otra parte, en los valles futuros se acumularán los materiales detríticos deslizados desde las laderas y podrán alcanzar en el porvenir, taludes más estables y el desarrollo de una cubierta de vegetación que los consolidará.

El primer lugar de emplazamiento de la presa de retención, fue indicado por el ingeniero Yunis en la confluencia de los Ríos Chama y Mocacay. Es el lugar extremo hacia aguas abajo para ubicar una presa de altura y se emplaza en una posición del Río que seguramente proveerá poco material de arrastre. Si la retención del transporte sólido se efectuara más arriba de dicho emplazamiento, la presa del proyecto Yunis podría reservarse en el futuro como lago para la regulación de las aguas que requieran los usos comunitarios en las próximas décadas.

El profesor Sherard señaló como una posición favorable, la próxima a Estánques, donde se inicia el cañón del Río Chama, que cuenta a su favor con una mayor capacidad de aterramiento por el ensanche del Río hacia aguas arriba. La solución es buena para el depósito de los aportes sólidos del Río Chama y será en algún momento el emplazamiento firme de alguna de las etapas de las obras de aterramiento del mencionado Río. El emplazamiento de la obra de retención en este sitio, no impide el desplazamiento hacia aguas abajo de los aportes sólidos del Río Mocotíes, que durante las crecientes del período Abril-Mayo de 1972 mostró importante capacidad

de arrastre.

En la reunión con el Director General de Recursos Hidráulicos en Septiembre de 1972, se propuso la ubicación de la primera presa de aterramiento en el Río Chama, aguas abajo de la desembocadura del Río Mocotíes, como una obra experimental que permitiría contener el transporte sólido de ambos ríos y efectuar la medición de los volúmenes anuales aportados por cada uno de los cursos mencionados, empleando procedimientos topográficos. Posteriormente se propuso la disposición de un dique de concreto de baja altura, aguas abajo de la confluencia de los Ríos Chama-Mocacay la cual se recomienda estudiar según se desprende del Acta de fecha 22/6/73. Este dique servirá para medir el volumen de material aportado por el Río, y así obtener datos más ciertos que permitan determinar el tipo de obra a ejecutar. En caso de que los resultados fuesen favorables a la ubicación de una retención en ese sitio, el dique construido podría ser utilizado como obra de derivación (atagüa) para la ejecución de la presa definitiva.

La solución de conjunto.- La corrección del Río Chama debe tender al mejoramiento de las condiciones de escurrimiento de los tramos de desborde e inundación y del deltaico.

Para ello es indispensable limitar el desplazamiento de los bancos aluviales que por insuficiencia de transporte, debida a la falta de energía de la corriente líquida, establece rellenos, modificaciones de cauce o ensanchamiento del álveo activo dentro del gran cono de deyección. Tales divagaciones pueden conducir a la mutación del cauce, como ha ocurrido en épocas pasadas y lo confirman documentos fehacientes.

Se ha señalado también, que los desbordes producen inundaciones de tierras en suelos de alta calidad, que son asiento de bienhechurías que quedan expuestas a reiterados perjuicios y pérdidas cuantiosas.

En consecuencia, el primer término de la solución, corresponde a la presa experimental piloto de aterramiento, que permitirá tener un concepto del volumen de los azolves y de la capacidad de retención que deberá tener la presa definitiva.

La supresión de la alimentación de las cargas de material sólido provenientes del curso superior, permitirán el transporte del material de arrastre retomado del tramo intermedio y del primer tramo de la llanura de desborde, profundizando y tendiendo a corregir paulatinamente el anostomosamiento del cauce.

La retención del material de arrastre en el vaso de la presa, determinará la formación de terrazas aluviales y por medio de su progresivo crecimiento se configurarán futuros valles.

La obra es progresiva y corresponderá proseguirla paulatinamente, por medio de escalones sucesivos del perfil longitudinal, con lo que el futuro del río torrencial, será el de rellenar su cauce natural de gran pendiente y activo proceso aluvial, transformándolo en sucesivos valles de menor pendiente, sostenidos por las respectivas presas y evolucionando hacia la disminución del desplazamiento de azolves.

Desde Estánques hacia Ejido, pueden presentarse dificultades muy serias para ubicar presas de retardación y retención, por lo que en el origen del cañón del Río Chama, en la ubicación aconsejada

por el Profesor Sherard, se tendría que construir una presa muy alta, para que su influencia abarque buena parte de ese tramo del río, de unos 30 km. de desarrollo. Habrá que analizar en el futuro, ante la probable imposibilidad señalada, la ubicación de presas de retardación y retención en afluentes importantes, como los ríos Nuestra Señora y San José o Tostos, entre otros.

De Estánques a Ejido la formación paulatina de los mencionados valles permitiría recibir lateralmente el deslizamiento de los materiales detríticos de las laderas, acumulándolo hasta formar taludes estables que la vegetación consolidará.

En correspondencia con las quebradas y torrentes afluentes, se formarán respectivos conos de deyección; la evolución de los más activos se propagará por el valle, como es habitual en los procesos naturales, o se limitará por medio de presas de retardación y retención en los ríos afluentes de mayor importancia.

El perfil longitudinal del río tenderá a profundizarse, estallándose en el cono de deyección. Es necesario evitar la divagación del cauce, para lo cual se propondrán delimitaciones marginales de defensas vivas apropiadas, que formen raíces que sean un obstáculo a la erosión marginal y simultáneamente procuren el aquietamiento de las aguas en esas inmediaciones, con depósito de materiales finos que faciliten la elevación de los bordes del río.

Los conceptos expuestos permiten vislumbrar la posibilidad de soluciones que serán de ejecución progresiva a lo largo de varias centurias; la observación del proceso proporcionará nuevos elementos de juicio que servirán para adaptar y mejorar las necesidades y exigencias de las obras sucesivas.

El plan que se propone es muy racional y abarca la solución de los aspectos fluviales de la cuenca alta y de las cuencas intermedia e inferior. No sólo tiende a preservar los suelos de alta calidad del valle inferior del Río Chama, sino que también prevé la lenta formación de sucesivos valles superiores, favoreciendo procesos de evolución natural, que reemplacen a la torrencialidad del curso actual.

Caracas, Octubre de mil novecientos setenta y tres.

SARDIMAR C.A.

Victor A. Sardi Socorro

Celestino Martínez de la Plaza.