

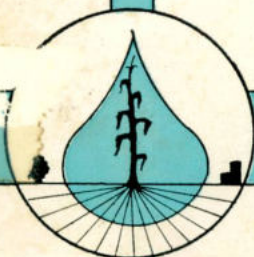


REPUBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

RESUMEN BIBLIOGRAFICO PARA LOS FINES DEL  
ESTUDIO DE LA DINAMICA FLUVIAL DE LOS  
AFLUENTES DEL RIO ESCALANTE, ZONA SUR  
DEL LAGO DE MARACAIBO

Ing° Jean Kijewski

DIRECCION DE INFORMACION BASICA  
DIVISION DE EDAFOLOGIA



Oficina Edafológica Zulia Andes

El Vigía, Noviembre 1972

RESUMEN BIBLIOGRAFICO PARA LOS FINES DEL  
ESTUDIO DE LA DINAMICA FLUVIAL DE LOS  
AFLUENTES DEL RIO ESCALANTE, ZONA SUR  
DEL LAGO DE MARACAIBO.

BIBLIOTECA PROHIDRA S.C.  
SIGNATURA: A4-38  
Nº REGISTRO 1197

Ing<sup>o</sup> Jean Kijewski

## INDICE

	Página
I <u>INTRODUCCION</u> .....	1
II <u>ANTECEDENTES</u> .....	2
A. OFICINA BIAFOLOGICA ZULIA ANDES MOP .....	2
1. Informe: "Análisis y Comentarios sobre las Etapas de desarrollo y actuales problemas de la Región Sur del Lago de Maracaibo" .....	2
2. Informe: "Problemas del Desarrollo del Sector Adyacente a la carretera Panamericana (tramo La Fría - El Vigía), Zona Sur del Lago de Maracaibo" .....	5
3. Informe: "Características Físicas de la Región Sur del Lago de Maracaibo" .....	15
4. Control del río Escalante en la zona Plana .....	17
B. ING° RAY K. LINSLEY .....	28
1. 1er. Informe: "Mitigación de inundaciones en la Zona Sur del Lago de Maracaibo" .....	28
2. 2do. Informe .....	31
C. ING° JEAN CLAUDE GRI SBACH.....	33
1. Informe: "Las Regiones Meridionales de la Cuenca del Lago de Maracaibo". COPLANARH .....	33
D. PROF. JEAN TRICART .....	45
1. Informe: "Una metodología para Estudios de Conservación y Ordenamiento de Cuencas - informes y notas técnicas" COPLANARH .....	45
2. Informe: "Integración de los Estudios de Conservación de Tierras y Aguas" .....	55
III <u>PARTE INFORMATIVA</u> .....	76
<u>INTRODUCCION</u> .....	76
A. PROF. JEAN TRICART .....	77

1.	Estudio Dinámico de la cuenca del río Escalante...	77
2.	Observaciones correspondientes a varios ríos y caños de la cuenca del río Escalante.....	87
B.	OFICINA EDAFOLOGICA ZULIA ANDES.....	118
1.	Memorandum: "Medidas preventivas para las obras de la Zona Sur del Lago de Maracaibo".....	118
C.	ING° GERARD MAIRE.....	120
1.	Esbozo de metodología para los estudios de la Dinámica Fluvial en la Cuenca del río Escalante, Zona Sur del Lago de Maracaibo".....	120
2.	Notas relativas al trabajo de campo efectuado por el Ing° G. Maire a lo largo del cauce del río Pajita.....	147
D.	PROF. J. TRICART. Interpretación de las curvas granulométricas de las muestras de arena del río Pajita.....	171
IV.	COMENTARIO FINAL.....	173
A.	CONCLUSION .....	173
B.	PERSPECTIVAS.....	175

## I - INTRODUCCION

El estudio de la Dinámica Fluvial de los ríos del piedemonte, entra como parte componente de los estudios de Ordenamiento de la Cuenca Alta y Media del río Escalante encomendados a la OEZA por la Dirección de Información Básica.

La presente publicación reúne en orden cronológico las notas técnicas, documentos de trabajo e informes relacionados con los estudios de la Dinámica Fluvial de los ríos de la cuenca del río Escalante.

El propósito guía de este compendio informativo es:

- Ordenar la información existente.
- Divulgar la metodología usada.
- Informar, presentando los resultados del avance de los estudios.

Con fines prácticos se divide esta recopilación en dos partes, la primera engloba los antecedentes y la segunda reúne la información directamente relacionada con la I Etapa del estudio recién iniciado de la Dinámica Fluvial de los ríos de la cuenca del río Escalante, siguiendo la definición del Plán Piloto elaborado por el Prof. J. Tricart, Director del Centro de Geografía Aplicada (Strasbourg) y Asesor de la Comisión Avaluadora del Proyecto de Desarrollo de la Zona Sur del Lago de Maracaibo.

## II - ANTECEDENTES

La problemática de la cuenca Alta-Media del río Escalante ha sido planteada a la Dirección de Información Básica a través de varios canales informativos.

A continuación y basándose únicamente sobre la documentación contenida en los archivos de la OEZA, se proporciona un resumen cronológico de dichos planteamientos, agrupándolos según la fuente informativa.

A. OFICINA EDAFOLOGICA ZULIA ANDES, REGION HIDROGRAFICA N° 1,  
DIRECCION DE INFORMACION BASICA, MOP.

1. Informe: "Análisis y Comentarios sobre las Etapas de Desarrollo y Actuales Problemas de la Región Sur del Lago de Maracaibo". Ing° Jean Kijewski, El Vigía, Febrero 1967.

De este informe se transcriban algunos extractos relacionados con el tema tratado:

a. Refiriéndose a la cuenca del río Escalante:

"La apertura en 1.952 de la carretera Panamericana, incrementó una violenta deforestación y siembra de pastos por ambos lados de esta vía, hasta el punto de que hacia el Sur, las talas abarcaron el piedemonte, incluyendo pendientes erosionables de más de 30°. Hacia el Norte, las deforestaciones avanzaron en un amplio frente e incluyeron parte de los terrenos del futuro embalse retardador del río Escalante, hasta unirse con los sectores explotados desde varios años".

- b. Refiriéndose a los daños causados por los ríos y quebradas en la carretera Panamericana el informe dice:

"Lo ocurrido demuestra claramente que las deforestaciones efectuadas en la parte alta de las hoyas y en el piedemonte, han incrementado rápidas y devastadoras movilizaciones de masas de agua, de escorrentía difusa y concentrada, cargada de materiales sólidos y residuos de deforestación, árboles, troncos, etc. Los efectos de las fuertes escorrentías perjudicaron no sólomente la carretera y sus obras de arte, sino también el sector en desarrollo agropecuario a partir de la Panamericana hacia el Norte.

c. Refiriéndose a los estudios, el informe destaca, que el proyecto basado sobre los estudios de la Compañía Civisán Ingenieros, ha sido orientado principalmente hacia la protección de la zona Central y Norte (Encontrados - Sta. Bárbara del Zulia), la cual en los años 1.950 - 1.954 contaba con mayor desarrollo y densidad demográfica, quedándose la zona Sur, virtualmente desprovista de información básica referente a datos hidrométricos y de sedimentación, relativos a los principales afluentes del río Escalante en su curso alto y medio.

En las Conclusiones y Recomendaciones de este Informe, se dice textualmente:

"El enfoque de los estudios y de medidas que se sugieren, está basado en el hecho de que la zona Norte suele ser afectada por las grandes inundaciones que parecen seguir un movimiento cíclico esparcido (años 1892, 1906, 1926, 1938, 1951, 1956 y 1966), por el contrario la zona Sur, con el ritmo de desarrollo que lleva, podría

ser afectada con más frecuencia por efecto de precipitaciones relativamente altas, caídas sobre una de las subcuencas.

Las sugerencias van orientadas en el sentido siguiente:

- Protección de la hoya y la del "piedemonte" de la cuenca recolectora del río Escalante y Orope, declarándolas Reserva de Protección Hidrográfica. La misma medida debe abarcar la protección de las demás cuencas a lo largo de la carretera Panamericana hasta Sabana de Mendoza.
- Incremento de los estudios geológicos, geomorfológicos hidromórficos de las mismas cuencas, orientados hacia el control del río Escalante y de sus principales tributarios, aguas arriba del paso de la Panamericana.

Los estudios no deben limitarse a los ríos principales, sino incluir además los tributarios, aparentemente insignificantes. Según las experiencias del año 1.966, algunas quebradas de hoyas pequeñas ( por Ej.: río Carira, Umuquena, Pajita, Q. Tendida y Paraíso) fueron promotores de daños desproporcionados.

La carencia de datos, imposibilita preveer cuales de los ríos podrían ser controlados, sin embargo un control, inclusive parcial, tendría efecto positivo no sólo sobre la protección del sector de la carretera Panamericana, sino también se extendería hacia la zona Central y Norte. En este sentido, la posible eliminación del Proyecto del embalse retardador sobre el Escalante Medio y de los diques marginales podría constituir un verdadero logro técnico y eco-

nómico. En efecto las 37.000 Ha. que quedarían inundadas por las aguas del embalse, ya no se encuentran en gran parte bajo selva. Además existen otros motivos que favorecen la idea de evitar el proyecto del embalse. Se trata simplemente del hecho de que la faja intermedia entre la terraza alta y el futuro embalse presenta un nivel alto de la mesa de agua, condicionada sin duda por recarga de las aguas de infiltración procedentes del cercano "piedemonte" y del brusco cambio de pendiente. En tal caso se presume que el embalse tendría un efecto retardador también sobre la escorrentía subterránea y la consiguiente subida del nivel freático se extendería hacia la faja intermedia afectando más de las 37.000 Ha. previstas.

2. Informe: "Problemas del Desarrollo del Sector Adyacente a la carretera Panamericana (tramo La Fría - El Vigía), Zona Sur del Lago de Maracaibo. Ing° J. Kijewski. El Vigía, Junio 1.970:

De este informe se transcribe más adelante algunos párrafos relacionados con los paisajes del sector cercano al piedemonte y referentes a la actuación de los cursos de agua dentro de este perímetro. Como introducción al citado extracto, se incluye a continuación parte del informe sobre el Sector marginal Sur, preparado por la OEZA (Ing° J. Kijewski. El Vigía, 9-12-1970) para la División de Planeamiento de la Dirección de Información Básica:

a. Sector Marginal Sur:

"La incorporación del sector del piedemonte a la economía de la región Sur del Lago, se inició con la construcción de la carretera Pa

namericana y ha sido violenta en todas sus fases, debido a las buenas condiciones climáticas (clima subtropical muy húmedo) y de drenaje, que favorecen el desarrollo de los pastos a pesar de la relativa pobreza de los suelos, la que debe ser contrarrestada en el futuro por medio de abonamiento (encalado) y cuidadoso manejo.

Todas las fases de la incorporación del piedemonte, han sido mediante los conucos y/o explotaciones relativamente pequeñas, que por medio de deforestaciones, siembra de pastos, abrieron camino a la fundación de grandes haciendas (compra-venta), que ahora ocupan los terrenos cercanos a la carretera Panamericana.

Actualmente la acción de los conuqueros sigue su ritmo, sin control efectivo por parte de las entidades responsables y alcanza no sólo cada vez mayores alturas y vertientes erosionables, sino que se manifiesta también en las grandes pendientes de los valles encajonados de los ríos, provocando deslizamientos y derrumbes. Esta misma actividad, ha desarrollado para sus necesidades, una red de caminos de penetración (algunos de los cuales auspiciados por entidades oficiales) que multiplican y encadenan los problemas erosivos, cuyos efectos se hacen cada vez más notables a lo ancho de la zona densamente poblada, inmediata a la carretera Panamericana.

Por carecer de estudios concluyentes, que recientemente han sido encomendados a la Oficina Edafológica Zulia Andes, ésta estima, que hasta el presente un 60% de la superficie del piedemonte ha sido deforestado y dedicado principalmente al uso pecuario. El uso ganade-

ro semi-intensivo se concentra en las últimas extensiones del piedemonte en las cercanías a la carretera Panamericana, donde se observan también algunas pequeñas siembras de yuca, maíz y cambures. El uso ganadero extensivo se propaga cada vez más al Sur, hacia la parte boscosa montañosa, donde compite con pequeñas explotaciones agrícolas en pendientes que alcanzan hasta 50°. Cabe señalar que las explotaciones fomentadas en estas condiciones son antieconómicas y carecen de posibilidad de mejora <sup>por</sup> para ser inaccesibles para el transporte.

Según la opinión de la OEZA, los límites naturales del sector, aceptables para las explotaciones ganaderas racionales, han sido ampliamente sobrepasados, con todas las consecuencias arriba citadas. Una mayor extensión de los mismos, hacia la parte montañosa y/o aprovechamiento de las escabrosas pendientes, englobadas dentro del sector de piedemonte, debe ser impedida por todos los medios al alcance, por ser antieconómica y por el desproporcionado proceso erosivo que fomenta."

Refiriéndose al sector cercano al piedemonte, el informe antes mencionado aporta la siguiente orientación:

b. Sector cercano a la carretera Panamericana:

"El actual avance de los estudios agrológicos proporciona una orientación previa sobre la actuación de estos mismos ríos en el sector Norte cercano a la ~~carretera~~ Panamericana y llama poderosamente la atención sobre el auge y alcance de los estragos sufridos en esta zo

na densamente poblada y colonizada por el IAN.

El incremento de la actuación fluvial se relaciona estrictamente con el alcance tomado por las deforestaciones ocurridas en las hoyas del piedemonte en el transcurso de las últimas décadas y se evidencia específicamente en el sector, donde la pérdida de pendiente provoca un desequilibrio en la competencia de las corrientes, que culmina con deposición de la carga, que se efectúa de acuerdo con la dinámica adoptada por cada uno de los ríos y en conformidad con las condiciones de materiales que ofrece la unidad de paisaje atravesada por ellos.

Para dar una idea sobre los problemas actuales y futuros detectados y vislumbrados en el amplio sector, que por el Sur limita con el piedemonte y por el Norte alcanza el curso del río Jabillo - río Grande, se presenta una zonificación preliminar proporcionando varios ejemplos para las situaciones típicas:

(1) Zona de los Epandajes iniciales:

Los violentos epandajes de los ríos afectan una faja de aproximadamente 5 - 7 Km. de ancho inmediata a la carretera Panamericana, sector El Vigía - La Fría. La brusca pérdida de la pendiente provoca la deposición de la carga gruesa (piedras, gravas, arenas, ensanchamiento del lecho aparente, formación de canales anastomosados y grandes velocidades que atacan las bermas y obras de arte. Esta actuación tormentosa culmina ocasionalmente con la salida de difluentes y/o explayamientos laterales.

Daños observados a lo largo de la carretera de penetración:

- Destrucción del puente sobre el caño Ratón, de la carretera del Puerto Escalante, provocado por la desviación parcial de las aguas del río Escalante.
- Destrucción del puente sobre el caño Negro, en la vía de penetración Caño Negro - Caño Azul - Panamericana.
- Destrucción de los puentes sobre dos afluentes del caño Arenoso y debilitamiento del puente sobre el mismo caño (Unidad Agropecuaria Los Andes).
- Destrucción del puente sobre el caño Grande del ramal del camino de penetración Morotuto - Río Grande.

(2) Zona de los epandajes frontales:

Los epandajes arenosos antiguos y recientes provocados por los ríos y recrudescidos por las deforestaciones, afectan la faja subsiguiente de 5 - 10 Km. de ancho. La pérdida de la pendiente provoca la deposición de la carga, colmatación de los cauces y amplios explayamientos arenosos, que con cada crecida afectan nuevos sectores. Las sedimentaciones de los cauces así como los explayamientos provocan inundaciones generalizadas por desbordes y/o salidas de una red de pequeños caños difluentes, que en busca de pendiente afectan los sectores más distantes.

Daños observados:

- Colmatación del cauce del río Onia a lo largo de 3,5 Km.

y desviación total de su corriente hacia el caño Amarillo (afluente del río Escalante).

- Repetidas destrucciones del camellón de la "carretera del Km 15" por las aguas del río Onia llevadas por el inadaptado cauce del caño Amarillo.
- Sedimentación e inundaciones que afectan directamente un sector de 1.800 Ha., marginal del caño Amarillo.
- Sobrecarga del curso alto del río Escalante (Km. 100 - 140 de la progresiva), que provoca remansos por parte de los afluentes de la margen izquierda de este río y un disturbio generalizado en la red de drenaje del sector Escalante - Onia.

(En el informe sobre las "Obras de Emergencia requeridas en los sectores Onia y Boca del río Chama". Oficina Edafológica Zulia Andes. Ing° J. Kijewski, El Vigía 1.969, se presenta una información más detallada sobre este particular).

- Explayamiento frontal del río Guaruríes (8 Km. aguas abajo del puente de la carretera Panamericana).
- Explayamiento frontal del río Pajita, que cubre aproximadamente 200 Ha. de terrenos bajo explotación y provoca interrupción del tráfico en el Km. 10 de la carretera de penetración del IAN.
- Explayamiento del río Morotuto (8 Km. río abajo de la carretera Panamericana). Este explayamiento arenoso de aproximadamente 100 Ha. de extensión, parece ser de menor gravedad que

y desviación total de su corriente hacia el caño Amarillo (afluente del río Escalante).

- Repetidas destrucciones del camellón de la "carretera del Km 15" por las aguas del río Onia llevadas por el inadaptado cauce del caño Amarillo.
- Sedimentación e inundaciones que afectan directamente un sector de 1.800 Ha., marginal del caño Amarillo.
- Sobrecarga del curso alto del río Escalante (Km. 100 - 140 de la progresiva), que provoca remansos por parte de los afluentes de la margen izquierda de este río y un disturbio generalizado en la red de drenaje del sector Escalante - Onia.

(En el informe sobre las "Obras de Emergencia requeridas en los sectores Onia y Boca del río Chama". Oficina Edafológica Zulia Andes. Ing<sup>o</sup> J. Kijewski, El Vigía 1.969, se presenta una información más detallada sobre este particular).

- Explayamiento frontal del río Guaruríes (8 Km. aguas abajo del puente de la carretera Panamericana).
- Explayamiento frontal del río Pajita, que cubre aproximadamente 200 Ha. de terrenos bajo explotación y provoca interrupción del tráfico en el Km. 10 de la carretera de penetración del IAN.
- Explayamiento del río Morotuto (8 Km. río abajo de la carretera Panamericana). Este explayamiento arenoso de aproximadamente 100 Ha. de extensión, parece ser de menor gravedad que

los anteriores, debido a la recuperación actual del cauce; sin embargo, en varios tramos río arriba se están formando depósitos de materiales, que provocan desbordes e inundaciones de la carretera de Morotuto. En esta vía, el IAN está reconstruyendo varios puentes inservibles.

(3) Zona de los desbordes y actuación deltáica de los caños (delta interna):

En esta faja de 10 Km. aproximadamente de ancho, las aguas de los derrames señalados anteriormente, escorren en busca de canalización. La esorrentía vuelve a ser parcialmente concentrada, sin embargo, al presentarse un año lluvioso, los colectores carecen de capacidad para la recolección y conducción de la lámina precipitada y de las aguas de la esorrentía concentrada provenientes de los derrames. En esta situación el drenaje de la zona carece de estabilidad y varios sectores de la misma pueden ser afectados por repetidas inundaciones.

(4) Zona de las cubetas de decantación:

Esta zona se encuentra ubicada entre el curso bajo del río Grande (Jabillo - Umuquena - Escalante) y cuenta con los caños Cucharón, Piche, Bravo y otros. Consta de una amplia cubeta de decantación de materiales finos (99.8% de fracción arcilla), afectada seriamente por la erosión tipo tatuco y periódicas inundaciones.

Según el informe "Apreciación del Potencial Edáfico en el á

rea del futuro Embalse del río Escalante Zona Sur del Lago de Maracaibo" de la Oficina Edafológica Zulia Andes, Ing<sup>s</sup>. Jean Kijewski y J. Colina, El Vigía, Enero 1970, las tierras de este sector poseen un valor potencial muy bajo para cualquier uso. El Estudio actual confirma plenamente esta opinión, clasificando estas tierras en clase P3dt (aptas para uso pecuario muy extensivo mediante altos costos de desarrollo) y en clase 6sdt (inapta para cualquier uso, debiendo permanecer bajo vegetación selvática - protectora).

c. Canalización:

La canalización de los torrentes por medio de rectificación profundización del cauce y/o protección por medio de los diques marginales, presenta varias incógnitas como son:

- Cuales son las unidades del paisaje que pueden ser atravesadas por la obra de canalización, para que ésta conserve una razonable vida útil.
- Cuál debería ser la longitud y la sección hidráulica del tramo canalizado, para que las descargas finales de los materiales no provoquen explayamientos arenosos mayores y más frecuentes que los actuales.
- Cuál efecto sobre el caudal del río Escalante tendría la canalización de sus afluentes directos e indirectos en los tres casos siguientes:
  - . disponiendo del embalse regulador en el Km. 100 de la pro -

gresiva del río (origen Lago).

- . Disponiendo del embudo - embalse regulador en el Km. 100 del río, complementado por diques marginales, varias obras de transvase de los afluentes y represa reguladora de los picos de crecientes del río Onia.
- . No disponiendo de ninguna de las dos obras anteriores.

Al carecerse todavía de suficientes opiniones facultativas, se hacen las siguientes conjeturas:

- La canalización limitada al paisaje de los epandajes iniciales , tendría una corta vida útil y provocaría mayores explayamientos arenosos frontales.
- Para prevenir mayores explayamientos de materiales arenosos la canalización debería atravesar el paisaje de los epandajes frontales y alcanzar el paisaje de las cubetas. Esta medida resultaría costosa y a la larga conduciría posiblemente a la colmatación de las cubetas que entran en la composición del proyectado embalse de El Caimán. Por otra parte la disminución de la capacidad del embalse provocaría posiblemente la extensión del mismo, mayor oleaje (peligroso para el dique) y mayor subida de los niveles de la mesa de agua en los terrenos circundantes.
- Parece indicado estudiar una variante, que radica en la canalización de los ríos a la salida del sector de desbordes hasta el inicio de las cubetas de decantación. Tal medida podría proporcionar las siguientes ventajas:

- . Saneamiento del sector de los desbordamientos donde la actividad de los particulares y del IAN se está intensificando.
- . Conservación del status quo en el sector de los explayamientos frontales que actuaría como primer amortiguador y aseguraría el depósito total de los materiales gruesos (arenosos).
- . Conservación del status quo en el sector de las cubetas (embalse - embudo), que actuaría como segundo amortiguador y aseguraría el depósito de la carga fina (arcillosa).

En conclusión y salvo que otros estudios posteriores demuestran lo contrario, se considera que la canalización de los ríos y torrentes, debe estudiarse a fondo para que no resulte poco funcional y posiblemente contraindicada".

#### d. Recuperación y Conservación de las Cuencas Altas:

"En este aspecto es preciso constar que el gran auge en la indiscriminada deforestación del piedemonte, tiene una visible repercusión sobre mayores y más rápidas concentraciones de la escorrentía difusa y sobre los procesos erosivos, dentro y fuera de los cauces, provocando violentas movilizaciones de agua y sedimentos. Esta situación se agrava anualmente y puede incrementarse catastróficamente a la ocurrencia de unas oscilaciones climáticas drásticas (ciclos de años húmedos y secos) que ya fueron registradas en la zona.

Se considera que frente al exorbitante costo que implicaría la reivindicación para la conservación de los terrenos ya incorporados al uso, es preciso aceptar el status quo existente, pero impedir con

todos los medios al alcance una mayor extensión de las deforestaciones. La medida de delimitar la zona de las cuencas, declarándolas Zonas de Protección y hasta cercarlas y dejarlas bajo el cuidado de la Guardia Nacional, parece costosa, sin embargo sería una forma funcional y que evitaría a lo largo, daños e inversiones mayores.

3. Informe: "Características Físicas de la Región del Lago de Maracaibo". Ing<sup>o</sup>. P. Stagno, J. Abi-Saab S. y J. Kijewski. El Vigía, octubre de 1970.

De este informe se transcribe el párrafo relativo a las características físicas del Sector de actuación de los ríos de piedemonte:

"El sector presenta una gran extensión de aproximadamente 120.000 Ha., formada por sedimentación de los pequeños ríos de piedemonte. Se extiende desde el río Onia al Este hasta el río Grita al Oeste, aproximadamente la carretera Panamericana al Sur y el río Grande al Norte; está comprendida entre cotas 70 - 90 m. y 10 - 20 m. con pendientes desde  $20^{\circ}/^{\circ}$  hasta  $0,5^{\circ}/^{\circ}$ .

Es una zona, que desde el punto de vista geomorfológico puede tener varias subdivisiones, así por ejemplo de Sur a Norte, en cuanto al aspecto sedimentológico, pueden establecerse tres fajas donde los ríos han actuado diferente. Una primera faja, la más cercana al piedemonte con cotas desde 70 - 90 m. hasta 30 - 40 m. y pendientes  $20^{\circ}/^{\circ}$  hasta  $5^{\circ}/^{\circ}$ , ésta ha sido rellenada por una napa de epandajes coalescentes con dominancia de texturas mezcladas (Fa y FAa). El último trecho de esta faja de epandajes está constituido por una zona de gran inestabili-

dad de los cursos de agua, que sedimentaron frecuentemente sus lechos y desbordan inundando la zona.

Una segunda faja con cotas desde 30 - 40 hasta 20 m. y pendientes de  $5^{\circ}/^{\circ}$  hasta  $2^{\circ}/^{\circ}$  está constituida por un sistema de desborde. Los ríos vuelven a excavar su cauce y durante las crecidas tienen una dinámica de desbordamiento y establecen 3 posiciones geomorfológicas con topografía poco contrastada: diques colmatados, napas de desbordes y cubetas de desbordes.

La tercera faja con cotas 20 a 10 m. y pendientes menores de  $2^{\circ}/^{\circ}$  está ocupada por grandes cubetas de decantación y una baja proporción de diques colmatados.

Cabe destacar, que la parte Oeste de este sector entre el río Jabillos y Orope, está constituida por una superficie más antigua (probablemente t1), debido posiblemente al menor hundimiento de esta zona y que por lo tanto quedó protegida de los nuevos aportes sedimentarios."

Este mismo informe en la parte dedicada al Balance Hídrico o más específicamente a la infiltración se pronuncia como sigue:

" La primera faja, vecina al piedemonte y paralela a la carretera Panamericana desde El Vigía hasta La Fría, tiene un ancho variable entre 5 Km. al Este y 15 Km. al extremo W. y estando compuesta de depósitos de epandajes de dominancia arenosa y localmente granzonosa, no tendría problemas para infiltración, sin embargo, este es un sector con exceso de agua. Una explicación sería que por los aportes alógenos del piedemonte, le llegan a este sector grandes volúmenes de agua, parte

en forma superficial y otra por infiltración lateral. Debido a la pendiente todavía importante, este exceso de agua es fácilmente evacuable y por lo tanto el drenaje se resolvería con costos relativamente bajos. Sin embargo, es de notar que la parte más baja de esta faja presenta graves problemas porque los ríos de piedemonte pierden su curso derramando su aporte sólido y causando inundaciones periódicas.

La pequeña zona comprendida entre los ríos Escalante y Jabillos que se limita al Sur con la faja de epandajes y por el Norte limitada por el caño Morotuto y río Grande, posee un fuerte predominio de cubetas arcillosas que impiden toda infiltración. Esto asociado a la precipitación de la zona, al agua de escurrimiento, así como también a la de inundaciones de los ríos de piedemonte y a los aportes subterráneos (agua artésiana), constituye la zona más problemática en cuanto a un fuerte exceso en su balance, difícilmente evacuado por el río Escalante.

4. "Control del río Escalante en la zona plana". Ing° J. Kijewski, El Vigía, 1970.

Este informe preparado a solicitud de la Oficina de Inspección Obras Control de Inundaciones y Drenaje Zona Sur del Lago de Maracaibo, trata sobre el caso del abandono por el río Escalante de su cauce natural en el tramo medio - alto e inundaciones provocadas por las avenidas de este río en el sector de los caños Ratón y Nutria.

a. " La desviación del caudal del río Escalante hacia el caño Ratón, ocurrió al pie del mismo en las últimas expresiones del antiguo cono de este río, que en la panorámica general del piedemonte ocupa una

situación predominante y avanzada dentro de la planicie de desborde.

El brusco cambio de la pendiente ( $13^{\circ}/^{\circ}$  a  $3^{\circ}/^{\circ}$ ) provoca que en lugar señalado se está acumulando el restante del exceso de la carga saltante y rodante (piedras y gravas) acarreada por el río. La obstrucción del cauce, induce al río Escalante a actuar por medio de difluentes, según lo dicta la pendiente y la orientación de los antiguos ejes de epandajes contruídos por materiales gruesos.

Se considera que la canalización del río Escalante iniciada en este lugar tendría una corta vida útil, esta misma conclusión es extensiva a los difluentes emisarios de este río (caños Ratón y Nutria), los cuales al arrancar del mismo sitio actúan bajo las mismas condiciones de dinámica fluvial.

b. La actuación del río y/o de sus difluentes emisarios, a medida que se internan a través de la planicie de desborde, sigue caracterizándose por una gran inestabilidad de los cauces, que bajo el régimen de exceso de carga (arenas, limos) se colmatan, provocándose explayamientos frontales y desbordes. Más al Norte, las aguas desparramadas logran un cierto encauzamiento y entalle, que les permite canalizarse hacia el curso medio del río Escalante.

c. La situación creada seguirá incrementándose a medida que las deforestaciones avanzan en el sector montañoso, de tal modo que en las condiciones actuales, para la zona plana no se vislumbra una solución inmediata.

En este sentido parece indicado adelantar las siguientes alternativas

vas:

- Sin intervención de la técnica, los epandajes granzonosos, explayamientos arenosos e inundaciones seguirán sucediéndose e incrementándose rápidamente.
- Con intervención de la técnica en la zona plana (canalizaciones, rectificaciones, defensas marginales, etc.), el problema tendrá tendencia a desplazarse más hacia el Norte y en sus efectos podrá a la larga afectar la capacidad de los colectores secundarios y del colector principal (río Escalante) en su curso medio bajo.

En el informe "Problemas del Desarrollo del Sector adyacente a la carretera Panamericana" (Pto. II B.), la OEZA plantea la conveniencia de estudiar una variante parcial, que consiste en la canalización de los ríos del piedemonte únicamente a través de un corto tramo que se iniciaría a la salida del sector de los explayamientos y terminaría antes de alcanzar el sector del inicio del área de cubetas de decantación, próxima al curso medio del río Escalante.

- Control del río Escalante en la hoya alta:

Según el informe "Reconocimiento de los ríos comprendidos entre el tramo La Fría - El Vigía de la carretera Panamericana", División de Planeamiento, DOH, Ing° R. Dávila, 1963, se ha localizado en el curso alto del río Escalante dos sitios posibles para la presa de control de picos de creciente.

- a. El primero de estos sitios elegidos por la compañía Civisan Ing<sup>o</sup>. C. A., no cumple, según parece, con los requisitos de control de las crecidas, debido a lo reducido de la cuenca controlable.
- b. El segundo sitio, localizado 1.000 m. aguas arriba de la carretera Panamericana, controlaría el área de 150 Km. de la hoya alta (162 Km<sup>2</sup>, según el "Estudio Hidrológico Preliminar de la Zona Sur del Lago" División de Hidrología, DOH, 1970) y con una presa de 40m. de altura podría asegurar el control de los picos de crecientes para un período de retorno de 25 años (vida útil estimada de 100 años). Evitando intromisiones en los problemas que no son de incumbencia de la OEZA, parece indicado limitarse a las siguientes observaciones:
- c. Tomando como ejemplo dos ríos de gran interés para el caso en consideración, como son los ríos Onia y Escalante, existen aparentemente discrepancias en los datos contenidos en algunos de los informes disponibles: ("Reconocimiento de los ríos comprendidos en el tramo La Fría - El Vigía, Edos. Táchira y Mérida" División de Planeamiento, DOH, Ing<sup>o</sup> J.R. Dávila, 1968 y "Estudio Hidrológico Preliminar de la Zona Sur del Lago de Maracaibo" División de Hidrología, Ing<sup>o</sup> A. Flores E., 1970). En el cuadro siguiente, se destacan esas discrepancias.

Río Onia Sitio de Presa

Informe	Area drenada en Km <sup>2</sup>	Picos de creciente estima- dos (frecuencia 25 años).
Reconocimiento (División de Pla- neamiento).	291	957 m <sup>3</sup> /seg.
Est. Preliminar (Div. Hidrología)	273	212 m <sup>3</sup> /seg.
Estudio Hidrológico Zona Sur del Lago. (Div. de Hidrología)	303	216 m <sup>3</sup> /seg.

Río Escalante (en Escalante - sitio de Presa)

Reconocimiento (División de Pla- neamiento).	150	857 m <sup>3</sup> /seg.
Est. Preliminar (Div. Hidrología)	163	148 m <sup>3</sup> /seg.

Basándose únicamente sobre los datos de la División de Hidrología, que por la categoría misma del tipo de estudio deben ser más exactos, parece que las apreciaciones de los picos de crecientes del río Escalante pueden resultar posiblemente exagerados, comparándolos con los del río Onia. El cálculo comparativo de las superficies drenadas y de los picos de crecientes estimados para los dos ríos, para una frecuencia de 25 años, demuestra una relación de 0,776 m<sup>3</sup>/seg.

de aporte por Km<sup>2</sup> de cuenca del río Onia (0,712 m<sup>3</sup>/seg. para la cuenca de 303 Km<sup>2</sup>) y 0,907 m<sup>3</sup>/seg. por Km<sup>2</sup> de la cuenca del río Escalante.

Esta diferencia proviene sin duda del "ajuste de lluvia por área", que para el río Escalante ha sido calculada en 79% y para el río Onia 64% y de otros parámetros tales como áreas impermeables, etc.

En este aspecto es preciso hacer recalcar lo siguiente:

- (1) El "ajuste de lluvias" se presenta ocasionalmente dudoso en el caso de influencias orográficas, donde algunas de las estaciones meteorológicas analizadas se sitúan en valles intermontanos (micro-clima).
- (2) Ambas cuencas presentan condiciones que favorecen el escurrimiento; sin embargo existen marcadas diferencias en el aspecto de la dinámica de este fenómeno y sus efectos.

Con objeto de aclarar las características hidráulicas de estas dos cuencas, se presenta a continuación un breve recuento del aspecto petrográfico de las mismas:

#### Río Onia:

La cuenca del río Onia, está constituida por colinas severamente erosionadas, pertenecientes a las formaciones poco permeables del Mioceno y Mio-Plioceno (formaciones Palmar, Isnotú y Betijoque, respectivamente).

Las condiciones petrográficas y el dismantelamiento de las arcillas por la erosión activada por la acción antrópica reciente, favorecen el es-

currimiento acelerado de la carga líquida y sólida (materiales de granulometría fina y media, arcillas, limos y arenas).

Composición tentativa de la cuenca del río Onia

Formación	Superficie ocupada en la cuenca (%)	Fracción petrográfica predominante
Isnotú	25	Arcillas
Palmar	15	Lutitas, arcillas areniscas intercaladas.
Betijoque	15	Conglomerados macizos limolita - arenisca - arcilla
Rocas metamorf. ígneas.	10	
Granitos	10	
Carbonera	7	Arcilitas
León	4	Lutitas
Colón	44	Lutitas
Sabaneta	4	Areniscas, cuarcitas duras y lutitas
Mito Juan	2	Lutitas
Otros	44	Principalmente calizas y areniscas

Río Escalante:

En la composición de la cuenca alta del río Escalante, entran materiales metamórficos de la Formación Mucuchachí, granitos del núcleo cristalino (Cámbrico - Devónico) y las arenas y gravas del cono de este mismo río, pertenecientes a la Formación Carvajal. Estos últimos se carac-

terizan por el predominio de la fracción gruesa, procedente de la desitegración de las areniscas, cuarcitas, granitos, gneis y esquistos. Los procesos pedogenéticos han provocado una cierta migración de la arcilla (horizonte argílico) e impermeabilización parcial del sub-suelo, lo que a su vez favorece la esorrentía y formación de cárcavas. El grado de la alteración de la superficie del cono, determina que parte de las aguas precipitadas escurran rápidamente por medio del entalle de las cárcavas directamente hacia la zona plana, parte se infiltra y escurre por vía sub-superficial y el resto penetra en lechos profundos y en forma de carga infiltrada y alimenta los altos niveles de la mesa de agua de la planicie de desborde.

El cuadro que se incluye a continuación, sirve de índice para demostrar que en la cuenca alta del río Escalante existe el predominio de materiales, que por su composición y/o estructuración (fracturas), favorecen la infiltración y reducen la esorrentía difusa y concentrada hacia el cauce del río.

Este mismo cuadro proporciona una idea sobre la granulometría de los materiales de la hoya, que invaden el cauce y se expanden en la zona plana al pie del cono del río Escalante.

Composición tentativa de la Cuenca del río Escalante

Formación	Superficie ocupada en la cuenca (%)	Fracción petrográfica predominante.
Mucuchachí	37	Filitas y cuarzo
Granito (núcleo cristalino)	18	
Carvajal (Quatern.)	19	Gravas arenas
Mito Juán	5	Lutitas
Sabaneta	3	Areniscas, cuarcitas duras y lutitas.
Palmar	3	Lutitas, arcillas areniscas in <sub>ter</sub> estratificadas.
Aguardiente	3	Areniscas duras
Isnotú	3	Arcillas
Mirador	3	Areniscas
Capacho	2	Calizas y lutitas
Colón	1	Lutitas
Apón	1	Calizas duras
León	1	Lutitas
La Luna	1	Calizas y lutitas

Resumen - Conclusiones:

Lo expresado en este informe se resume a continuación:

- a. El aporte líquido de la cuenca alta del río Escalante, posiblemente ha sido sobre estimado y en proporción puede resultar igual o menor

que el estimado para el río Onia. Lo dicho es toda vez más probable que en el transcurso de 8 años de observaciones esporádicas de este río en el sitio del puente de la carretera Panamericana, no se hayan observado crecidas de gran magnitud.

b. Existe una gran diferencia granulométrica y en volúmenes relativos entre los aportes sólidos de los ríos Escalante y Onia.

c. En el supuesto caso de que las ideas expresadas resulten ciertas, es preciso hacer recalcar lo siguiente:

- (1) Según lo dicho en el principio de este informe, la rectificación del curso medio alto del río Escalante a través de la planicie de desborde, utilizando cualquiera de los cauces (como son: cauce abandonado del propio río, caño Ratón y caño Nutrias), puede resultar poco aconsejable, debido a la corta vida útil de la obra, cuantiosos gastos de mantenimiento y problemas que puedan fomentarse en el curso medio y medio bajo de este gran colector.
- (2) El control de los picos de crecientes del río Escalante, mediante presa ubicada río arriba del puente sobre la carretera Panamericana, podría resultar de una vida útil muy corta debido a la carga sólida movilizadora por el río.
- (3) Refiriéndonos a lo dicho sobre el alto potencial productivo de algunos suelos confinados entre el río Escalante y el caño Ratón, es de interés iniciar estudios relacionados con la recuperación de los mismos.

- Recomendaciones:

Se expresan las siguientes sugerencias:

- a. Estudio de la posibilidad del control de la carga líquida y sólida, río arriba de la carretera Panamericana mediante presa de control de picos de crecientes o de la carga sólida mediante presas - rastrillo escalonadas.
- b. Estudio de los efectos que tendría este control sobre la vida útil de algunas obras (espolones, tetrapoides y rectificaciones del cauce respectivamente) que podrían ser iniciadas posteriormente al pie del cono del río y a través de los sectores preelegidos de la planicie de desborde.
- c. Parece apremiante dotar ambos ríos de estaciones de aforos e instalar estaciones pluviográficas en sitios estratégicos de las cuencas."

## B. ING° RAY K. LINSLEY

1. 1er. informe: "Mitigación de Inundaciones en la Zona Sur del Lago de Maracaibo". 9 Enero 1.971.

Se transcribe de este informe, dos extractos relacionados con el tema tratado.

- a. En la breve descripción de la Zona Sur del Lago, el autor dice lo siguiente:

" El curso superior o cabecera del río Escalante se encuentra en las estribaciones de Los Andes; aquí la erosión es menos rápida y las ratas de flujo relativamente menores que las del río Chama y del río Zulia. Ninguno de los tributarios en la cabecera del Escalante es capaz individualmente de mover su carga de sedimentos a través de la llanura costera. En lugar de ello, los sedimentos se depositan en una franja que se encuentra justamente al Norte de la carretera Panamericana. Estos sedimentos son bastante permeables. De aquí que estos ríos simplemente desaparezcan en el interior de estos sedimentos, excepto posiblemente durante la ocurrencia de crecientes extraordinarias. El curso principal del río Escalante está alimentado en gran parte por la infiltración del agua subterránea, que se encuentra a poca profundidad, procedente de estos depósitos permeables, por lo tanto, transporta una cantidad de sedimentos relativamente pequeña y está extendiendo su delta hacia el lago, más lentamente que el Chama o que el Zulia - Catatumbo. Como el cauce del Escalante se encuentra a menor cota que la de los ríos Zulia y Chama, ha capturado a

casi todos los cursos de agua tributarios que están entre dos grandes ríos y se ha transformado, en efecto, en el drenaje natural de la zona ".

- b. En la parte del informe titulada "Filosofía para el Desarrollo de la Zona Sur del Lago" , el autor refiriéndose al Control de la Erosión en la Zona Alta hace el siguiente comentario:

" Los procesos de cambio geomorfológico en la zona se retardan hasta el punto en que se reduce la erosión. De aquí que la reducción de la erosión tanto como sea posible es un paso importante en el logro del control de estos procesos.

Como no pude echarle un vistazo a las zonas altas durante mi inspección, es difícil sugerir métodos específicos de control. Sin embargo, está claro que el uso de este terreno debería restringirse y se debería disuadir los intentos de deforestación. Puede ser deseable más tarde una reforestación".

Desarrollando esta idea y refiriéndose a la interceptación de los tributarios del río Escalante, el Dr. R. K. Linsley comenta:

" El curso superior del Escalante está formado por muchos afluentes como son: río Jabillo, La Pluma, Umuquena, Arenoso, Morotuto , Pajita, San Mateo, Guarurías y Onia. Después de pasar por debajo de la carretera Panamericana estos ríos fluyen, corren unos cuantos kilómetros cuesta abajo y desaparecen entre los sedimentos gruesos de los conos aluviales que se yuxtaponen y que han depositado los ríos. Esta agua se debe mover cuesta abajo como agua subterránea de po-

ca profundidad hasta que es interceptada por el río Escalante o por los pantanos que se encuentran a lo largo del río Morotuto. Debido a esta infiltración, aparece una condición de nivel freático elevado en la mayor parte de la porción occidental de la zona.

Para reducir este problema de drenaje, se ha sugerido que se construya un canal de intercepción que recoja el caudal de estos ríos y los conduzca hacia el río Escalante, antes de que las aguas penetren en el suelo. En vista de la permeabilidad de este aluvión grueso, sería difícil construir un interceptor efectivo, es decir, uno que no pierda su caudal por filtración.

El revestimiento para controlar la filtración de tal zanja sería bastante costoso a menos que se pudiera encontrar localmente una arcilla conveniente.

Sin embargo es de mayor importancia el hecho de que este caudal subsuperficial sea un factor significativo en la mitigación de las inundaciones. El suelo de esta "zona filtración" constituye un embalse grande que almacena el caudal de los tributarios y que lo libera con relativa lentitud en el río Escalante. Si estos caudales se llevaran directamente hacia el río Escalante sin el beneficio de este almacén subsuperficial, se aumentaría mucho el caudal de las inundaciones en la parte baja del Escalante. No puedo estimar el efecto de este almacenamiento, pero creo seguro que es bastante grande. Le he esbozado al Dr. Flores el método de usar la simulación para dar una estimación de la reducción de las inundaciones causadas por la filtración

y por el almacenamiento subsuperficial. No se debe hacer ningún intento de eliminar la infiltración de estos ríos en el subsuelo, hasta que no se hayan tomado las precauciones necesarias para salvar un aumento del gasto pico. En la actualidad la zona de filtración debe ser utilizada para el cultivo de pastos."

2. 2do. informe de fecha septiembre 1971.

Refiriéndose a la cuenca inferior del río Escalante, el autor comenta:

" Un problema que es obvio en el sector superior del Escalante es la erosión acelerada. Nosotros visitamos un área donde el río Pajita ha depositado en los últimos años varios centímetros de arena fina sobre un área de muchas hectáreas. El flujo del río se dispersa ampliamente sobre este nuevo "cono aluvial". Hasta el punto de donde fuimos capaces de llegar, la carretera ha sido tomada por el río como un canal distributario y algunos fundos fueron inundados y abandonados.

Los tributarios del Escalante han ido erodando y moviendo aguas abajo viejos depósitos glaciales. Estos materiales son predominantemente gravas y tienden a depositarse en los cauces de donde son movidos suavemente aguas abajo. Una explicación posible de los problemas recientes es, que una nueva fuente de finos sedimentos ha sido disponible por la deforestación y uso agrícola de las laderas de montañas al Sur de la carretera Panamericana.

No solamente esto proporciona sedimentos finos, los cuales son depositados aguas abajo, sino que debe ciertamente incrementar el escurrimiento aumentando así el problema de inundación. Esta hipótesis puede

ser probada siguiéndole la pista (trazado) a los depósitos de nuevos sedimentos tal y como se ha presentado en el río Pajita. Esas laderas inclinadas son lo peor como tierras de cultivos (por lo mejor que fueron) y el maíz, el cual es el cultivo usual, no ofrece ninguna protección a la erosión. Hasta que las deforestaciones recientes sean paradas y las tierras actualmente ya deforestadas retornen a una cobertura de protección, el desarrollo del sector Norte (Sur ?) del Escalante <sup>al norte de la carretera</sup> es probablemente imposible excepto para pequeñas áreas cercanas a la carretera y entre los tributarios donde existe una razonable seguridad de no inundación. Creo que la prioridad máxima debería ser dirigida hacia el problema de parar la deforestación de las laderas inclinadas y replantar las pendientes deforestadas para cubrirlas con una protección apropiada. Durante nuestra visita al área de Mocacay, fueron observados tractores (buldozers) pertenecientes al IAN, construyendo vías de penetración en estas áreas de gran inclinación. Es completamente posible que las vías de penetración sean una fuente significativa de sedimentos. Si no es posible parar esta agricultura, un cambio de cultivo el cual ofrezca más protección contra la erosión que el maíz, reduciría al menos el transporte de suelo.

Yo reconozco que es difícil cortar una agricultura tradicional. A medida que la población aumenta, prácticas que una vez fueron tolerables se transforman en incientemente destructivas. Si los campesinos fueron reubicados en áreas de una o dos hectáreas de buenas tierras, ellos probablemente estarían mejor fuera de sus laderas, aunque deben encontrar menos placer que en sus sitios de montañas".

En el capítulo del informe, dedicado a los estudios adicionales, el Dr. R. K. Linsley recomienda instalaciones de mediciones de flujo y de sedimentos en los tributarios del río Escalante e instalación de 3 - 5 estaciones pluviométricas en la parte Oeste y Sur de la cuenca del río.

### C. ING° JEAN CLAUDE GRIESBACH

#### 1. Informe: "Las Regiones Meridionales de la Cuenca del Lago de Maracai bo. COPLANARH".

De este trabajo se recopila el texto referente a la faja aluvial, que se extiende en prolongación del piedemonte andino y la parte correspondiente a las conclusiones, donde el Autor expone de un modo muy claro todos los elementos del problema y las bases de una política de saneamiento, orientada hacia las cuencas altas y medias.

a. "La faja aluvial de transición que se extiende en prolongación del piedemonte andino.

Entre el río La Grita y los sistemas de los ríos Onia y Chama, tiene un ancho promedio constante de unos 7 a 8 Km. Los procesos morfodinámicos de estas unidades son comparables a los de la faja aluvial del borde Sureste del Lago, pero sus efectos y sus zonas de influencia son mucho menores debido a la lejanía de los niveles de base, lo que dá más espacio al desparramado de las aguas y de los sedimentos.

La gran porosidad y permeabilidad de las formaciones del extremo límite inferior del piedemonte (conos - terrazas y terrazas TII ),

favorece la infiltración de una gran proporción de las aguas de la mayoría de los ríos, de los cuales un gran número se pierden en forma de pequeños abanicos o de epandajes frontales, depositando sus sedimentos de manera masiva en distancias muy cortas.

Los cursos de mayor caudal, logran concentrar nuevamente sus aguas al entrar en sectores con substratos menos permeables. Sin embargo, los cauces menores quedan poco calibrados y entallados. Lo que mantiene una gran frecuencia de desbordamientos, epandajes laterales y longitudinales.

Las unidades consideradas, se caracterizan por la extensión de las terrazas o aluviones TII de los principales ríos (Lobatera, La Grita , Morotuto y Escalante): los sedimentos son bastante lavados y local - mente muestran estratos arenosos o gravosos a profundidades variables; los niveles freáticos se sitúan a una profundidad promedio de 80 cm. Estas zonas de transición sufren poco de sobresaturación de aguas en sus suelos.

Una limitación severa podría provenir de los microrelieves marcados y bastante generalizados en forma de zanjas y de erosión de tipo "zuro".

- b. En las conclusiones, el Autor hace un corto recuento de los factores básicos, que explican la problemática de la región y se pronuncia sobre los efectos de las medidas que se imponen y la localización de las mismas:

" El presente estudio geomorfológico preliminar de la parte Sur del La

go de Maracaibo, destinado a servir de base y de soporte analítico para la evolución de las tierras aprovechables y de sus posibilidades de uso, define, de manera general, las características del medio y todos los procesos que contribuyeron a su génesis.

Considerando la suma de estos aspectos y elementos del medio natural con una visión más general y de conjunto, se destacan los factores básicos que por sí solos pueden explicar y definir, a escala de toda la región, los problemas y las limitaciones al aprovechamiento sistemático del medio.

La evolución geológica reciente, fijó un cuadro de yuxtaposición estrecha entre grandes conjuntos de fuerte y violenta orogénesis (Cordillera de Los Andes - Sierra de Perijá) e importantes fosas de hundimiento en conexión directa con el mar.

La estructura y la configuración general y actual del medio, consecuencia de esta evolución geológica, consiste en amplias depresiones aluviales, rodeadas por relieves continuos de gran altura, las que constituyen importantes áreas de concentración y de acumulación de aguas y de sedimentos.

Las condiciones climáticas generales proveen grandes volúmenes de agua tanto por precipitaciones y escurrimientos locales, como por aportes alógenos.

Son estos factores básicos los que condicionan toda la dinámica y la morfogénesis de la región natural:

Los tramos montañosos de las redes hidrográficas no tienen sus per

Esta sobresaturación generalizada, a mayor o menor grado, según los sectores considerados, es la consecuencia de dos tipos principales de situación y de efectos:

El potencial y la permanencia de volúmenes de agua muy excesivos en las grandes planicies aluviales.

La deficiencia, insuficiencia y sobrecarga de las formas y procesos de evacuación de los volúmenes de agua.

En las extensas zonas aluviales de los sistemas CATATUMBO, ZULIA Y ESCALANTE, la sobresaturación es el hecho de la presencia y de la permanencia de volúmenes absolutos de agua muy excesivos en relación con la capacidad de recepción, de absorción y de evacuación mínima del medio, pese a la existencia de salidas naturales numerosas e importantes hacia el nivel de base.

En las fajas marginales de los medios de Piedemonte y más especialmente la zona aluvial de transición entre las unidades preandinas y el lago, la presaturación o el mal drenaje de los suelos, no se deben tanto a los volúmenes de agua excesivos en relación con las superficies drenadas, sino mucho más efecto indirecto producido por las sedimentaciones excesivas las que rellenan los cauces, drenes y salidas naturales y provocan, por el bloqueo, el anegamiento de apreciables superficies de terreno.

En ambos casos la causa principal y determinante de estos problemas, el agua a través de sus manifestaciones dinámicas generales de escurrimiento, sus respectivas consecuencias y por su importancia en

volúmenes absolutos.

Reconociendo este hecho como el elemento básico y fijo y considerando las características físicas generales de los medios naturales tal como han sido utilizados y definidos en el presente informe, se pueden definir desde el punto de vista geomorfológico, las grandes líneas de cualquier programa que pudiera emprenderse con relación al aprovechamiento y al mejoramiento de las tierras.

De todos los elementos del problema, las características topográficas generales y los volúmenes de agua existentes tienen que ser considerados como definitivos, e incambiables; por consiguiente, todas las medidas básicas de saneamiento a gran escala tendrán que planearse y tomarse en previsión, no tanto de adaptar el medio físico de acumulación a los volúmenes de agua existentes, sino de actuar sobre el origen mismo del problema, es decir, acondicionar mejor los procesos dinámicos de estas aguas de acuerdo al cuadro físico.

Tales medidas aplicadas esencialmente a la altura de las cuencas altas de concentración y de evacuación de las aguas de superficie, podrán tener un doble efecto de atenuación y de regulación en los volúmenes de agua escurridos, así como en el arrastre, transporte y sedimentación de las cargas sólidas; estas mismas medidas podrán muy difícilmente aplicarse a las grandes áreas aluviales cuya dinámica y morfogénesis ya no se encuentran directamente condicionadas por las particularidades de sus cuencas altas (planicies aluviales y ciénagas de los ríos Catatumbo, Tarra y Zulia).

Consecuentemente, la óptica de los diagnósticos y recomendaciones generales cambiará según las regiones afectadas que se consideran:

- (1) En las fajas aluviales marginales al piedemonte andino y más específicamente en los sistemas de los ríos Onia, Chama, Capaz y Tucaní, toda política de saneamiento tendrá que iniciarse preferencialmente y con absoluta prioridad en las cuencas altas y medias, consideradas como zonas de recolección, de concentración y de evacuación de las aguas de los principales sistemas hidrográficos y cuyas particularidades condicionan fuertemente la morfodinámica de las zonas situadas aguas abajo.

Para tal propósito será necesario realizar estudios especializados y detallados previos a toda medida práctica; estas investigaciones tendrán que aplicarse básicamente y específicamente a los siguientes aspectos de las hoyas hidrográficas altas y medias.

Las características fisiográficas de los medios de recepción.

Las características litológicas.

Las particularidades morfométricas e hidráulicas.

Las particularidades fisiográficas de las zonas de recepción y de concentración de las aguas de superficie, insistiendo en los valores extremos y medios de pendiente, así como en la importancia en extensión de estos valores con relación a las superficies totales y en la ubicación de las diferentes categorías de pendientes en el espacio.

Las características físicas, mecánicas y mineralógicas del mate-

rial litológico (afloramientos rocosos, formaciones detríticas, de vertiente, sueltas, coherentes o cementadas), así como la extensión y repartición en el espacio de las diferentes categorías de material.

Conjuntamente se definirán los tipos de cobertura vegetal, su densidad y su distribución.

Las características morfométricas e hidráulicas de las redes hidrográficas, estableciendo sus densidades de drenaje, sus caudales medios, su régimen, así como su tipo de competencia y su dinámica. Simultáneamente se estudiarán los procesos de escurrimiento de todas las aguas superficiales haciendo hincapié en las formas, intensidad y frecuencia de los tipos de erosión y arrastre que pueden originar.

Tales estudios tendrán una doble ventaja y seguridad:

La definición precisa del verdadero origen del problema, al mismo tiempo que su ubicación y delimitación en el espacio;

La aplicación de acuerdo con el diagnóstico preciso así establecido, de las medidas más adecuadas y más efectivas para la solución del problema, sea por la regularización de los escurrimientos, sea por la reducción de las cargas sólidas o el control de la sedimentación, o por la actuación simultánea de estos factores.

Una vez definidas las medidas de saneamiento en las cuencas altas, se podrán planear obras de rectificación complementarias

en las zonas aluviales propiamente dichas; estas obras no podrán emprenderse de manera aislada y absoluta, siendo siempre como medidas para reforzar y completar los efectos de los mejoramientos básicos aplicados a los orígenes del problema.

Es así que en casos como los de los ríos Chama o Capaz, dragados, rectificaciones o aberturas de cauces realizados en las planicies sin un control previo del arrastre y del escurrimiento en las cuencas altas o medias, no podrán constituir sino medidas con efectos a muy corto plazo, es decir, pocas<sup>o</sup> efectivas y antieconómicas.

- (2) En las grandes planicies aluviales de los ríos Catatumbo, Zulia y Escalante todas las medidas de regulación o control de los escurrimientos aplicadas a las cuencas altas aparecen como poco posibles y efectivas; en consecuencia, eventuales técnicas de mejoramiento y saneamiento del medio no podrán realizarse sino en las mismas áreas afectadas y con efectos muy parciales.

Tomando en cuenta las características geomorfológicas generales de la zona y la tendencia actual en la morfogénesis, existen posibilidades de mejorar las condiciones de las tierras actuando en dos principales aspectos del paisaje:

- (a) Los cauces menores y aparentes calibrados de los principales ríos se caracterizan por numerosas curvas, sinuosidades y meandros, los cuales alargan considerablemente la longitud efectiva del curso en medios topográficos casi sin pen

diente; la tendencia del río a formar meandros se acentúa así más y más favoreciendo el desbordamiento de las aguas y el anegamiento de grandes superficies de tierra. La técnica de corte de curvas y meandros podría tener como efecto inmediato una reducción importante de la longitud total del río para una gradiente topográfica constante, lo que provocaría una aceleración del escurrimiento, al mismo tiempo que una tendencia del curso a calibrar mejor su cauce.

Tales técnicas han sido experimentadas con éxito en Francia, en la cuenca del río ADOUR, muy sinuoso y con riesgos de ver reiniciarse un ciclo de erosión nítidamente más fuerte, siendo la gradiente longitudinal general mucho más alta.

Sin embargo, tales medidas no tendrían que aplicarse ni en los tramos superiores donde un aumento de la competencia por los cortes podría originar el reinicio de un nuevo ciclo de erosión en las orillas de los cauces, ni en los tramos inferiores de los cursos de agua donde las gradientes son demasiado débiles como para que la reducción aún importante de la longitud efectiva de los ríos, pueda provocar un aumento apreciable de la velocidad de escurrimiento de las aguas.

Se podría, entonces, pensar en aplicar este tipo de me-

didias para los tramos intermedios en los cuales las curvas son acentuadas y donde sus recortes no provocarían una renovación de los procesos de erosión y de entalle con el respectivo aumento de la carga sólida del río, siempre y cuando la rentabilidad de las tierras lo justificaría y que estudios técnicos adecuados confirmarían resultados positivos.

Dicho de otro modo, estas técnicas tratarían de aumentar la velocidad de escurrimiento y de evacuación de las aguas encauzadas en general, evitando un aumento simultáneo de la sedimentación; estas medidas permitirían al mismo tiempo, recuperar numerosas áreas actualmente anegadas por los meandros viejos y las numerosas difluencias de los cauces aparentes.

- (b) Los sistemas secundarios de drenaje superficial actual, en lo general, tienen una dirección predominante Sur - Norte en todas las áreas comprendidas entre los ríos TARRA y ESCALANTE; al contrario, los sistemas subactuales definidos en el estudio como unidades de cauces rellenos y de diques no funcionales interfieren y recortan nítidamente los primeros, siendo su dirección predominante Oeste - Este.

Es así que numerosos drenes y caños actuales y funcionales se encuentran bloqueados y anegados por el obstáculo

de los diques naturales y cauces antiguos, lo que origina el desarrollo de grandes sistemas de bajíos especialmente en las fajas de tierras más cercanas a la zona de influencia del río CATATUMBO.

Aquí las medidas podrían consistir en recortar sistemáticamente los sistemas antiguos transversales y abrir desagües cada vez que fuera posible a todos los sistemas de drenaje actuales y funcionales; tendría que aplicarse esta técnica no solamente a los obstáculos naturales como los diques, albardones y cauces rellenos subactuales, sino también a los numerosos diques, caminos y muros que han sido sido construidos y levantados sin los requeridos y necesarios drenes.

Siendo la tendencia general del drenaje actual en orientarse con dirección Sur - Norte en las planicies aluviales al Sur del río CATATUMBO, toda infraestructura de la zona en carreteras, caminos y diques, tendría que adaptarse paralelamente y no transversalmente a esta tendencia.

Para la totalidad de la Zona Sur de la Cuenca del Lago de Maracaibo, el problema básico para el mejoramiento de las tierras aprovechables reside entonces, en establecer, definir y aplicar las técnicas más adecuadas para la evacuación de los considerables excesos de agua de superfi-

cie; resultados positivos en este sentido tendrían como principales efectos beneficiosos:

Un mejor drenaje de las tierras;

Un mejoramiento de las condiciones físicas de los suelos así como de sus posibilidades de uso;

Una baja generalizada de las mesas de agua;

Un mayor control y limitación de las inundaciones.

Considerando que un muy alto porcentaje de las tierras a provechables se encuentran fuertemente limitadas por el problema de sobresaturación, cualquier posibilidad de aplicación de una u otras medidas de saneamiento merece ser tomada en consideración y estudiada siempre y cuando esté adaptada a las particularidades geomorfológicas y a las tendencias morfogénicas actuales del medio natural".

#### D. PROF. JEAN TRICART

1. Informe: "Una metodología para Estudios de Conservación y Ordenamiento de Cuencas - informes y notas técnicas" COPLANARH Marzo 1972.

La citada publicación reúne varias notas técnicas preparadas por el Prof. J. Tricart, en el mes de agosto de 1971, algunas de las cuales tratan sobre principios metodológicos en estudio de conservación, otras se refieren específicamente a las cuencas de los ríos Chama y Escalante.

Siendo el objeto del presente trabajo, recopilar la información relacionada con los estudios de la dinámica fluvial de los ríos de la cuenca alta - media del río Escalante, se tratará a continuación extraer del conjunto de las ideas referentes al ordenamiento de Cuenca, las que se relacionan directamente con este aspecto. Emprendiendo esta tarea, se tiene plena conciencia de lo difícil que resulta contemplar por separado dos aspectos íntimamente integrados del mismo estudio, sin embargo se está haciendo este intento basándose en el hecho de que el Profesor Tricart considera factible realizar el estudio de la dinámica de los interfluvios y la de la dinámica de los ríos por separado y así lo trata en la programación.

a. Ideas para un ordenamiento de la Cuenca Alta y Media del río Escalante.

"La gravedad de los problemas que se plantean en la cuenca del río Escalante, es bien conocida. Ella es la raíz de los estudios de ante-proyectos que se están efectuando actualmente. Es evidente que el encauzamiento del río Escalante entre diques aguas abajo de El Caimán y el canal de descarga hacia la Laguneta del Zulia, tendrían más eficiencia si se pudiera mejorar las condiciones hidrológicas y geomorfológicas en la parte de la cuenca ubicada aguas arriba. Además esa área plantea problemas propios:

Sedimentación de material de la represa de control de crecientes prevista sobre el río Onia.

Daños repetidos a los puentes de la carretera Panamericana por los

diferentes tributarios de la cuenca.

Edificación de derrames de arenas estériles en ciertos asentamientos del Instituto Agrario Nacional y en las haciendas al Norte de la Panamericana.

Cambios de cauces periódicos e imprevisibles de los ríos en la zona de piedemonte ( por ej., recientemente el río Onia, el caño Amarillo, el río Boconó, el río Pajita, el río Morotuto), con destrucciones de tierras agrícolas, caminos, puentes y obras de drenaje (Sistema de Escalante por el río Onia como consecuencia de su desvío por el caño Amarillo).

Cuantiosas inversiones son destruídas, el potencial agropecuario es disminuído y ciertos asentamientos son amenazados.

Hemos aprovechado durante nuestro viaje a la zona, para realizar un reconocimiento de los problemas de nuestra competencia.

#### Mecanismos en acción:

El reconocimiento aéreo (a lo largo de la carretera Panamericana 2 - 5 Km. al Norte y sobre la falda montañosa) y por tierra (camino de penetración de Los Giros, la vía de penetración cortada por el río Pajita), completado por un vistazo a las fotografías aéreas, nos ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

La degradación de la falda andina es poco acentuada. A pesar de la topografía muy accidentada (pendientes de 20° muy frecuentes ) las pequeñas subcuencas proporcionan poco material de arrastre a los cauces mayores. Por ejemplo, el camino de penetración del Onia, a

travieza la desembocadura de estas subcuencas sobre terraplenes, en los cuales han sido frecuentemente instalados tubos de lata de 1 m. de diámetro. En ningún caso hemos observado huellas de represamiento y acumulaciones notables de material de arrastre a pesar de las fuertes lluvias de marzo - abril de 1971. Tampoco hay conos de deyección al pie de las pequeñas quebradas de laderas. En los peores casos, pueden observarse pequeños bancos de arena en el lecho de los afluentes. Pero sí hay índices de una escorrentía fuerte y rápida, que tiene tendencia a limpiar el lecho de los obstáculos (vegetación, piedras) y a aumentar su sección transversal.

La débil degradación de las laderas, a pesar de la pendiente, es una consecuencia del clima húmedo que favorece la vegetación. Esta recoloniza rápidamente las cicatrices de los deslizamientos, que son numerosos en la zona. Es también una consecuencia del sistema de cultivos, en el cual predominan los potreros. Hay pocas tierras labradas, generalmente ellas forman un uso transitorio de la tierra, inmediatamente después de la roza y quema, durante uno o dos años, no más. El principal cultivo es el plátano, por debajo del cual se encuentra un estrato bajo de malezas bastante denso para proteger la tierra. Las acumulaciones de material de arrastre a la salida de las subcuencas dedicadas al cultivo de los plátanos son tan reducidas como las de las subcuencas ocupadas por potreros. El maíz y la yuca, que serían mucho más peligrosos para los suelos, casi no se cultivan.

Las formaciones geológicas son principalmente arcillo-esquistosas,

con algunas intercalaciones de areniscas y de conglomerados mal cimentados. Los suelos arcillosos ofrecen una coherencia suficiente para resistir a la erosión pluvial. Ellos son dañados principalmente por los movimientos en masa. Los deslizamientos son frecuentes y de tipos diversos, ellos son el mayor proceso de modelación de las laderas, pero las cicatrices son rápidamente recolonizadas por la vegetación y además proporcionan poco material de arrastre a los ríos. En efecto, no hemos visto ninguno de ellos que llegue hasta un lecho de río. Siempre, restos de terrazas se interponen entre las laderas empinadas, afectadas por los movimientos en masa y los lechos fluviales. El efecto de estos movimientos es principalmente la destrucción de los suelos, pero no hay ninguna posibilidad para impedirlos. Un punto para investigar, sería la hipotética influencia del desmonte sobre su desencadenamiento. Es un problema complejo ya que tales movimientos en masa se producen en condiciones naturales bajo selva en los ambientes húmedos (selva nublada, por ejemplo) y del otro lado, el desmonte parece favorecerlos (en el Val Paraíba, Brasil), por medio de un mayor agrietamiento de las formaciones arcillosas durante la sequía. Otro tipo de movimiento en masa, pero de escala mucho más reducida, son los senderos de vacas, que se modelan por pequeños deslizamientos bajo el pisoteo de los animales sobre las laderas empinadas. Estos senderos de vacas, destruyen el perfil del suelo, pero no proporcionan cantidades apreciables de material de arrastre.

La influencia antrópica en las cuencas altas no causa un aumen-

to del material de arrastre, pero ante todo provoca un cambio de los parámetros hidrológicos. La cantidad de lluvia interceptada por los potreros es muy inferior a la que intercepta el bosque. No conocemos mediciones en estos ambientes, pero en condiciones parecidas en la Costa de Marfil y en Kenya, se ha comprobado que el bosque mesófilo intercepta entre 25 y 30% de las lluvias anuales. En los potreros, la proporción es inferior al 10%. El escurrimiento durante las lluvias intensas es substancialmente aumentado cuando se quita el bosque para desarrollar potreros. Por otro lado, el escurrimiento es además, más rápido. El tiempo de concentración disminuye, lo que aumenta el caudal del pico de las crecientes, no solamente en los pequeños tributarios sino también en los ríos mayores. La tendencia de los pequeños tributarios es limpiar su lecho y en ensancharlo se explica por ese hecho. Los ríos más importantes son muy activos por la misma razón, ellos socavan sus orillas y retoman grandes cantidades de material grueso (rodados y arenas) depositado en los valles y en el piedemonte. El abundante material de arrastre grueso que se observa en los cauces, tienen este origen. No viene de las laderas.

La abundancia de material de arrastre grueso en los ríos, provoca la inestabilidad de sus lechos. Es una retroacción positiva, un efecto en cadena. La deposición de materiales obstaculiza el escurrimiento y provoca un socavamiento de orillas que aumenta, a su vez, la cantidad de material de arrastre. Estos procesos funcionan a la altura de la Panamericana y explican los daños que causan a la carrete-

ra. Aguas abajo, la disminución de la pendiente torna difícil el arrastre. El material tiene tendencia en depositarse y tapa los lechos cada vez que hay obstáculos. Así se originan los desbordamientos, a compañados de derrames y de difluentes. Más abajo aún, el agua desparramada se concentra difícilmente y las inundaciones afectan grandes superficies y duran mucho tiempo por la insuficiencia de la pendiente. Son estas aguas que se tratan de concentrar en el embudo del Caimán para encauzarlas entre los diques del Bajo Escalante.

Los mecanismos que acabamos de analizar, nos han sugerido una solución que utilizaría la dinámica actual para cambiarla después de algunos años.

b. Esquema de acondicionamiento integrado.

La base de nuestro esquema es la relativa independencia que existe entre los fenómenos hidrológicos (formación de los picos de crecientes en la falda montañosa) y los fenómenos morfológicos (origen del material de arrastre en los valles y en la parte alta del piedemonte).

El esquema está integrado por los siguientes elementos:

1) En las cuencas del piedemonte, dos acciones cuyos efectos presentan una histéresis (retardo) diferente:

Corrección de los pequeños talwegs para retrasar el escurrimiento de las aguas, lo que aumentará el tiempo de concentración de las crecientes y disminuirá el pico de crecienta que afecta gravemente a los ríos. Se trata de usar los métodos clásicos y menos onerosos de

tratamiento de los torrentes, principalmente mediante la edificación de pequeñas trancas escalonadas en los lechos, aprovechándose de la madera de mala calidad, muy abundante en la región. Este tipo de obras sería realizada por los servicios públicos y tendría un efecto inmediato.

Acción agronómica y de conservación sobre las laderas. Es necesario admitir el principio de restricciones al uso de la tierra; limitar o prohibir el desmonte y el labrado de las tierras. Serían necesarios estudios para delimitar el área donde estas prohibiciones serán impuestas. Simultáneamente, deben mejorarse los pastos, para lograr rendimientos más altos, que compensarán la prohibición de los desmontes y al mismo tiempo, tornar más eficaz la protección del pasto para la tierra. Es un problema de especies de pastos y de manejo, que requiere para solucionarse el conocimiento de los suelos y una cierta experimentación agronómica. No nos parece aconsejable la excavación de surcos en contornos, todo lo contrario, en efecto ellos aumentarían la infiltración de agua en el suelo y por consiguiente la actividad de los movimientos en masa, los cuales son un peligro que no podemos dominar.

La combinación de estas dos series de medidas, tendría como efecto disminuir los picos de crecientes sobre los ríos y así mismo su actividad morfogénica y proteger mejor los suelos, para que no aumente la cantidad de material de arrastre proporcionada por las laderas de la parte montañosa de las cuencas. El efecto de estas medidas

no puede ser completo antes de varios años, el más lento es e  
los mejoramientos agronómicos.

2) Sobre los ríos, en los valles grandes y en el piedemonte, el tratamiento se haría por medio de obras hidráulicas. Se trata de provocar una evolución favorable durante un tiempo reducido (algunos a ños) y luego estabilizar la situación mejorada.

Para eso contemplamos dos etapas sucesivas:

Ira. Etapa: Para iniciarse a la mayor brevedad. Efectuar una rectificación de los lechos con espigones de gaviones, estacas de postes y enrocamientos, usando el material que se encuentra a menor distancia para bajar los costos.

Esta rectificación tiene como objeto parar el socavamiento de las orillas y encauzar los lechos según un trazado ligeramente sinuoso. De esta manera, la alimentación en material de arrastre será fuertemente disminuída. La energía disponible, aumentada por la disminución de la fricción del agua contra el lecho y a veces por una mayor pendiente, se utilizará para un encajonamiento del lecho dentro de las acumulaciones aluviales. Con eso lograremos una disminución del peligro de inundaciones, muy serio en la zona y un mejor drenaje de los suelos, predominantemente livianos.

Por otra parte, la disminución de la cantidad de arrastre y el es currimiento más fácil del agua, permitirá al material suministrado por el encajonamiento del lecho, progresar a mayor distancia. La zona de derrames, que se ubica actualmente en un área poblada, con tierras

bastante buenas, será "empujada" hacia aguas abajo, en una zona poco aprovechada, con los peores suelos de la región.

2da. Etapa: Para iniciarse después de algunos años, una vez que la evolución anterior sea suficiente.

La progresión hacia el Norte de los derrames no debe ser excesiva. En efecto, no es deseable que ellos lleguen hasta los colectores mayores de la región (Río Grande, río Morotuto inferior, Escalante cerca de El Caimán). Es necesario que las acumulaciones de arenas se paren antes de ellos y que persista una franja de algunos kilómetros de ancho entre estos colectores y los derrames. Así se evitará la llegada de arenas al sistema del embudo y al encauzamiento del río Escalante, lo que es indispensable.

De todas formas, el encajonamiento de los ríos en el piedemonte logrará alcanzar un valor-límite por sí mismo. Pero este valor puede ser excesivo. Debemos por lo tanto, controlar la evolución desencadenada. Cuando ella se estimase suficiente, el perfil longitudinal de los ríos será estabilizado por intermedio de camellones (gaviones o enrocamientos). Durante esta evolución, el control se tornará más fácil gracias a las medidas tomadas en la falda montañosa.

Una vez estabilizados los ríos, será posible excavar canales de drenaje aguas abajo (derrames y franja intermedia entre ellos y los colectores). En este momento, en efecto, el aporte de material de arrastre grueso, será mínimo. Este problema tendrá que ser cuidadosamente estudiado en función de la cantidad y de la granulometría del

material de arrastre, de la velocidad de concentración de las aguas en el embudo de El Caimán y de la capacidad de los diques del Bajo Escalante. De todas maneras, los ríos del mismo tipo que integran la cuenca, pueden ser tratados de manera diferente en su curso inferior para actuar sobre el tiempo de concentración en El Caimán.

El esquema propuesto puede aplicarse por etapas, cuenca por cuenca. Eso permitiría un mejor ajuste de las obras y de su sincronización, el primer río tratado desempeñando un papel experimental para los demás. La experiencia ganada en la cuenca del Escalante, podría utilizarse con todo cuidado para el acondicionamiento de los ríos al Oeste del Morotuto y al Este del Chama. La aplicación de este esquema necesitaría también estudios integrados que sería excelente entrenamiento para el personal. Exponemos la metodología de estos estudios en una nota técnica aparte".

2. En el informe: "Integración de los Estudios de Conservación de Tierras y Aguas". (Orientación metodológica General), el autor en el punto N° 1 de los conceptos básicos, se pronuncia sobre las interrelaciones existentes entre el clima, la cobertura vegetal, los suelos, la litología, los procesos morfogenéticos y la intervención del hombre dentro de este complejo de factores. Partiendo de la base de los conceptos básicos se hace evidente que estos obligan a reubicar los procesos morfogenéticos dentro del medio y analizar en detalle la naturaleza de los procesos en acción.

En lo referente a la parte cartográfica, "Mapas para el diagnóstico

de los problemas de conservación de aguas y tierras" (mapa litológico de cobertura vegetal, de estabilidad estructural de los suelos y mapa morfodinámico), se transcribe a continuación lo correspondiente al mapa morfodinámico, lo cual para satisfacer las exigencias de un cabal diagnóstico, debe hacer figurar los siguientes conceptos:

- La naturaleza de los procesos, cuya actuación pasada o actual afectaba o afecta el sector en estudio.
- La intensidad relativa de estos procesos.
- La tendencia evolutiva.
- La integración de los diversos procesos entre sí.

Se extrae de este capítulo los textos estrechamente relacionados con la dinámica fluvial.

a. Mapeo de los procesos:

" Como lo hemos enfocado en la orientación metodológica general, debemos considerar los procesos bajo los varios aspectos de la ablación, del transporte y de la acumulación y no solamente como fenómenos de "erosión". En efecto, podemos intervenir con medidas adecuadas, en la ablación, en el transporte y en la acumulación. Todas las posibilidades técnicas, deben poder ser tomadas en cuenta . Para cada proceso es necesario, cada vez que se pueda, diferenciar las áreas donde predomina la ablación, el transporte y la acumulación. También debemos aclarar la naturaleza de los diversos procesos y no limitarnos implícitamente a las acciones de escurrimiento superficial del agua. Por lo general, tenemos dos series de criterios para

la identificación de los procesos cuando no podemos hacerlo directamente: la forma que ellos modelan y el material trasladado por ellos. La forma puede observarse perfectamente bien en el terreno y sobre las fotografías aéreas. El uso efectivo de éstas, varía mucho con la cobertura vegetal y la escala de los negativos. El material puede apreciarse de manera aproximada en el terreno, como lo hacen los edafólogos con la textura de los suelos. Pero en muchos casos, es muy útil lograr una información más precisa y más completa por las técnicas de laboratorio, como curvas granulométricas y exámenes petrográficos y morfoscópicos de las arenas, parámetros de mecánica de suelos. La disposición del material (estratificaciones, orientación, asentamiento de las partículas mayores) sólo puede estudiarse en el propio terreno, la utilización de fotografías en el campo es mucho más restringida. Por lo general, el trabajo de campo apoyado sobre fotografías aéreas con escala conveniente, permite identificar la gran mayoría de los procesos. El estudio de laboratorio, permite afinar el trabajo de campo y resolver ciertos problemas de identificación, que se han quedado sin solución o con solución dudosa.

Pueden agruparse los procesos de la siguiente manera:

- Procesos de interfluvias, que actúan entre los ríos mayores. Según esta definición, las pequeñas quebradas entran en esta categoría. Las clases de procesos interfluvios son:

El escurrimiento hídrico, con varios grados de frecuencia y de concentración: escurrimiento discontinuo, concentrado inestable, con

centrado fijo. Este último excava desde las zanjas hasta las quebradas de los torrentes.

Los movimientos de migración particular: taludes de gravedad, ciertos tipos de raptación.

Los movimientos en masa: derrumbes, deslizamientos, varios tipos de soliflucción. Cuando el material toma la consistencia líquida, aparecen formas de transición con el escurrimiento hídrico, tales como: colados de barro, golpes de cuchara, lavas torrenciales.

- Los procesos cársticos y de sufación, provocados por la evacuación subterránea de material en la cual cooperan procesos mecánicos y químicos.

Estos procesos se traducen por una circulación de agua subterránea y por hundimientos (colinas del carst, lagunetas de ciertas áreas no cársticas). Por definición se habla de carst sólomente en el caso de rocas carbonatadas, en yeso y sal.

- Procesos fluviales, que corresponden a corrientes de agua más abundantes y más permanentes que el escurrimiento hídrico contemplado entre los procesos de interfluvios. Evidentemente el límite entre los dos grupos tiene que ser convencional. Pero eso no es nada extraordinario, todos los límites de la mecánica de suelos son también convencionales. En el idioma común se hace esta diferencia cuando se distingue entre los "ríos" y los "caños" y "quebradas". Nuestros procesos fluviales corresponden al concepto de "río". Pero es bien claro, que los mecánicos hidrodinámicos funcionan también en las

quebradas y en los torrentes. A pesar de esto, los torrentes no desempeñan el mismo papel morfogenético que los ríos. Los ríos constituyen el nivel de base de las quebradas y de los torrentes. Frecuentemente en la confluencia se produce un desajuste que da origen a un cono de deyección.

Este agrupamiento de los procesos proporciona la base taxonómica para la cartografía, exactamente como la cartografía de los suelos requiere una taxonomía pedológica.

b. Mapeo de la intensidad de los procesos:

Lo ideal sería poder medir los procesos. Eso es bastante difícil y además, exige un tiempo suficiente. En efecto, muchos procesos funcionan de manera discontinua a lo largo del tiempo, es el caso de la escorrentía superficial sobre las laderas, en las quebradas y hasta en las regiones secas, en arroyos importantes. Cada período de escorrentía se caracteriza por sus propias particularidades. Obtener una intensidad media del fenómeno tiene poco sentido. Otros fenómenos son rápidos y producen efectos importantes durante un tiempo muy corto, como los deslizamientos y las lavas torrenciales. Pero ellos exigen un cierto tiempo de preparación durante el cual, aparentemente, no se produce nada. En este caso también, calcular una intensidad media no tiene sentido y además, es poco factible.

Es mejor investigar la estructura temporal de los fenómenos. Desde este punto de vista, pueden usarse las siguientes categorías:

- Fenómenos periódicos, cuya actividad obedece, por ejemplo, a

un ritmo estacional. Es el caso del lecho mayor de los ríos, donde la actividad de las aguas coincide con las crecientes que son parte del régimen del río. Para afinar el análisis, puede determinarse el rango de periodicidad, como se hace para las crecientes.

- Fenómenos crónicos, que no se caracterizan por una periodicidad definida, pero no vuelven a afectar la misma área con frecuencia, sino cada vez que se produce una combinación de circunstancias. En las regiones húmedas sobre las laderas empinadas de arcillas, es el caso de los movimientos en masa. En las regiones semi-áridas, los efectos de las crecientes en las quebradas y en los arroyos brindan otro ejemplo más. Exactamente como las inundaciones en las llanuras aluviales, los fenómenos crónicos ocasionan un peligro constante sin que se pueda prever el momento exacto en el cual se va a manifestar.

- Fenómenos ocasionales, que se desencadenan como consecuencia de circunstancias que ocurren raras veces o sea, son de probabilidad baja. Cuando estos fenómenos son muy intensos y causan daños, se llaman "catastróficos".

c. La tendencia evolutiva:

La tendencia de la presente evolución es otro elemento muy importante para el diagnóstico y para decidir de una acción de conservación de rehabilitación. Las observaciones de campo deben enfocar este aspecto. Cada vez que sea posible, es bueno complementarlos por la comparación de fotografías aéreas o terrestres, tomadas con ciertos

intervalos de tiempo. En el caso de vistas terrestres, uno debe buscar cuidadosamente en el campo, el punto exacto desde el cual fueron tomadas para poder intentar una comparación que tenga valor. Cuando se realizan estudios regionales, sería excelente organizar un archivo de fotografías de las formas activas con tomas de vistas periódicas. En este caso, es necesario ubicar con precisión el punto desde el cual se saca la fotografía y para eso, utilizar puntos de referencia fáciles de encontrar con seguridad. Es también muy aconsejable servirse siempre del mismo tipo de cámara, con la misma distancia focal, para poder sobreponer las fotografías y detectar con mayor exactitud los cambios. Otro método que exige más tiempo y no duplica el anterior, es efectuar levantamientos de detalle con la plancheta y ubicar puntos de referencia en el campo. Estos métodos permiten estudiar cuantitativamente la evolución de las formas.

Para el mapeo, lo importante es poder identificar los dos tipos o puestos de tendencia evolutiva:

- Tendencia a la aceleración, con riesgo de degradación irreversible.

- Tendencia a la deceleración o sea, a la estabilización.

Esto no es siempre fácil de apreciar. De manera general es necesario tomar muy en consideración los antecedentes del período de mapeo. Si por ejemplo se han producido lluvias excepcionales pocos meses antes, uno puede tener tendencia en identificar una aceleración de la evolución o sea, "dramatizar" la situación, cuando en rea

lidad se trata de fenómenos ocasionales. Lo mismo ocurre con las encuestas cerca de los moradores. En los informes, es siempre necesario indicar claramente el origen de la información: observaciones propias o encuestas.

d. La integración de los diversos procesos entre sí:

El problema presenta dos aspectos distintos:

- Las relaciones mútuas entre los diversos procesos.

Es frecuente que varios procesos actúen simultáneamente en una misma área. En este caso debemos plantear el problema de sus relaciones entre sí, o al contrario, cooperar para aumentar mutuamente su eficacia. Mas raramente, no hay influencias mútuas. En este caso hablaremos de yuxtaposición.

Los procesos en competencia, generalmente dependen de los mismos factores, de tal manera que la actividad de uno de ellos solamente pueden incrementarse al perjuicio de los demás. Eso es muy importante porque existe el riesgo de que ciertas obras que tienen en mente contrarrestar un proceso, logran acelerar un proceso competidor. El caso más común es el escurrimiento superficial y los movimientos masivos. El agua que se escurre no alimenta la infiltración y no sirve para desencadenar los movimientos masivos. Si se excavan contornos para disminuir la escorrentía, el subsuelo es mejor alimentado y el riesgo de movimientos masivos. Si se excavan contornos para disminuir la escorrentía, el subsuelo es mejor alimentado y el riesgo de movimientos masivos aumenta proporcionalmente. Por otro lado

los movimientos masivos agrietan la superficie y aumentan la infiltración al desmedro del escurrimiento. El carácter competidor de ambos procesos aparece claramente. Ambos dañan a los suelos y a la vegetación y pueden aumentar el arrastre de los ríos. Debe cuidarse de no desencadenarse uno de ellos al tratar de dominar al otro.

Al contrario, ciertos procesos se favorecen mutuamente y cooperan entre sí. En ciertas condiciones climáticas de regiones bastante secas, las cicatrices dejadas por los movimientos masivos no se recolonizan mediante la vegetación, aún cuando el deslizamiento se haya estabilizado; en este caso son afectados por nuevos entalles, como consecuencia de la fuerte pendiente y de suelos desnudos. El corte rápido de los talwegs dentro de un material arcilloso, aumenta la altura y la inclinación de las laderas, lo que puede crear condiciones favorables al desencadenamiento de movimientos masivos.

Desde el punto de vista del mapeo, es suficiente identificar a los diversos procesos y representar cada uno de ellos con su extensión. Indicar además las relaciones entre ellos traería mucha complicación gráfica. Pero, las observaciones de campo deben estar orientadas hacia estas relaciones y permitir apuntes detallados con croquis que se presentan en el informe que acompaña el mapa. Todo esto puede tomarse en cuenta para el diagnóstico.

e. Las discontinuidades en el arrastre de material detrítico.

Las discontinuidades ofrecen dos aspectos, interrelacionados; un aspecto espacial y un aspecto temporal. Pero, además en una misma

área, estas discontinuidades varían según la fase granulométrica considerada. De manera general, el transporte de los iones (productos en solución) acompaña perfectamente el movimiento del agua. El material fino en suspensión se arrastra con menor facilidad y en aguas estancadas, se deposita por decantación. Las arenas que migran por saltación en el fondo, recorren durante cada período de movimiento, distancias mucho más cortas. Ellas se quedan inmóviles durante largos períodos, cuando la turbulencia y la velocidad del agua son insuficientes como para arrastrarlas. Las discontinuidades temporo-espaciales en la migración, toman una importancia aún mayor para los cantos y crecen enormemente para los bloques. Eso permite a la alteración química desempeñar un importante papel en los lechos de los ríos. Durante los períodos de inmovilidad, la acción química del agua y los procesos de meteorización durante los estiajes disgregan muchos cantos y aumentan paulatinamente la proporción de los que están formados por rocas resistentes, cuarzo y cuarcitas en particular. Cuando no intervienen otros factores, el aumento de la proporción relativa de cantos rodados de rocas resistentes indica un arrastre medio suficientemente lento como para que se disgreguen muchos cantos en el camino. El mismo fenómeno explica la desaparición en poca distancia, de los cantos rodados a lo largo de los ríos del piedemonte andino de los llanos, sin que se observen acumulaciones importantes de este tipo de material. Los estudios petrográficos, a condición de que se tomen muchas precauciones, pueden brindar una valiosa informa -

ción en lo que al arrastre grueso de los ríos, se refiere.

En una cuenca fluvial, siempre hay que mantener presentes estas nociones para una mejor comprensión de la dinámica.

Los trayectos recorridos por las diferentes clases de partículas son desiguales y no son simultáneas. Tanto mayores sean las partículas, tanto más cortas son las distancias recorridas en cada período de migración y menos frecuentes son estos períodos. La consecuencia de este tipo de movimiento, es una selección del material particularmente con el tamaño de las partículas. Eso se nota particularmente bien en las zonas de desborde y de explayamientos (afluentes del río Escalante al Norte de la Panamericana y río Chama aguas abajo de El Vígía, por ejemplo). Observar estos hechos durante el mapeo es de gran importancia para el conocimiento morfodinámico y para la preparación de obras hidráulicas.

En los mapas morfodinámicos a gran escala, aparecen fenómenos de la misma naturaleza. Ellos deben observarse sistemáticamente y representarse en el mapa, además de las referencias que merecen figurar en el informe. Vamos a dar algunos de los más frecuentes ejemplos:

- Al pie de las laderas, es muy común encontrar material, que ha sido arrastrado a lo largo de la pendiente y que se acumula. Es el caso de los taludes de gravedad, de los coluviones y de los conos de deyección a la salida de los pequeños torrentes. En el caso de los conos de deyección, se produce una selección. Por lo general una frac

ción importante del material fino sigue aguas abajo, mientras que los bloques y los cantos se paran en el cono. A veces la llanura aluvial del río principal es bastante ancha como para que el material fino también se deposite en su mayor parte antes de llegar a este río principal. La observación del lecho del afluente y del material que se encuentra en él permite indicarlo en el mapa. Los signos que se utilizan para los coluviones y los conos de deyección han sido diseñados como para poder mostrar hasta donde se acumula el material que llega por el afluente.

A lo largo de los ríos, los mecanismos de cambio de carga de arrastre son frecuentes, principalmente cuando el material de arrastre es grueso. El tipo de cauce con canales anastomosados ("trenzado") es particularmente típico para esta dinámica. Los meandros migrantes funcionan debido al mismo fenómeno, pero con menos intensidad. En efecto, el cambio de carga de material de arrastre se debe al hecho de que, en una parte del cauce del río se deposita material, originando un banco, eso frena el escurrimiento y por lo tanto el banco tiene tendencia a crecer, también desvía la corriente en dirección de la orilla vecina, la cual es socavada. Así se reconstituye la carga de arrastre, el material proveniente del socavamiento substituye al material acumulado en el banco. Cuando los volúmenes de material acumulado en el banco y proporcionado por el socavamiento, son similares, ocurre una situación de equilibrio dinámico formándose meandros. En los canales anastomosados, no hay alternancia re

gular de bancos y de socavamientos. Pero todos los tipos de transición existen entre los lechos con canales anastomosados y los lechos con meandros migrantes. Para el mapeo, es muy importante indicar la localización de los bancos de diversos tipos y material y la de los socavamientos, indicándose su tendencia evolutiva respectiva (activos o con varios grados de colonización por la vegetación). A veces, es calas como el 1/25.000 son muy pequeñas y obligan a una generalización excesiva, aceptable sólo para un mapa de reconocimiento. Pa ra estudios de obras hidráulicas es generalmente necesario mapas a es calas de 1/5.000 ó mayores.

f. Diagnóstico y mapa de limitaciones:

El juego de mapas, proporciona una documentación para el diag nóstico, pero no presenta en sí recomendaciones algunas ni propone ninguna línea de acción. Definir esa acción constituye la segund e ta pa del estudio. No pueden darse al respecto, indicaciones normali za das. Cada región se caracteriza por sus problemas propios, por sus mecanismos. Además, la degradación antrópica y como consecuencia la acción para dominarla, integran una serie de factores humanos muy importantes y hasta determinantes. Lo que sí es indispensable, es el conocimiento de los fenómenos naturales, pero, en ningún caso será suficiente. Cada problema regional debe ser estudiado por sí mismo. Teniendo conciencia de estas particularidades se pueden elaborar las mejores soluciones y las más eficaces por ser más adecuadas. Lo peor sería aplicar normas convencionales sin haberse enterado bien de la

"personalidad" de cada caso. Por ello, nos limitaremos a dar una o rientación general, respecto al problema, así como algunas indicaciones a los mapas de limitaciones que constituyen una base para la elaboración de los planos de acción.

Sugerencias para realizar el diagnóstico.

Un elemento clave lo constituye el grado de integración de los diferentes procesos y mecanismos, a escala de la cuenca hidrográfica. Conocerlos con suficiente precisión debe ser el primer objetivo para cada quien encargado de aconsejar una acción de conservación o de rehabilitación (\*)

En efecto, la integración de los procesos nos permite lo siguiente: identificar los procesos-líderes, o sean, los procesos que desencadenan los demás, que juegan un papel activo y determinante en el sistema morfogenético. Ellos son la causa fundamental de las mayores limitaciones al uso de los recursos; un programa de conservación debe impedir que se desencadenen; un programa de rehabilitación tiene como objeto disminuir su actividad; los mejoramientos tratan de e

(\*) Usamos estos dos términos con los siguientes significados:

Conservación: Proteger lo que existe en el presente, para que no se dañe. Por ejemplo, impedir la tala de los bosques, la ca za de los animales, la polución de las aguas, etc.

Rehabilitación: Modificar la evolución presente para mejorar las condiciones naturales, logrando, en ciertos casos, restablecer el climax. Los mejoramientos cambian las condiciones físicas, ha ciéndolas diferentes y más favorables que las condiciones natura les, incluso las del climax. Por ejemplo: eliminar la acidez de un suelo con cal, realizar obras de riego o de drenaje.

eliminarlos. La integración de los procesos permite la búsqueda de un punto de acción. Ello nos permite identificar en la cadena de interacciones, el punto sensible, el que podemos modificar más fácilmente en relación con las técnicas que podemos aplicar y con los recursos financieros disponibles. Ello nos permite, también apreciar de que manera el sistema de interacciones va a cambiar como consecuencia de nuestra acción. Además, ello nos indica a tomar ciertas precauciones para impedir la aparición de efectos secundarios no deseables. Por ejemplo, la acidez de los suelos lixiviados es un factor clave de degradación. En efecto, disminuye la estabilidad estructural mientras limita el desarrollo de la cobertura vegetal; el sobrepastoreo es mucho más peligroso en tales condiciones que en suelos de mejor calidad.

Como consecuencia de la degradación de los potreros, aparecen manchas mal protegidas las que sufren de la erosión pluvial y constituyen el punto de partida de un escurrimiento difuso. Es posible intentar contrarrestar el escurrimiento por la excavación de surcos en curvas de nivel. Estos molestan al ganadero y necesitan una inversión inicial y un mantenimiento. Es una mala solución, ya que se intenta modificar las consecuencias en vez de suprimir el fenómeno. Al contrario, eso se puede lograr con un tratamiento agronómico como lo es aplicar cal para disminuir la acidez del suelo, abonarlo de manera adecuada y mejorar el pasto para aprovechar el máximo de las condiciones edáficas más favorables que se han creado. Actuan-

do así, se logran simultáneamente parar los mecanismos de degradación y aumentar el rendimiento económico.

El conocimiento de los procesos-líderes permite la búsqueda de soluciones más adecuadas. Para eso es necesario utilizar los demás mapas disponibles tales como el mapa de suelos y disponer de varios tipos de información, como la climatología. El conocimiento de los procesos simultáneos y de las condiciones litológicas permite descartar ciertos tipos de tratamiento. Ya hemos tomado como ejemplo el caso de escurrimiento y de los movimientos masivos en los terrenos arcillosos empinados. A este nivel es aconsejable lograr el asesoramiento de un especialista de gran experiencia, pero éste puede trabajar solamente si dispone de la información básica definida con anterioridad.

- (2) Aprender el grado de interdependencia de los diferentes procesos y mecanismos en la cuenca. En este caso, se trata de su repartición en el espacio. La idea básica que usamos es la discontinuidad espacial entre los fenómenos. Si esta discontinuidad es bien nítida en cierta parte de la cuenca, podemos aprovechar de ella. En efecto, nos permite actuar con cierta independencia en diversas partes de la cuenca, o sea, modificar ciertos elementos del sistema dinámico escogiendo las áreas más adecuadas. La vinculación entre los aspectos espaciales y temporales de las discontinuidades, permiten también establecer una mejor programación.

Para que se comprenda mejor el principio, tomamos como e-

jemplo el de la cuenca del río Escalante. Los ríos que bajan de la falda andina están muy cargados con arenas y cantos.

Los cauces son inestables y cambian frecuentemente, dañando los caminos, las carreteras y las construcciones. Explayamientos de arenas estériles cubren las tierras. Todavía el sistema morfogenético no es completamente integrado. Dos discontinuidades existen; la primera es aguas abajo de los explayamientos. Luego de inundar grandes extensiones, las aguas de los ríos del piedemonte se concentran finalmente en el río Escalante. En la actualidad, se están estudiando obras de drenaje con diques para encauzar las aguas y controlar las inundaciones en la zona de Santa Bárbara. Es urgente actuar en los tramos superiores de los cauces para impedir la llegada de material de arrastre antes de que se edifiquen los diques del curso inferior. En efecto la pendiente muy débil, impediría solucionar el problema de las inundaciones en el caso de que el material de arrastre pudiera acumularse en el encauzamiento. Disminuir el arrastre es también necesario para fijar los cauces en el sector próximo a la Panamericana y para reducir los explayamientos. El problema clave es determinar el origen del material de arrastre. Hemos evidenciado otra discontinuidad entre las colinas de los interfluvios y los propios lechos de los ríos. Las laderas, a pesar del desmonte, no sufren una ablación importante, como consecuencia de los suelos arcillosos y del clima que permite un buen crecimiento de la vegetación. Sin embargo, la defores-

tación ha disminuído la intercepción y acelerado la concentración del escurrimiento. Los picos de crecientes son más agudos y más altos en los ríos. Ellos han cambiado su régimen dinámico y están socavando sus orillas y retomado material aluvial grueso, depositado en los conos y en las terrazas cuaternarias de los valles y del piedemonte superior. Tomando en consideración estas discontinuidades, hemos aconsejado:

- (a) Obras de corrección de torrentes: en los pequeños talwegs para retrasar el escurrimiento. Estas obras pueden realizarse en poco tiempo.
- (b) Estudiar un programa de mejoramiento agropastoral para aumentar la resistencia y los rendimientos de los pastos. Simultáneamente prohibir el arado y controlar el desmonte. Conservar franjas de vegetación selvática a lo largo de los talwegs, son medidas a mediano y largo plazo.

Realizar una corrección de los lechos de los ríos para impedir los socavamientos de orillas, provocar un cierto encajonamiento y luego una suficiente evolución, fijar el perfil longitudinal. En tales condiciones el movimiento de material de arrastre será mínimo. Los explayamiento no se formarán más y será posible drenar las tierras.

La discontinuidad dinámica y espacial entre las laderas de las colinas y los lechos de los ríos, permite tomar medidas de inmediato, sin esperar el efecto de las medidas a me

diano y largo plazo de mejoramiento agronómico. Así podemos esperar controlar el arrastre tan pronto, que se habrá encauzado por diques el curso inferior del río Escalante. Pero este ejemplo pone en evidencia la complejidad de los problemas y el carácter original de cada caso. No es posible adoptar medidas de tipo mecánico. El único aspecto general es el metodológico. Por ello opinamos que se podría aprovechar de ciertos adelantos recientes del análisis de sistemas.

(c) Evaluación tentativa de Recursos para el Estudio de la dinámica de los ríos:

Longitud de los lechos para el mapeo

Levantamiento aerofotográfico de los ríos

Establecimiento de planos y perfiles longitudinales y transversales por restitución complementada en el campo.

Levantamiento geomorfológico de los lechos y derramade -  
ros. 1/5.000 ó el 1/2.500

Fotointerpretación y trabajo de campo 200 días/pers.

Preparación de los mapas..... 50 "

Preparación de los informes..... 50 "

Realización de una serie de medicio-  
nes de arrastre con trazadores ra-  
dioactivos (arenas y cantos).....

40 "

Trabajo de campo ..... 40?días/pers.

Preparación del material.....	?
Explotación de los datos.....	10 días/pers.

Me parece deseable que una o dos personas, no más, se dediquen a este trabajo muy especializado. Un ayudante de campo será necesario durante una gran parte del trabajo de campo (utilización de los trazados radioactivos, levantamientos).

La duración del levantamiento sería de 15 meses con una persona o de 8 meses con dos personas.

Las mediciones de arrastre con los trazadores tienen que ser contempladas sobre un período de 2 años para poder contar con una diversidad suficiente de condiciones hidrológicas; durante todo este tiempo deben efectuarse mediciones de caudal sobre los ríos donde se mide el arrastre.

Durante el estudio debe contemplarse, además:

Los útiles de oficina y el uso de una oficina

la disposición de un jeep y su mantenimiento durante el trabajo de campo.

El dibujo de los mapas y su reproducción, dactilografía y reproducción de los informes.

Eventualmente, estudios de muestras.

Los dos estudios pueden realizarse simultáneamente y los levantamientos pueden terminarse en la misma época si dos personas se dedican al estudio geomorfológico de los lechos

fluviales.

En todo caso, me parece necesario trabajar cuenca por cuenca y preferiblemente, realizar para una cuenca los dos estudios diferentes antes de pasar a otra.

## III - PARTE INFORMATIVA

## INTRODUCCION:

Los trabajos relacionados con el estudio de la Dinámica Fluvial de los ríos de la cuenca del Escalante, se iniciaron en el mes de Junio de 1972, con la llegada del Prof. Jean Tricart y del Ing° Gerard Maire, especialista en Dinámica Fluvial.

Es preciso tener presente que en el transcurso de la primera fase de las labores por varios motivos (disponibilidad de personal, etc.), no fue posible integrar el equipo técnico, que según la programación previa preparada por el Prof. Tricart, debía colaborar con el Especialista designado y encargarse posteriormente de la continuación del estudio cuya duración ha sido prevista en 8 ó 15 meses (en relación con la disponibilidad de personal 1 - 2 técnicos y 1 ayudante).

En estas circunstancias, las bases orientativas y avances del estudio han sido elaboradas por el mismo Prof. Tricart y el Ing° G. Maire, dedicó su estancia en la zona, en la preparación de un informe general sobre la metodología de los estudios y a los trabajos de campo relacionados con el estudio de la Dinámica Fluvial del río Pajita elegido previamente como río "Piloto". Entre otras intervenciones de este técnico, hay que mencionar el diagnóstico sobre las obras de protección de uno de los meandros del río Onia y una nota técnica sobre algunos conceptos de protección de las orillas del río Chama.

Por parte de las Oficinas Regionales de la Región Hidrográfica 1, MOP, asistieron en algunas secciones de trabajo de oficina y de campo, los Ing°. J. Narváez, Jefe del Dpto. Hidrometereológico N° 1, J. Abi-Saab Soto, Jefe de la O

ficina Edafológica Zulia Andes y J. Kijewski, Jefe de la OEZA Sector Sur del Lago.

A continuación se presenta la recopilación de las notas técnicas y demás documentos de trabajo elaborados por el Prof. J. Tricart e Ing<sup>o</sup> G. Maire.

#### A. PROFESOR JEAN TRICART:

##### 1. Estudio Dinámico de la cuenca del río Escalante. El Vigía Junio 1972

###### a. Objeto del Estudio:

El objeto del estudio ha sido esbozar una visión de conjunto de la dinámica fluvial de la cuenca del río Escalante.

###### b. Método y grado de fiabilidad.

"Trabajando al nivel preliminar no hemos buscado la exactitud de los detalles, sino una visión global que pueda orientar los estudios más detallados, a nivel de proyecto.

Se obtuvo la visión global de la dinámica de los lechos mediante la combinación del conocimiento del terreno y de la comparación sistemática de las fotografías aéreas de las misiones disponibles:

- 1952, de la Cartografía Nacional a escala 1/40.000
- 1966, de Seravenca, misión 010255 a escala 1/25.000
- 1968, de Tranarg para el IAN a escala 1/25.000

Desgraciadamente la misión del año 1966 cubre sólo una estrecha faja de terreno al Norte de la carretera Panamericana.

La misión del año 1952 ha sido ejecutada antes de la deforestación del área de tal forma que la dinámica de los ríos es aún natural y no influenciada por el hombre.

c. Visión General de la Dinámica:

La opinión expresada por nosotros en el año 1971, ha sido plenamente confirmada, nos encontramos en presencia de dos sistemas di  
námicos diferentes y relativamente independientes uno del otro.

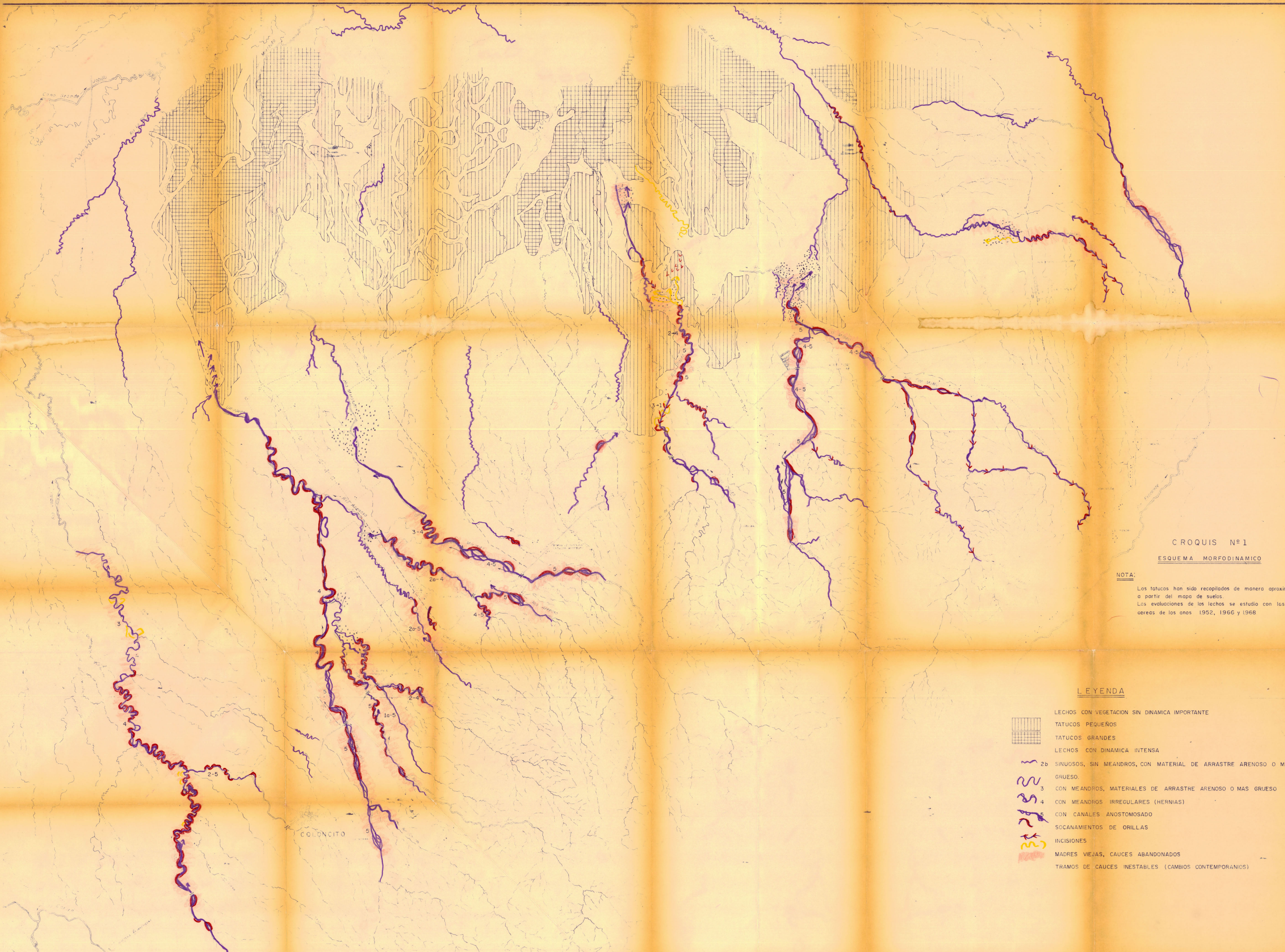
El sistema del piedemonte andino, es constituido por ríos de tipo torrencial, de cauces inestables, que llevan una importante cantidad de materiales de arrastre grueso (cantos rodados y arena). El área de mayor inestabilidad de los lechos se localiza en el sector atravesado por la carretera Panamericana.

Los ríos abandonan su carga gruesa en la propia zona del piedemonte, a una distancia de unos pocos kilómetros aguas abajo de la carretera Panamericana (siempre inferior a 15 Km.).

Las aguas se desparraman a través de las áreas mal drenadas, generalmente afectadas por tatucos, ubicadas al pie de los conos de de  
ycción edificados durante el Cuaternario Reciente (Q), donde predominan materiales finos poco permeables.

El sistema inferior, está constituido por los ríos Morotuto y Gran  
de y el curso inferior del propio río Escalante. Estos ríos cuentan con poca pendiente, con una carga de material de arrastre grueso poco a  
bundante y una escorrentía lenta. Son las crecidas del sistema inferior que provocan las inundaciones de Santa Bárbara del Zulia y de San Carlos.


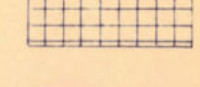

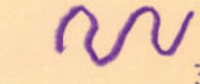
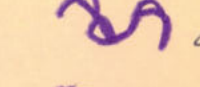



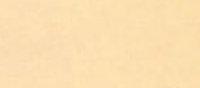
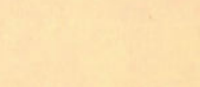
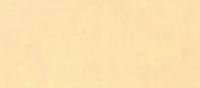
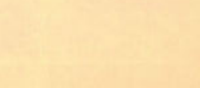
Los dos sistemas son prácticamente desconectados entre sí, como lo pone en evidencia el croquis N° 1 anexo. En efecto, la extensa



CROQUIS N° 1  
 ESQUEMA MORFODINAMICO

NOTA:  
 Los taticos han sido recopilados de manera aproximada a partir del mapa de suelos.  
 Las evaluaciones de los lechos se estudio con las fotos aereas de los años 1952, 1966 y 1968

LEYENDA

-  LECHOS CON VEGETACION SIN DINAMICA IMPORTANTE
-  TATUCOS PEQUEÑOS
-  TATUCOS GRANDES
-  LECHOS CON DINAMICA INTENSA
-  2b SINUOSOS, SIN MEANDROS, CON MATERIAL DE ARRASTRE ARENOSO O MAS GRUESO.
-  3 CON MEANDROS, MATERIALES DE ARRASTRE ARENOSO O MAS GRUESO
-  4 CON MEANDROS IRREGULARES (HERNIAS)
-  5 CON CANALES ANOSTOMOSADO
-  SOCANAMIENTOS DE ORILLAS
-  INCISIONES
-  MADRES VIEJAS, CAUCES ABANDONADOS
-  TRAMOS DE CAUCES INESTABLES (CAMBIOS CONTEMPORANIOS)

zona de tatucales, que se interpone entre ellos, funciona como un filtro, atrasa el escurrimiento del agua y actúa como una obra de control de crecientes, amortiguando los caudales de pico, por otra parte, estos mismos tatucales provocan la decantación de los materiales en suspensión. Los de arrastre más grueso se acumulan más arriba en forma de desparramaderos.

d. Relación con el manejo de la Cuenca:

Consideramos como sumamente necesario aprovechar de esta favorable particularidad natural. Ella en sus efectos alivia la situación ya muy grave de Santa Bárbara del Zulia y de San Carlos y así mismo favorece la factibilidad de las obras de defensa de estas poblaciones.

Tomando en cuenta que la solución técnica del problema de las inundaciones es difícil y costosa es preciso esforzarse para no <sup>tomarla</sup> tomarla todavía más difícil y más onerosa. Persiguiendo este objetivo, es imperativo mantener la desconexión existente entre el sistema dinámico del piedemonte y el de la planicie aluvial. Consideramos además conveniente acentuar esta desconexión, esto es lograble mediante la ejecución del siguiente plan general de manejo.

(1) Reducir la torrencialidad del escurrimiento en las cuencas altas de la falda andina mediante la combinación de las siguientes intervenciones:

- Construcción de pequeñas obras de corrección de torrentes.
- Manejo adecuado de las tierras complementado por ciertas restricciones en el uso de las mismas.

El estudio combinado de Geografía física, Edafología, Agronomía y Conservación con mapeo a escala 1/25.000 recién iniciado, proporcionará los datos necesarios.

- (2) Dominar el transporte de material de arrastre en los ríos del sistema del piedemonte.

Con estos fines, hace falta emprender estudios detallados de cada uno de estos ríos, según una metodología que se está estudiando (Ing° G. Maire)

El río Pajita como lo veremos más adelante, puede ser considerado como un ejemplo representativo para un número mayor de estos ríos y un programa de estudios ya ha sido elaborado para la corrección de su lecho.

La corrección de los ríos del piedemonte tiene por objeto retardar lo más posible la invasión y sepultación de las áreas de tucos por el material de arrastre grueso de los desparramaderos.

En realidad, el efecto amortiguador de los tucuales sobre las crecidas es mucho mayor que el de los desparramaderos. Por esta razón y al precio de las posibilidades existentes en cuanto a un mejor uso futuro de las tierras, no nos parece deseable permitir una acelerada invasión de los tucuales por el avance de las arenas de los desparramaderos.

Es preciso tener presente que para lograr un beneficio de extensión agrícola muy pequeño, tendremos que afrontar el surgimiento de nuevas condiciones agravantes del problema de inundaciones

a la altura de Santa Bárbara del Zulia y del paralelo aumento de las obras de protección. Para contrarrestar este grave inconveniente, aconsejamos la realización lo más pronto posible de las obras de corrección de los ríos del piedemonte con la finalidad de reducir radicalmente la tasa de llegada de los materiales arenosos hacia el área de los desparramaderos.

- (3) Estudiar todos los sitios que se prestan para los fines de la factibilidad de ejecución de obras de desviación de los ríos de la cuenca alta-media del río Escalante, hacia las áreas de tatucos, localizados en la proximidad del piedemonte. Esto con objeto de lograr una mayor separación y alargar la distancia de escurrimiento lento de las aguas, entre los dos sistemas hidráulicos y así mismo aumentar el efecto amortiguador que posee este sector sobre las crecidas.

Este efecto amortiguador tendría además otra consecuencia favorable. Hemos observado en el río Grande y en los tramos inferiores de los ríos Morotuto y Escalante tendencias a activarse del punto de vista morfodinámico y las grandes crecidas del mes de Mayo 1972, han acentuado esta tendencia de un modo preocupante. Los mencionados ríos poseen cauces meándricos que existían ya en el año 1952, pero es de suma importancia oponerse al aumento de la carga de material de arrastre grueso y conservar en lo posible la estabilidad de los cauces de estos ríos, de donde el requerimiento del aumento del sector de amortiguación de las creci

das.

- (4) Estudiar la posibilidad de la edificación en el área plana de algunos embalses, mediante diques de tierra para obtener un cierto control de las crecidas y estabilizar los ríos del sistema inferior.

e. Tipos de lechos:

Hemos clasificado los tipos de lechos de acuerdo a su dinámica as pacífica y la posibilidad de identificarlos sobre las fotografías aéreas único documento del cual disponemos para estudiar su evolución a lo largo de 20 años.

El orden de los números usados en la leyenda del mapa coincide con una actividad morfodinámica creciente, o sea con una inestabilidad creciente y una cantidad creciente de arrastre de material grueso.

De manera muy frecuente, encontramos a lo largo de los ríos del piedemonte, la sucesión de los tipos de lechos siguientes:

- Aguas arriba, lechos del tipo 2a, o sea, ligeramente sinuosos con una buena protección vegetal de las orillas. Estos lechos son prácticamente estables generalmente están cortados dentro de un material grueso, depositado durante el Cuaternario Reciente ( Q ) el cual pasa de la competencia del río y forma un pavimento hidráulico. En estos lechos, el escurrimiento es frecuentemente de tipo torrencial, pero hay poco transporte de material de arrastre grueso.
- Aguas más abajo aparecen lechos menos estables, con una carga importante de material de arrastre grueso. Los cauces se tor -

nan más sinuosos, en ciertos tramos aparecen meandros típicos . La carga de material de arrastre grueso proviene de una tendencia a la incisión del lecho, cuya competencia impide que se formen pavimentos hidráulicos y de algunos socavamientos. En ciertos casos pueden observarse cortos tramos con canales anastomosados, los cuales originan socavamientos de orillas asociadas con substitutiones de carga.

Estos lechos se localizan en los valles del piedemonte y a veces, en la cabecera de los conos de deyección del Cuaternario Reciente.

- En el piedemonte típico, la inestabilidad crece aún más con tramos de lechos con canales anastomosados. Los socavamientos de orillas son importantes y proporcionan una gran cantidad de material de arrastre grueso. Ellos coinciden también, con una cierta acumulación de material, una substitución de carga tomando lugar. A veces, predomina la acumulación. En un caso extremo , del cual el río Boconó brinda un ejemplo, puede observarse una tendencia a la edificación de un cono de deyección. Generalmente son lechos de este tipo que caracterizan los ríos del piedemonte en los sitios donde los cruza la carretera Panamericana. Así puede comprenderse el riesgo que corre dicha carretera y la cantidad de las obras de protección y de emergencia que se requieren.

- En el sector de canales anastomosados se deposita una parte im

portante de la fracción más gruesa del material de arrastre (cantos rodados). Eso explica que, en el tramo localizado aguas abajo, el lecho dibuja meandros. Generalmente son meandros irregulares, formando un tipo de transición con los canales anastomosados. El calibraje del lecho es malo: su ancho varía dentro de un mismo meandro. La parte extrema de la orilla convexa está frecuentemente constituida por un sistema de bancos y canales, como en el tipo de lecho con canales anastomosados. Los socavamientos son intensos durante las crecientes. El sistema de bancos y canales de las orillas convexas tornan más fácil la resección de los meandros. Esta tendencia natural, hizo que la resección de algunos meandros ejecutada por hacendados en un tramo del cauce del río Pajita en el año 1.967 o en los primeros meses del año 1968, tuviera éxito. El lecho se ha estabilizado y en 4 ó 5 años, hubo una incisión de más de 1 m. lo que ha mejorado el drenaje y disminuído los riesgos de inundaciones. Estos tramos de lechos, se localizan generalmente en la parte aguas abajo de los conos de deyección (Q), donde el material es principalmente arenoso y donde los cantos rodados se tornan escasos. Estas condiciones granulométricas, hacen que el socavamiento de orillas pueda ser muy rápido como lo demuestra el río Pajita, tomado como ejemplo. El material liberado por estos socavamientos tiene una buena movilidad y se arrastra rápidamente hasta los desparramaderos vecinos.

- El cauce inferior forma los desparramaderos. Por lo general, los meandros dejan lugar a un trazado más rectilíneo, con pocas sinuosidades y socavamientos de orillas. Estos tramos actúan esencialmente como canales de evacuación del material de arrastre, proporcionado por el tramo aguas arriba con meandros muy activos. Podría compararse con una chorrera.

Las orillas cambian poco, sin embargo estos tramos inferiores son inestables. En efecto, durante las crecientes, pueden producirse obstrucciones del cauce, incluso por el propio material de arrastre. Ellas originan desbordamientos, que tienen frecuentemente como consecuencias cambios de cauce. El desparramadero se caracteriza por una dinámica de difluencias inestables, como los conos de deyección y los deltas.

La sucesión de los diversos tramos es a veces incompleta por ejemplo, sobre el propio Escalante, el desparramadero, muy pequeño, viene a continuación de un tramo con meandros el cual proporciona el material que lo edifica. El río Umuquena termina con un tramo recto muy corto y no se observan canales definidos en el propio desparramadero, donde funciona una acumulación generalizada. La torrencialidad de este río es muy grande y su carga arenosa muy abundante.

El río Pajita se caracteriza por una sucesión típica de los diversos tramos y puede, así mismo, considerarse como un ejemplo representativo de los ríos de piedemonte inestables, los que plan-

tean problemas.

f. Evolución de los lechos:

Hemos analizado la disposición de los diversos tipos de lechos en el espacio, la cual es la consecuencia de la dinámica actual. La comparación de las diversas fotografías aéreas de épocas diferentes nos ha permitido estudiar su secuencia a lo largo de 20 años, con ciertas deficiencias. Por ejemplo, a veces disponemos solamente de las fotografías del año 1952 y las del año 1968, sin ninguna etapa intermedia. La utilización de los mosaicos SLAR del año 1971, no puede ser precisa por la escala del 1/100.000 y por el tipo de imagen, no tenemos ninguna actualización posterior a las crecientes de mayo 1972.

Nuevos levantamientos aéro-fotográficos a gran escala, serían de una gran utilidad para el ordenamiento de la cuenca del río Escalante.

A pesar de las limitaciones, podemos sacar algunas conclusiones referentes a los cambios de dinámica de los ríos de la cuenca después de la deforestación.

De manera general, los tramos con dinámica activa se alargaron principalmente hacia aguas abajo. El río Pajita brinda un buen ejemplo de esta evolución, anteriormente, al año 1966, se edificó su desparramadero arenoso en el sitio llamado Ortiz Flores, en el año 1971 empezó a acumular 5 Km. aguas más abajo y siguió haciéndolo en el año 1972.

El río Arenoso edificaba, en el año 1952 un desparramadero a-

guas arriba de la carretera Panamericana, en el año 1968, éste ocupa el área de confluencias con el río Amargoso.

Otra característica muy frecuente, la dinámica se ha tornado mucho más activa y los movimientos de material de arrastre son mucho más abundantes. Por ejemplo el río Pajita, en el año 1952, no edificaba ningún desparramadero. Su cauce, aguas abajo de un tramo con meandros sin socavamientos intensos de orillas, se tornaba más angosto y desaparecía gradualmente debajo del bosque, aguas arriba de Ortiz Flores. Los tramos con canales anastomosados y con meandros muy activos y el propio desparramadero han aparecido entre 1952 y 1966 . En un mismo sitio se suceden frecuentemente con el tiempo, varios lechos en orden de nuestra clasificación.

Esta clasificación hace resaltar las etapas sucesivas de la degradación del régimen morfodinámico de los ríos, como consecuencia de la modificación de su régimen hidrológico y así mismo, proporciona una base aceptable para el estudio de los problemas de manejo de estos ríos."

## 2. OBSERVACIONES CORRESPONDIENTES A VARIOS RIOS Y CAÑOS DE LA CUENCA DEL RIO ESCALANTE, JUNIO 1972. J. TRICART.

En este trabajo esquemático, preparado en forma de cuadros, los cursos de aguas de la cuenca del río Escalante se estudian según secuencias Este - Oeste.

## Río Escalante

Tramo	Principales Cambios
<p>1.....</p> <p>5 primeros km. <u>a</u> guas abajo de la carr. Panamericana.</p>	<p>Lecho de canales anastomosados. El material de arrastre grueso se acumula en los 2,5 primeros Km. Esta <u>ten</u>dencia se ha exagerado desde 1966. El lecho de acumulación es más ancho actualmente que en 1966.</p> <p>Aguas abajo de este tramo, los canales anastomosados se combinan con socavamientos de orillas. El lecho es mucho más angosto. Después del año 1966, el ancho ha aumentado y los socavamientos se han acentuado.</p>
<p>2.....</p> <p>Entre 5 y 10 km. de la carretera Pa namericana.</p>	<p>Zona de desparramadero muy poco activo: la cantidad de material de arrastre que llega es pequeña, proporcionada por los socavamientos de meandros del final del tramo anterior. El desparramadero arenoso es muy pequeño y se localiza inmediatamente aguas abajo de un tramo con meandros poco activos. Este sector alimenta difluencias que provocan inundaciones.</p>
<p>3.....</p> <p>Difluencias:</p>	<p>a) Una de ellas se une con el río Las Quebradas, no demuestra ninguna actividad morfodinámica.</p> <p>b) Otra alimenta al caño Ratón. Sus tres primeros kilómetros presentan las orillas con vegetación. El cauce ha sido afectado por varios cambios desde el año 1966, pero no desempeña actividad morfodinámica.</p>

ca. Aguas abajo, un sector de 6 Km. aproximadamente se caracteriza por pequeños meandros poco activos y por una hilera de material de arrastre, este material no llega más abajo. El difluente colinda con un área de tatucales.

- c) A continuación del tramo superior del río Escalante, aguas abajo del desparramadero, las aguas inundan una extensa superficie, no se observa canalización definida hacia el sistema inferior.

Los dos sistemas, el inferior y el del piedemonte, quedan sin conexión a pesar de una cierta tendencia actual hacia la incisión de lechos mejor definidos. Oponerse a esta tendencia nos parece aconsejable pero no de primera urgencia.

#### Caño Negro

Este caño recolecta las aguas de varias quebradas que entallan la parte Occidental del gran cono antiguo del río Escalante.

- 1..... Cuenta con una cuenca de poca extensión, pero demuestra una cierta actividad morfodinámica. La quebrada ha edificado un pequeño desparramadero posterior al año 1966 ubicado inmediatamente aguas abajo de una serie de meandros con socavamientos de orillas. Aguas arriba de estos meandros se nota tendencia a la
- Quebrada situada al Este del río Las Quebradas.

- incisión.
- 2..... Ha desempeñado una actividad morfogenética desde el año 1966, acusa cierta incisión de lecho cerca de la carretera Panamericana, meandros con socavamientos aguas abajo y edificación de un desparramadero con candas:
- Río Las Quebra -
- das:
- 3...Caño Negro al Norte del Paralelo de Boconó. Cauce bien definido, con hilera aluvial. Desde 1966 se nota tendencia en varios tramos a formar meandros y socavamientos poco activos

#### Caño Azul

- 1..... Todos estos caños se alimentan con aguas de infiltración en el cono del río San Mateo, poseen lechos estables con vegetación de orillas.
- Sistema de caños Occidentales.
- 2..... Este caño se alimenta con desbordamientos del desparramadero del río Boconó. En su cabecera, está entallado en el material arenoso y se lleva una pequeña cantidad de material de arrastre. Hasta la confluencia con el caño Azul, su lecho es sinuoso y estable.
- Caño más Oriental de la cuenca.
- 3..... Hasta algunos centenares de metros al Oeste del meridiano de Boconó, el lecho evidencia una hilera de material de arrastre arenoso, pequeños meandros con evo-
- Caño Azul aguas abajo de la últi-

ma confluencia  
importante.

lución muy lenta y buena protección vegetal de las orillas.

### Río San Mateo

1.....

Quebrada Agua  
Blanca.

Esta quebrada lleva material de arrastre grueso desde muy cerca de su cabecera y tiene tendencia a encajarse. Aproximadamente 2 Km. aguas arriba de la confluencia, ha formado canales anastomosados, inestables. El último kilómetro de su cauce dibuja meandros con evolución bastante rápida.

2.....

Afluente principal de la margen izquierda del río San Mateo.

Desde la confluencia con el Riecito, evidencia material de arrastre grueso en el lecho, incisión y meandros con evolución bastante lenta. El tramo inferior (3 Km.), tiene tendencia a la acumulación en forma de canales anastomosados y por desbordamientos. Esta acumulación está combinada con substituciones de carga y socavamientos de orillas.

3.....

Propio río San Mateo aguas abajo de la confluencia con la quebrada la Blanca

Importante arrastre de material grueso y gran inestabilidad del lecho. Desde 1952 se han desarrollado canales anastomosados con substitución de carga por socavamiento de orillas. La tendencia a la acumulación provoca desbordamientos, principalmente cerca del puente de la carretera Panamericana y de la confluencia con el río Boconó. Desde 1966, abajo de la carretera Pa-

americana, los canales anastomosados han substituído a los meandros con hernias.

### Río Boconó

1.....

Afluentes:

Los afluentes de la margen derecha en su curso inferior se caracterizan por lechos con transporte de material de arrastre grueso. El que confluye aproximadamente 5 Km. aguas arriba de la carretera Panamericana, forma canales anastomosados a lo largo de los 700 m. de su curso inferior. Estos son inestables y han sufrido cambios notables entre 1966 y 1968

2.....

Río Boconó entre la confluencia con el río San Mateo y su desembocadura en el piedemonte.

El río se localiza sobre el borde del cono Cuaternario, al contacto con las colinas de la falda andina. A lo largo de todo este tramo, su tendencia es acumular material de arrastre grueso (cantos rodados y arenas). La inestabilidad del lecho es grande, pero las substituciones de carga no son muy importantes, lo que es favorable para el tramo inferior, ubicado aguas abajo de la confluencia con el río San Mateo.

Tres kilómetros aguas arriba de este tramo, se observa una tendencia crónica a desbordamientos hacia la margen izquierda, estos se manifestaron entre los años 1952 y 1966. Simultáneamente se desarrollan canales anastomosados muy inestables y algunos socavamientos de ori-

llas (principalmente en la margen derecha).

Un kilómetro aguas abajo, la tendencia es hacia la e dificación de un cono de deyecación, muy inestable , el cual almacena el material de arrastre.

En los últimos 3,5 Km. aguas arriba de la confluencia con el río San Mateo, el lecho sigue siendo muy inestable. En el presente, es del tipo de canales anastomosados y substitución de carga por socavamientos de orillas. La situación empeoró entre los años 1966 y 1968, con la substitución de meandros irregulares, por estos canales anastomosados. La carretera Panamericana cruza el río Boconó en este sector.

Una corrección del río Boconó en este tramo, podría lograrse mediante protección de orillas para disminuir los fenómenos de substitución de carga, los cuales acentúan la inestabilidad del lecho.

3.....

Río Boconó aguas abajo de la confluencia con el río San Mateo.

Este tramo constituye el desparramadero del sistema San Mateo - Boconó. Ofrece la particularidad de localizarse muy alto en la zona de piedemonte, como consecuencia de la granulometría muy gruesa del material, la cual implica una menor movilidad. El estudio de las fotos aéreas sugiere, que la mayor parte del material acumulado en el desparramadero se origina con el río San Mateo. En efecto, como lo hemos

indicado anteriormente, existen importantes acumulaciones a lo largo del propio río Boconó al Sur de la carretera Panamericana.

En este desparramadero pueden diferenciarse dos subdivisiones:

- Un kilómetro aguas arriba se observa un lecho sinuoso con canales anastomosados de poco ancho. Este lecho es bastante estable a pesar de una cierta tendencia al socavamiento de orillas. Esporádicamente funcionan desbordamientos sobre las dos orillas.
- Un kilómetro aguas abajo de la confluencia con el río San Mateo, las aguas se desparraman durante las crecidas. El lecho es cada vez menos marcado y se pierde. Hubo varios cambios, en forma de una alternancia entre dos vías de escurrimiento: una hacia el Oeste y otra hacia el caño Azul. En el pasado, el escurrimiento hacia el Oeste ha sido el más importante, como lo demuestra la existencia de cauces abandonados, con meandros, que llegan hasta el área de tatucales del final del río Pajita. Recientemente parece predominar la tendencia de un escurrimiento hacia el caño Azul. Los desbordamientos en esta dirección no ofrecen inconvenientes por afectar un área de tatucos.

### Río Pajita

1.....

Este caño se alimenta por desbordamientos del río Pajita en la cabecera de su cono de deyección Cuaternario y por infiltraciones en el mismo. Su dinámica no es intensa, además el material grueso de la parte superior del cono de deyección perjudica en los cambios geométricos del lecho.

Caño del Bandal

Es sólomente en su curso inferior que la dinámica se torna más activa. Un tramo de mil metros se caracteriza por meandros de evolución bastante lenta, en un material más arenoso. En 1968 persistía todavía en este sector un corto tramo sin actividad, con una buena protección vegetal inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el río Pajita.

2.....

Río Pajita de la cabecera del cono Cuaternario, hasta un kilómetro aguas abajo de la carretera Panamericana.

El río Pajita tiene tendencia a la incisión del cono de deyección Cuaternario, lo que reduce la inestabilidad de su lecho, pero encuentra dificultades por lo grueso del material. Se desarrollan canales anastomosados, con socavamientos de orillas. Los cambios son notables entre 1952 y 1966 y entre 1966 y 1971. Inmediatamente aguas abajo de la carretera Panamericana algunos desbordamientos han funcionado en el pasado. El riesgo de su repetición ha disminuído seriamente como consecuencia de la incisión del lecho en el tramo señalado

3. ....
- Río Pajita tramo  
1 Km. aguas aba  
jo de la carrete-  
ra Panamericana  
y caño Bandal.
- La tendencia natural de este tramo era hacia el desa -  
rrollo de meandros cortados en el cono de deyección  
Cuaternario cuyo material es aquí bastante variado (pre  
dominio de arena, pero con lentes de cantos rodados y  
con algunas acumulaciones finas de cubetas de desbor-  
damiento). Una rectificación efectuada por los hacenda  
dos en el fin del año 1967 o en el inicio de 1968, ha  
ha sido exitosa y el lecho recto se ha estabilizado y  
encajonado de 1 a 1,5 m. de profundidad.
4. ....
- Del caño El Banu  
dal hasta la Hda.  
Ortiz Flores.
- Este tramo es muy activo. En 1952, el río perdía el leu  
cho cada vez menos nítido en el bosque. Entre 1952 y  
1966, el lecho se inciso en el material de la parte bau  
ja del cono arenoso. Este material se presta al socavau  
miento y al arrastre. Se han desarrollado meandros con  
importantes socavamientos, con una transición hacia  
los canales anastomosados en la parte aguas arriba del  
tramo. Este es el tramo que proporciona el material au  
renoso que se acumula en el desparramadero.
5. ....
- Aguas abajo de  
Ortiz Flores.
- Sector de desparramaderos, existe tendencia muy nítida  
a una progresión rápida hacia aguas abajo y una  
gran inestabilidad del lecho y del cauce.
- Entre los años 1964 y 1968 se ha edificado un despa-  
rramadero inmediatamente aguas abajo de Ortiz Flores.

Varios difluentes han salido hacia un caño situado al Este del camino de penetración.

Posteriormente, las aguas han recuperado el cauce anterior a este desparramadero, el cual existía en 1964 (pero no en 1952). En 1971 y 1972, se ha edificado un nuevo desparramadero en la margen derecha del cauce viejo, cortando el camino de penetración.

#### Río Morotuto

- 1.....  
Aguas arriba de la carretera Panamericana hasta 3 Km. aguas abajo.  
Sector proveedor de la carga de arrastre grueso. En el 1952 existían canales anastomosados, pero el lecho no era muy ancho y en su actividad era mucho menor que en el presente. Desde el año 1966, los canales anastomosados se han desarrollado y se han desencadenado fenómenos de sustitución de carga, con socavamientos de orillas.
- 2.....  
De la carretera Panamericana hasta 3 Km. aguas abajo.  
Tramo con tendencia a la acumulación. Se han desarrollado canales anastomosados muy inestables, con algunos socavamientos de orillas (sustitución de carga) y desbordamientos. En 1952 este sector se caracterizaba por meandros bastante estables y con hernias desde el año 1964. La actividad es notable.
- 3...Entre 3 y 4 Km. aproximadamente  
En 1952 se edificaba, en este tramo, un pequeño desparramadero arenoso. Han aparecido posteriormente ,

aguas abajo de la  
carretera Paname-  
ricana.

4. ....

A partir de 4,5  
Km. aguas abajo  
de la carretera Pa-  
namericana.

meandros activos, con fuertes socavamientos de orillas y en el año 1968, meandros con hernias. Es este tramo el que proporciona una buena parte del material arenoso que forma el desparramadero.

Desparramadero. Consiste de un tramo recto, sin socavamientos de orillas, en el cual funciona esencialmente el arrastre y que finaliza en el desparramadero propiamente dicho. Algunos desbordamientos ocurren en el tramo recto.

Este desparramadero se localiza mucho más aguas abajo que el del año 1952.

En la parte aguas abajo del desparramadero, las aguas que se concentran nuevamente en un pequeño cauce, con un lecho muy sinuoso, caracterizarlo por una hilera de material arenoso. Este pequeño cauce no se conecta con el lecho aguas arriba del desparramadero y desemboca en un área de tatucos.

#### Río Arenoso

1. ....

Aguas arriba de la  
carretera Paname-  
ricana.

En este tramo el río Arenoso y su afluente de margen izquierda son inestables. Se han formado lechos con canales anastomosados. En algunos lugares (afluente), estos ocupan sitios donde, en 1966, habían sólo meandros, en otras, los canales anastomosados se han de-

sarrollado mucho, con importantes socavamientos de orillas. Existe tendencia del río Arenoso a desbordar en su margen derecha en dirección de la carretera Panamericana y del río Morotuto.

2.....

Desde la carretera Panamericana hasta 1,5 Km. aguas abajo.

Este tramo funcionaba en el año 1952, como desparramadero arenoso, poco activo. El lecho dibujaba pequeños meandros y desaparecía paulatinamente, de vez en cuando hubo recortes de meandros.

Desde 1952, los cambios no han sido grandes, el lecho tiene tendencia a la incisión pero se mantiene prácticamente estable.

3.....

Desde 1,5 Km. abajo de la carretera Panamericana, hasta la confluencia con el río Amargoso.

Los cambios son muy importantes. Se ha excavado un lecho con meandros muy activos posteriores al año 1966. Estos meandros provocan intensos socavamientos de orillas y desde el año 1968, están en un estado de transición con los canales anastomosados (tipo con hernias). El material arenoso proporcionado por los socavamientos de orillas de estos meandros se acumula parcialmente en un pequeño desparramadero, aguas arriba de la confluencia con el río Amargoso.

4.....

Aguas abajo del río Amargoso.

En este tramo hay transporte del material arenoso hacia el río Umuquena, pero el lecho permanece bastante estable. Ofrece una evolución de meandros lenta, con pocos socavamientos de orillas y algunas seccio -

nes de meandros.

Los tramos 3 y 4 del río Arenoso se han modelado posteriormente al año 1952. En efecto, en 1952 el río Arenoso se perdía 300-400 m. al Norte de la carretera Panamericana, con un lecho estabilizado por la vegetación. Es otro ejemplo típico de la migración hacia aguas abajo de los diversos tramos dinámicos de los ríos del piedemonte.

#### Río Amargoso

1.....

Aguas arriba de  
la carretera Pana  
mericana.

Este tramo era poco activo en 1952. Posteriormente, se ha tornado inestable. En 1952, sólo se podía observar una estrecha hilera de aluviones en un lecho, que se perdía a poca distancia al Norte de la carretera Paamericana. En la fundación Carmelo, en 1966, funcionaba un pequeño desparramadero arenoso. En 1968, no era más activo, ya existía un tránsito continuo del maaterial de arrastre en todo este tramo.

2.....

De la carretera  
Panamericana a la  
Hda. Los Cañitos.

En 1952, este tramo era el desparramadero terminal del río con una actividad poco violenta. En 1968, ya se había organizado un lecho continuo desde la carretera Panamericana hasta el río Umuuqueña. Frente a la Hda. Los Cañitos y a lo largo del nuevo cauce, se han deusarrollado meandros muy activos con intenso socavamienu

3...Desde la Hda.  
Los Cañitos has-  
ta el río Arenoso

to.

En este tramo se ha modelado un lecho con meandros regulares pero cuya evolución es lenta.

#### Río Umuquena

1.....

Hasta 2 Km. aguas abajo de la carretera Panamericana.

El río siempre ha sido inestable en este tramo. Se caracteriza por canales anastomosados. Desde 1952, el lecho se ha ensanchado con socavamientos de orillas. A unos 700 m. aguas abajo de la carretera Panamericana, puede notarse una tendencia al desbordamiento sobre la orilla izquierda.

2.....

Entre 2 y 15 Km al Norte de la carretera Panamericana.

El lecho ha sufrido cambios importantes posteriores al año 1952, pero en 1952, ya era inestable. La tendencia ha radicado en una exageración de los meandros con la resección de varios de ellos. Después del año 1964, los meandros se tornan más irregulares con hernias. Estas características parecen indicar una tendencia a la formación de un lecho con canales anastomosados.

3.....

Aguas abajo de 15 Km. de la carretera Panamericana.

Desparramadero terminal. Acumulación arenosa, sin lecho definido. La acumulación funciona por capas y las aguas se estancan en áreas de tatucos. Posteriormente al año 1952 la acumulación ha crecido notablemente. La evolución del tramo dos, proporciona

mucho material de arrastre y favorece la permanencia de esta tendencia.

#### Quebrada La Blanca

1.....  
Hasta 1 Km. de  
la confluencia con  
el río Coquetería.

En 1952, la quebrada tenía un lecho estrecho, con pequeños meandros irregulares, pero su actividad ha aumentado mucho. En 1966 dibuja meandros con importantes socavamientos y en 1968 estos se transforman en meandros con hernias.

2.....  
Ultimo kilómetro  
antes de la confluencia en el río  
Coquetería.

Tramo del desparramadero terminal, los desbordamientos por encima de las orillas aparecen ya un poco más aguas arriba. En el desparramadero, el lecho desaparece paulatinamente y se pierde, con acumulación de arena, que llega hasta el propio río Coquetería.

#### Caño Amarillo (afluente de la Qda. La Blanca).

En 1952, este caño no desempeña ninguna actividad morfodinámica notable. En 1966, el lecho estaba aún bien protegido por la vegetación, pero ya se notaba una muy angosta hilera aluvial en la parte aguas arriba del cauce. En 1968, el lecho se ha ensanchado, ha tomado un ancho irregular y se está iniciando una dinámica de canales anastomosados.

#### Río Coquetería

1.....

Hasta 2 Km. aguas abajo de la carretera Panamericana.

En este tramo, el río ha sido siempre inestable, pero este ha crecido notablemente después del año 1952. El lecho, con canales anastomosados, se ha ensanchado y los socavamientos de orillas se han intensificado. Aparecen varios desbordamientos principales en la margen derecha aguas arriba de la carretera Panamericana.

2.....

Desde 2 Km. aguas abajo de la carretera Panamericana hasta el río Umuquena

En este sector, la actividad es menos intensa. La tendencia actual es a la formación de meandros con evolución no muy rápida y constituye un cambio importante, ya que en 1952, el cauce se perdía en un desparramadero a poca distancia aguas abajo de la carretera Panamericana.

En 1968, un tránsito continuo de material de arrastre ya funcionaba hasta el río Umuquena, lo que permitía la edificación de una acumulación arenosa de desbordamiento en la margen derecha cerca de la confluencia. Una parte del material de arrastre llevado por el río Coquetería continúa su camino por el propio Umuquena.

#### Caño Real

El caño Real desempeña una actividad morfodinámica únicamente a lo largo de los 3 últimos kilómetros de

su cauce.

En 1952, se caracterizaba por una estrecha hilera sinuosa de material de arrastre.

En 1966, el lecho se ha ensanchado y dibuja meandros nítidos. Posteriormente, se han multiplicado los socavamientos de orillas y ahora aparecen canales anastomosados.

### Río Jabillo

1.....

Aguas arriba de la carretera Panamericana.

En 1966 el río tenía un lecho móvil con material de arrastre abundante. Desgraciadamente no disponemos de documentos anteriores.

El lecho tiene tendencia a formar canales anastomosados, pero no logra ser muy inestable por encontrarse en un valle angosto. Inmediatamente aguas arriba de la carretera Panamericana en un tramo de 700 m., el río es mucho más inestable, con desbordamientos y canales anastomosados nítidos en vía de acentuación en 1966.

2.....

Entre la carretera Panamericana y 1,5 Km. aguas abajo.

En 1966 este tramo ya era inestable, con canales anastomosados, tendencia a desbordamientos intensos y socavamientos de orillas. Posteriormente, el lecho se ha ensanchado como consecuencia natural en este tramo en la deposición de la carga de arrastre grueso que

3. ....

Entre 1,5 y 8 Km  
aguas abajo de  
la carretera Pa -  
namericana.

llega de la cuenca superior. En 1952, este sector estaba con meandros.

En 1952, este tramo dibujaba meandros muy cerrados, irregulares y sin socavamientos notables. El tránsito de material de arrastre grueso no era muy abundante.

En 1964-66, el aspecto ya ha cambiado, los meandros han evolucionado por socavamiento de orillas, algunos de ellos han sido recortados, principalmente cerca de la confluencia del caño Real, además aparecen algunas pocas hernias aguas arriba de este confluente. Esta evolución puede ser atribuida a la llegada en mayor cantidad de material de arrastre grueso, desde el tramo más arriba. En efecto, durante el mismo período, en este tramo los canales anastomosados han sucedido a meandros poco activos.

En 1968, esta tendencia se ha intensificado aún más. Las hernias son más frecuentes y más desarrolladas, los socavamientos de orillas más activos. El tránsito del material de arrastre grueso se realiza mejor. Eso tiene como consecuencia una degradación de las condiciones dinámicas hacia aguas abajo, pero la persistencia de una galería de bosque a lo largo del río, frena esta evolución desfavorable y es aconsejable conservar esta situación.

4.....

Entre 3 Km. a -  
guas abajo de la  
carretera Paname  
ricana y la ca -  
rretera Panameri  
cana.

Este tramo no ha sufrido aún la degradación que afec -  
ta el tramo anterior, pero si no hay ninguna interven -  
ción, su evolución va a tornarse parecida. Este tramo  
se caracteriza todavía por meandros de evolución lenta,  
hay pocos socavamientos de orillas, a pesar de la re -  
sección de varios meandros entre 1952 y 1964.

Si se deja evolucionar el río de la misma manera como  
evoluciona desde unos 10 años, los socavamientos de o -  
rillas del tramo aguas abajo de la carretera Panamerica  
na van a proporcionar una mayor cantidad de material  
de arrastre arenoso, lo que tendrá como consecuencia  
la edificación de un desparramadero en el área de la  
carretera Coloncito - Orope, con la gran inestabilidad  
característica de este tipo de dinámica.

### 3. DINAMICA DEL CURSO INFERIOR DEL RIO PAJITA.

Prof. J. Tricart. El Vigía, 14 Junio 1972 (Nota Preliminar).

Documentos utilizados:

Mosaico misión A58	Cartografía Nacional	1: 40.000
"	" Seravenca para el MOP	1: 25.000
"	" Tranarg para el IAN	1: 25.000

#### a. Bosquejo geomorfológico del sector:

El río Pajita corre en un lecho cortado poco profundamente (2 - 4 m)  
en el cono de deyección edificado por él mismo durante el último períoo

do glaciar. Utilizaremos, para designar este cono, el símbolo Q. Este cono está bordado por los conos de los ríos Boconó y Morotuto, los cuales son de mayor desarrollo y extensión.

El material del cono Q, del río Pajita es integrado por bloques y rodados con poca arena en la parte alta, sea aproximadamente desde la carretera Panamericana hasta el Sur. Al Norte de esta carretera, los rodados se tornan cada vez más escasos y las arenas predominan. Ellas alternan, a veces, con material más fino, de cubetas de inundación y con capas muy delgadas de rodados pequeños. Estos últimos han sido observados hasta 1 Km. aguas abajo de la confluencia del caño del Bandal.

b. Naturaleza del material de arrastre del río Pajita:

El lecho del río Pajita, aguas arriba de la confluencia del caño del Bandal, está constituido de rodados cuyo movimiento es lento. Su tamaño aumenta rápidamente hacia aguas arriba. El mayor eje del material llega a los 8 - 12 cm. en el sector próximo a la confluencia del caño del Bandal; 3 Km. aguas arriba de la carretera Panamericana, o sea, aproximadamente a 6 Km. de distancia del punto anterior, se encuentra en el lecho, bloques de hasta 1 m. de largo.

En un punto ubicado a 1 Km. aguas abajo de la confluencia del caño del Bandal, el lecho está formado principalmente por bancos de arena, con pocos rodados que no pasan los 6 - 10 cm. de largo. Más abajo, el material de arrastre es exclusivamente arenoso.

c. Factores de la dinámica del río Pajita:

Estas observaciones ponen en evidencia una disminución muy rápida

del tamaño del material de arrastre en el sector ubicado de ambos lados de la carretera Panamericana. Nos parece que sea una rápida disminución de la pendiente del río que pueda explicar esta característica. Pensamos que ella es la consecuencia de una disminución del caudal del río debida a una importante infiltración de agua en el material muy poroso del cono Q. En período de agua poco alta, puede apreciarse a la vista una disminución del caudal entre la confluencia del río Amarillo con el río Pajita por una parte y la del caño del Bendal con el río Pajita por la otra. Aguas abajo, el caudal crece nuevamente, como consecuencia de la restitución del agua infiltrada en el cono Q. sea directamente en el propio lecho del río Pajita, sea por el intermedio de varios pequeños caños que se unen con él.

Esta infiltración no es proporcional con el gasto del río Pajita. El factor más importante es el tiempo de sumersión. Las crecientes pueden aumentarla principalmente por el intermedio de la extensión de la superficie recubierta de agua. El río Pajita siendo cortado en el cono desborda poco en la parte alta y la superficie inundada durante las crecientes está limitada al propio lecho. El factor determinante es, así mismo, la duración de las crecientes.

La deforestación de la cuenca alta disminuye el tiempo de concentración de las aguas y la tasa de intercepción por la vegetación. Eso hace pensar que las crecientes se hayan tornado más bruscas, más altas y probablemente más frecuentes pero no de mayor duración. Es lo que explicaría los cambios de dinámica que el estudio comparativo de los va

rios mosaicos aerofotográficos ponen en evidencia.

d. Dinámica del sector cerca de la carretera Panamericana:

Desde el año 1952, sea en 20 años, el sector aguas arriba de la carretera Panamericana no ha sido afectado por cambios notables. El lecho está estabilizado por el material de arrastre muy grueso. El tiene tendencia en formar pavimentos hidráulicos y no hay ninguna tendencia definida al encajonamiento del río. El lecho dibuja algunas sinuosidades y se divide frecuentemente en dos o tres canales pero no hay mucho socavamiento de orillas, como consecuencia de la granulometría gruesa del material. El río Amarillo dibuja algunos meandros en su cauce inferior, pero no han evolucionado mucho. La carga sólida, en este tramo, consiste principalmente en material llevado en suspensión, con poca arena. El mayor cambio ocurrido ha sido la formación de una difluencia aprovechando del caño del Bandal. Ella ya existía en el año 1952 pero no era muy importante y parecía perderse en el bosque. El lecho del caño del Bandal ya está mejor definido sobre el mosaico del año 1964 y está muy nítido sobre las fotos del año 1966. Mientras tanto, la deforestación ha progresado rápidamente. Eso nos da a pensar que las crecientes se han tornado más violentas como consecuencia de la deforestación. Pero el funcionamiento más activo de la difluencia del caño del Bandal no suministra una mayor cantidad de material de arrastre. El lecho del caño es pavimentado por rodados grandes y aparece estable. Hemos podido notar muy pocos cambios en los meandros de sus últimos 1.500 m., aguas arriba de la confluencia en el río Pajita, entre los años 1964 y 1968.

e. Dinámica del sector de los desparramaderos:

Los desparramaderos del río Pajita están constituidos únicamente de material arenoso, principalmente de arena media, con una cierta cantidad de arena fina y un poco de limo y arcilla. La arena media se acumula en forma de diques marginales a lo largo de los canales de los expayamientos y en forma de abanicos terminales. En estos, pasa rápidamente a arena fina mezclada de limo. Entre los diques en áreas de escurrimiento más lento, peinado por la vegetación, se depositan materiales más finos, arena muy fina y limo. Pero, como los canales son muy inestables, dentro de un lapso de tiempo corto, en un mismo punto se superponen materiales de diversas granulometrías, los cuales se mezclan entre ellos por ser retomados a veces y por la acción biótica.

La naturaleza del material de los desparramaderos es tal que este material puede ser originado de la cuenca alta sólo en pequeña proporción. El viene principalmente del propio cono Q. en el cual está cortado el río Pajita.

La comparación de los fотомосáicos sucesivos pone en evidencia los hechos siguientes:

- (1) Aguas arriba del Km. 4,8 de la vía de penetración de Caño Amarillo, el lecho del río Pajita se ha ensanchado mucho durante los últimos años, principalmente entre los años 1964 y 1966. La proporción varía de 5 a 10 veces. Simultáneamente, los meandros han cambiado de forma. El radio de curvatura ha aumentado y la largura de onda también. Estas características son especialmente notables aguas abajo

de la confluencia del caño del Bandal, donde meandros de onda muy corta con curvas fuertes han sido transformados en sinuosidades de ondas más largas con radios de curvatura mucho mayores. En las fotos del año 1952, pueden observarse meandros muy nítidos pero con un lecho mucho más angosto y sólo en el sector más cercano de la carretera Panamericana. El cambio de geometría del lecho se hizo por el intermedio de amplios socavamientos de orillas, los cuales han sido una importante fuente de material de arrastre. Creemos que ellos han suministrado la mayor parte del material de los bancos que se encuentran en el lecho. Los rodados han sido arrastrados sobre distancias mucho menores que la arena y las fracciones más finas. Por eso, los rodados se tornan escasos aguas abajo de la confluencia del caño del Bandal, sector en el cual las orillas consisten esencialmente de arena. Pero la arena ha sido arrastrada sobre distancias de varios kilómetros.

- (2) Aguas arriba del caño del Bandal, los meandros se han estabilizado posteriormente al año 1966. Como consecuencia de una iniciativa privada, se ha excavado en 1967, un cauce artificial que recorta los meandros en línea recta. Esta obra encontró éxito. El lecho está actualmente muy estable. Hemos observado muy pocas socavamientos de orillas, todos de mínima importancia, a pesar de las fuertes crecientes de los meses de marzo, abril y mayo de 1972. Las orillas son colonizadas por la vegetación. El movimiento de material de arrastre en el lecho parece poco importante. El cauce artificial es establecido a una cota inferior de 1,5 m. aproximadamente a la del lecho natural anterior, con meandros. E

sos no funcionan más y son colonizados por la vegetación. No hemos observado ninguna acumulación aluvial en ellos. Eso significa que no hay ningún riesgo de acumulación de material grueso de desbordamiento en este sector. Las fotos de 1968 muestran que, antes de la incisión del lecho causada por la rectificación, los desbordamientos eran bastante importantes y provocaban una cierta acumulación de material. Esta rectificación puede considerarse como un experimento exitoso, el cual confirma el diagnóstico preliminar nuestro del año 1971.

- (3) Aguas abajo del Km. 4,8 de la vía de penetración de Caño Amarillo, se ha edificado, poco antes del año 1968, probablemente en 1967, un desparramadero arenoso muy externo. Llega a 2,5 Km. de ancho y a 1,7 de largo, en promedio. Su superficie aproximada es de 4 Km<sup>2</sup>. En este sector, el lecho del año 1966 era muy angosto, con meandros de curvas muy cerradas y tenía una capacidad de esorrentía muy baja. Ha sido probablemente tapado por una llegada abundante de arena, movilizada por el socavamiento de orillas descrito en el punto a.

Las aguas desparramadas sobre este explayamiento han formado una difluencia. Una parte de ella se ha quedado al Oeste del camino de penetración, escurriéndose a lo largo del antiguo cauce, rumbo a la hacienda La Gloria. La otra parte ha cruzado el camino de penetración al Km. 5,1 - 5,3 y al Km. 6,3 y llegaron, a poca distancia al Este en un caño antiguo alimentado por las aguas locales del propio cono Q. El lecho de este cono ha sido un poco excavado, tornándose más nítido, pero sin cambios grandes. Ambos difluentes llevan

las aguas en una cubeta boscosa, muy mal drenada, con suelos casi inaprovechables, muy hidromórficos y afectados por los tatucos. Esta cubeta se localiza al final de la parte recta de la vía de penetración.

- (4) Posteriormente al año 1967, el escurrimiento del río Pajita se ha mantenido a lo largo de su cauce anterior, al Oeste de la vía de penetración. A la altura del Km. 3 de esta vía, existía, en el año 1964, un pequeño derrame terminal del río Pajita. La acumulación del material arenoso era muy reducido y las aguas llevaban principalmente material en suspensión hasta este sector alejado. Sobre el fotomosaico de 1968, aparecen algunos cambios. El lecho natural anterior está parcialmente interrumpido. Un poco más al Este, aparece un lecho bastante recto, bien nítido, que llega hasta el borde la gran cubeta al terminal de la vía de penetración, a unos 10 Km. de Caño Amarillo. Este lecho presenta las características de un cauce artificial. En 1963, no había huellas de acumulación de material grueso en él y tampoco de socavamiento de orillas. Pero es a partir de este cauce que se han producido los desparramaderos de los años 1971 y 1972 que han cortado la vía de penetración al Km. 9,2 y sepultado bajo la arena varias hectáreas de potreros y varias casas. Este explayamiento está integrado por dos canales principales, ambos orientados hacia el Este rumbo al caño en el cual se han escurrido las aguas del desparramadero del año 1967. Las aguas del río Pajita llegan en la misma cubeta como antes, pero pasando por otro camino, después de destruir casas y de dañar tierras.

## f. Estudios complementarios:

Nosotros consideramos como necesarios los estudios complementarios si guientes:

- (1) Mapear con una precisión satisfactoria, a la escala del 1:25.000, el desparramadero de los años 1971 y 1972. Sería muy útil poder aprovechar, para este trabajo, de un vuelo de avioneta y de fotografías aéreas oblicuas tomadas durante el vuelo. Se ganaría un tiempo considerable. Estas fotografías serían útiles para estudiar la evolución futura del sector. Es evidente que una misión aero-fotográfica regular, con la elaboración de un mosaico prestaría mayores servicios, incluso una mayor exactitud y la posibilidad de un examen estereoscópico . Pero el costo sería mucho más elevado y el plazo de ejecución sería de varios meses, lo que perjudicaría su utilización para la preparación de los planos de obras de emergencia.
- (2) Realizar un levantamiento de perfiles topográficos de los dos cauces entre los Km. 5 y los de la vía de penetración, o sea, entre la cabeza del explayamiento del año 1967 y la cubeta. Para cada uno de estos perfiles, debería establecerse las cotas del fondo del lecho, a lo largo de su eje y de la parte superior de las orillas de ambas márgenes. Cada kilómetro se necesita un perfil perpendicular de un lecho hasta el otro para conocer el terreno entre los dos cauces. El perfil longitudinal del fondo del lecho y de la parte superior de las orillas debería ser continuado a lo largo del río Pajita, hasta la carretera Panamericana, indicándose la cota del fondo del lecho en

los meandros recortados artificialmente en los puntos donde están recortados. Esta cota aparecería como la de la parte superior de las orillas.

(3) Realizar un estudio de reconocimiento geomorfológico del lecho del río Pajita aguas abajo de la confluencia del caño del Bandal, hasta la cubeta terminal y del caño al Este de la vía de penetración aguas abajo del explayamiento del año 1967. Este estudio debe enfocar los siguientes aspectos:

- Los socavamientos de orillas, recientes y vivos (naturaleza del material, perfil de la orilla, disposición del lecho en relación con el socavamiento, colonización por la vegetación).
- Características del fondo del lecho: bancos aluviales, canales, vegetación.

La mejor manera de realizar este estudio es un mapeo geomorfológico a gran escala, por ejemplo al 1:10.000 ó al 1:5.000, utilizando como base las fotografías aéreas del año 1968 cabalmente ampliadas.

La finalidad de este estudio es suministrar la información básica para la ubicación de las obras de protección de las orillas y para rectificación del cauce del río Pajita hasta la cubeta terminal.

g. Propositiones para un ordenamiento del área:

En el momento, sólo podemos definir algunas orientaciones bastante generales, pero que son necesarias para planear los estudios complementarios. Las ideas básicas expuestas en nuestro informe del año 71,

han sido confirmadas por los datos nuevos que hemos podido reunir. Estas ideas son las siguientes:

- (1) El aumento de la carga de material de arrastre del río Pajita es la consecuencia de un aumento de la torrencialidad, debido a la deforestación. Debemos considerar este hecho como un dato prácticamente irreversible a medio plazo (10 - 20 años por lo menos).
- (2) El material que se deposita en los explayamientos viene esencialmente del socavamiento de las orillas aguas abajo de la confluencia del caño del Bandal. Consideramos necesario realizar lo más pronto posible obras de protección de las orillas donde el socavamiento es más importante. Esta protección debe ser flexible. Deben evitarse las estructuras de concreto, que serían ineficaces y hasta peligrosas. El uso de gaviones, contruídos con rodados de la parte alta del cono es una solución que puede estudiarse. Otra posibilidad, que puede combinarse con los gaviones, es la implantación de estacas de palos, hundidos hasta 2 ó 3 m. en el fondo del lecho. Para eso, pueden aprovecharse de los numerosos árboles que crecen en la zona.
- (3) Antes que se logre una disminución de la llegada de material de arrastre, debe mejorarse el drenaje de la zona y facilitarse el escurrimiento del agua del río Pajita hasta la cubeta terminal. Para eso debe estudiarse una rectificación del cauce, sea a lo largo del antiguo cauce natural, al Oeste de la vía de penetración, sea aprovechando el caño utilizado por las aguas en el año 1967, al Este de esta vía. Los estudios recomendados tienen por objeto permitir que se escogiera

la mejor solución del doble de punto de vista de la eficacia y del costo. Un buen encauzamiento de las aguas debe eliminar prácticamente el peligro de inundación de las tierras de cultivo y de acumulación de desparramaderos arenosos. Antes de que se logre una protección eficaz de las orillas aguas arriba, el material arenoso puede ser enviado a la cubeta terminal, cuyas tierras no son aprovechables. La acumulación de material permitirá ganar algunas hectáreas al uso pastoril.

- (4) Esta solución tendrá la ventaja de mejorar las posibilidades de explotación de la hacienda La Gloria donde el IAN contempla realizar una colonización agrícola.
- (5) Deben iniciarse a la brevedad las obras de protección de las orillas para hacer que la cantidad de arena que llegará a la cubeta terminal no sea demasiado grande. En efecto, consideramos como necesario, de acuerdo con las orientaciones generales de ordenamiento de la Zona Sur del Lago, evitar que la carga de material de arrastre del río Escalante pueda crecer. Para tener la necesaria seguridad, debemos mantener cierta capacidad de almacenamiento de material en la cubeta terminal del río Pajita.
- (6) El éxito de la rectificación del cauce del río Pajita cerca de la carretera Panamericana demuestra la factibilidad de un encauzamiento provocado por la resección de meandros. Pero, evidentemente, un ordenamiento de este tipo origina una cierta cantidad de material de arrastre que debe acumularse en algún sitio. Por la razón señalada en

el punto (1), pensamos que debemos ser muy cuidadosos y antes de decidir algo al respecto, es preciso disponer de una mayor información sobre los perfiles longitudinales del fondo de los lechos y de la parte superior de las orillas. Al disponer de esta información, podemos decidir de la factibilidad de una incisión del lecho en los sectores adecuados y poner en balance los beneficios que pueden esperarse de esta incisión para el drenaje de las tierras y la protección contra las inundaciones y, por otro lado, los riesgos de relleno de la cubeta terminal por los sedimentos. (Anexo Croquis N° 2).

#### B. OFICINA EDAFOLOGICA ZULIA ANDES

1. Memorandum "Medidas preventivas para las obras de la zona Sur del Lago de Maracaibo" Ing° J.Kijewski, Mem.N° 43.017141-735 El Vigía Oct. 72

De este memorandum se transcribe la parte correspondiente a la protección del sector del proyectado embalse del río Escalante:

"Presa El Caimán (Sector del embalse del río Escalante).

En la década de los años cincuenta, en previsión de la construcción de la presa retardadora del río Escalante en el sitio El Caimán (Km 100 de la progresiva del cauce del río Escalante - origen Lago), la entonces Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, contemplaba hacer reservar, mediante decreto, una superficie de 37.000 Ha. como área de posible embalse; esta medida no ha sido introducida y puesta en vigencia.

Al transcurrir los años, ~~del~~ área de posible embalse, no deslindada en el terreno (salvo en su parte Norte, mediante la pica del eje de la presa), quedó paulatinamente invadida y parcialmente deforestada, quedándose

en el año 1968, apenas 6.800 Ha. bajo bosque y 7.700 Ha. bajo rastrojos (Informe: "Apreciación del Potencial Edáfico del Area de Embalse del río Escalante". OEZA, 1970).

Las imágenes de radar a escala 1:100.000 (Seravenca 1971) permiten apreciar nuevas cicatrices de deforestaciones y a la ocurrencia de los recientes trabajos de campo del estudio agrológico, se han observado cercas que subdividen este sector en supuestas propiedades.

El problema del sector denominado "Embalse El Caimán", comprendido entre los ríos Grande y Escalante y cuyo potencial edáfico ha sido clasificado de muy bajo, es grave y requiere decisiones y soluciones urgentes.

Apartando el Proyecto de embalse en sí, es preciso subrayar el importante papel mitigante de flujo y sedimentos que aún en las condiciones actuales guarda este sector, en el complejo aspecto de la dinámica fluvial de los afluentes del río Escalante.

Dentro de la extensa zona filtro o de mitigación de flujo y materiales, es al sector boscoso de cubetas y tatucuales que en última instancia corresponde al definitivo control del avance hacia el cauce del río Escalante de los sedimentos y aguas movilizadas por los ríos del piedemonte y desparramados en la planicie aluvial en la faja de 5-15 Km. paralela a la carretera Panamericana.

De este modo la preservación de la zona boscosa es considerada como imprescindible para la conservación de la capacidad del cauce del río Escalante. El avance de los desparramaderos arenosos a través de la misma aunados a la paulatina colonización y subsiguientes deforestaciones y ali -

samientos de los tatucales, restarían a este sector su capacidad de retención de los materiales en suspensión, con el agravante que en un momento dado los cauces que lo surcan, movilizarían el flujo de agua y sedimentos arenosos directamente al río Escalante.

Es por cierto previsible que el mayor conocimiento del sector de la planicie de desborde de los ríos del piedemonte y de la dinámica fluvial de los mismos, así como de la problemática del piedemonte, logrado mediante los recientes estudios de la OEZA, culminará en el futuro con el planteamiento de la necesidad de constitución de una zona de reserva. Es también previsible que la extensión de la misma podría resultar mayor que la prevista en la década del cincuenta, abarcando algunos sectores boscosos que todavía quedan a lo largo del curso medio del río Grande.

El caso de la zona de filtro es uno de los que merece toda la atención de la Dirección General de Recursos Hidráulicos y un aviso previo acompañado del deslinde de los terrenos todavía no ocupados podría ejecutarse como medida preventiva de última instancia".

#### C. ING° GERARD MAIRE

Esbozo de metodología para los estudios de la Dinámica Fluvial en la Cuenca del río Escalante, Zona Sur del Lago de Maracaibo. El Vigía, Junio de 1972 (traducción: Ing° J. Kijewski) (Se conserva el orden de las subdivisiones originalmente utilizadas por el autor).

El esbozo de la metodología está elaborado según el siguiente índice:

1. Planteamiento del Problema.
2. Principios fundamentales de la Dinámica Fluvial y Bases de Ordenamiento Hidráulico.

- a. Punto de vista netamente estático
  - b. Punto de vista netamente dinámico
3. Inventario de los datos básicos de la Dinámica Fluvial aplicado a la cuenca del río Escalante.
- a. Datos hidrológicos
  - b. Datos sedimentológicos
  - c. Estudios experimentales de transporte sólido
  - d. Datos hidráulicos
  - e. Datos fisionómicos
4. Interpretación de los datos.

---

1. Planteamiento del problema:

La cuenca del río Escalante hasta la altura de Ferreira mide 3.926 Km<sup>2</sup> y el 31,2% de esta superficie corresponde a los sectores montañosos y del piedemonte, que se sitúan al Sur de la carretera Panamericana. Desde el punto de vista hidráulico existe una marcada dependencia entre los sectores de la cuenca alta-media del río Escalante y la planicie aluvial de desborde, que constituye la parte media-baja de dicha cuenca. De este modo la ocurrencia de cualquier cambio o deterioro de las condiciones naturales de la parte alta, repercute sensiblemente en la parte media y baja de la cuenca.

En el transcurso de los últimos años la Oficina Edafológica Zulia Andes ha atraído la atención de la Dirección de Información Básica, Dirección General de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas,

sobre la intensa actividad desarrollada por el sector campesino y empresarial en la cuenca media-alta del río Escalante y consecuencias que han tenido los cambios ocurridos en los parámetros hidrológicos sobre los lechos fluviales y sobre la actuación de los ríos en el piedemonte y en la planicie de desborde.

El problema clave radica en el avance de los explayamientos frontales de los afluentes del río Escalante, hacia la zona de las cubetas marginales de este río, lo que a la larga puede constituir una amenaza para la capacidad del cauce de este colector principal.

La situación creada obedece a un compendio negativo de factores naturales y antrópicos, que sigue acentuándose debido al sistema de manejo adoptado por los usuarios de los predios y se recrudece de un modo espasmódico en la oportunidad de cualquier insignificante disturbio ocurrido en las condiciones climáticas de la cuenca.

Ello hace indispensable la introducción de medidas de conservación de las tierras agrícolas, de la protección de las instalaciones y de la población, contra el peligro de las corrientes de agua (inundaciones, invasiones de los campos por materiales gruesos, erosión de las bermas, etc.). La ejecución de las obras hidráulicas, efectivas y duraderas, adaptables a las condiciones de la región, depende del grado de conocimiento de la dinámica fluvial de cada uno de los ríos y caños tributarios del río Escalante.

2. Principios fundamentales de la Dinámica Fluvial y Bases de Ordenamiento.

a. Punto de vista netamente estático:

- La situación actual de un lecho fluvial y su aspecto general, es el resultado de la adaptación del río a una amplia gama de factores coincidentes u opuestos unos con otros, esto constituye una característica particular de cada río, que en cada sitio de su curso, entre la multitud teórica de posibilidades, realiza una combinación original de factores, esto obliga a considerar cada río como un caso particular. No obstante al precio de cierta generalización, es posible detectar características comparables y agrupar algunos ríos según la similitud del cauce.

- Lo que cuenta en realidad, no es uno u otro factor en sí mismo (salvo si sus valores extremos no sean absolutamente decisivos para con la dinámica), sino el resultado de la interacción combinada de todos los factores entre sí. De este modo es preciso desconfiar de las deducciones demasiado precipitadas, que destacan un sólo factor entre otros y tener conciencia que algunos aspectos bastantes parecidos de un curso de agua pueden provenir de caracteres absolutamente antagonistas ( y viceversa).

- El entalle de tal u otro tipo a lo largo del mismo curso de agua, obliga a buscar las causas de este cambio, comparando los factores que entran en juego aguas arriba y abajo. Esta comparación ayuda a interpretar e indica en cual sentido actúa tal u otro factor.

b. Punto de vista netamente dinámico:

La situación actual de un lecho fluvial traduce una adaptación más

o menos avanzada del río a las condiciones hidrodinámicas dadas, ella constituye una etapa dentro de una evolución. Esta evolución no puede ser cambiada radicalmente mediante ordenamiento, el cual no cambiaría sensiblemente los factores actuantes en esta evolución.

- (1) El equilibrio dinámico realizado es frágil y a merced de cualquier modificación. El lecho fluvial al cual el fenómeno de escurrimiento proporciona un carácter unitario, debe ser considerado como una entidad en sí y como una continuidad, dentro de la cual todos los cambios duraderos en un sitio cualquiera del curso tendrán una resonancia en un término más o menos largo, tanto a guas arriba como abajo del río.

De esto resulta, que cualquier ordenamiento voluntario de un tramo del río debe ser considerado en función de sus repercusiones previsibles a todo lo largo del cauce. Debe ser precedido por una visión sintética global y debe poder ser integrado dentro del plan de ordenamiento general.

- (2) El ritmo de la configuración del lecho, se refleja acentuándolo sobre el ritmo hidrológico, por esto la configuración del lecho se efectúa por saltos espasmódicos.
  - En el tiempo, la mayoría de las modificaciones interanuales ocurren con las crecidas en algunos días o en unas tantas semanas. Las crecidas son las principales responsables de la morfogénesis fluvial.
  - En el espacio, es una vez una y otra vez otra parte de la ber

ma, que en función de los valores cambiables de los ángulos de ataque y según las fases de la escorrentía, se encuentra modelada por la corriente fluvial, con aporte o arrastre de materiales, desliz de los ángulos de ataque máximos, rumbo río abajo en la crecida y en sentido retrógrado, o aguas arriba, en la caída de la misma.

Cualquier ordenamiento de las bermas, debe tomar en cuenta estas variaciones hidrodinámicas en el tiempo y espacio.

- (3) Es por otra parte cierto, que en cada momento y sitio, el río actúa en consecuencia de la situación anterior y en preparación de la futura. Muy a menudo se observa, que unos cambios aparentemente brutales y espectaculares, han sido preparados por toda una serie de actividades de menor amplitud, de este modo, un entalle progresivo de los canales de las crecidas (en los cauces anastomosados) puede preparar y favorecer un desborde y un imprevisible desvío de la corriente.

A pesar de la importancia de los fenómenos de discontinuidad espacio-tiempo (especialmente en los procesos de la movilización del transporte y de la deposición de la carga sólida) los problemas de la dinámica fluvial, como ya ha sido dicho, se expresan esencialmente en términos de la evolución.

Se concluye que el conocimiento de la interacción de los factores y de la tendencia evolutiva general, constituye la única garantía segura para el ordenamiento racional del lecho fluvial,

y es lo que tomaría en cuenta no sólo las simples características hidráulicas del momento (más o menos teóricas), pero también los cambios previsibles de algunos parámetros (aumento o rebaja de la carga sólida y del gasto líquido, etc.) en función de las modificaciones naturales o artificiales ocurridas en la cuenca proveedora.

Este conocimiento es del dominio del hidrólogo naturalista y del geomorfólogo.

3. Inventario de los datos básicos de la dinámica fluvial, aplicado a la cuenca del río Escalante:

Se efectuará en este sitio el recuento de los datos existentes, utilizables para el estudio de la dinámica fluvial y así mismo de los actualmente no disponibles, pero que pueden ser obtenidos en el transcurso de un período razonable de 2 - 3 años.

Se catalogarán los datos en cuatro categorías diferentes, sin embargo es evidente que para los fines de este informe preliminar, ha sido necesario acudir a ciertos recortes y existe en consecuencia abundantes "cargadas" entre las características de algunas de las categorías:

a. Datos hidrológicos:

Para la cuenca del Escalante podemos actualmente disponer de datos hidrológicos de dos estaciones existentes:

- (1) Ferreira, bien situada y que debe ser considerada como integrante de la esorrentía global de toda la cuenca. Cuenta con 20 años de registro.

- (2) Onia, situada en el sitio del puente de la carretera Panamericana sobre el río Onia y es de instalación reciente (7 meses de registro). El conocimiento del gasto del río Onia es de gran interés, por el hecho de haberse iniciado las obras de la presa de control de este río. La información disponible no puede ser extrapolada y aprovechada para con los demás ríos componentes de la cuenca del río Escalante, por las condiciones particulares de la cuenca alta - media del río Onia, en lo que concierne a las características climáticas y geomorfológicas.

Resulta de esto, que para los demás ríos de la cuenca del río Escalante, en el sitio de salida de la cuenca receptora alta-media hacia la planicie de desborde, se carece de datos referentes al gasto de picos, de la duración de las crecidas, del coeficiente de escurrimiento, de las tormentas, etc. Tampoco es posible tomar el camino del razonamiento indirecto, saliendo del punto de partida de las consideraciones pluviométricas (más o menos arriesgadas). Esto por el hecho, de que la red de cobertura asegurada por las estaciones meteorológicas es demasiado floja y las estaciones a menudo caracterizan únicamente las condiciones locales (micro-meso-clima), lo que dificulta también la obtención de un trazado de izoyetas confiables para esta zona.

De este modo todo un amplio panel, relativo al componente hidrológico de la dinámica fluvial, queda en oscuro.

Frente a esta situación, se considera necesario, hacer un es-

fuerzo para poder recoger y reunir en menor tiempo posible la información hidrológica necesaria para los fines de la dinámica fluvial.

Es evidente, que el tiempo apremia y que no podrá ser tomada en cuenta y esperada la constitución de largas series, sobre las cuales trabajan de costumbre los hidrólogos. Estas por lo pronto no son necesarias, lo que nos preocupa es el poder relacionar la evolución dinámica de los lechos, constatada en el transcurso de algunos años, con los acontecimientos hidrológicos correctamente reconocidos. Es más necesario disponer para un período establecido, de un record de datos sobre el gasto máximo de los picos de crecidas, duración de las crecidas, niveles alcanzados, velocidades máximas del flujo, que de los módulos diarios, mensuales o anuales. Con esto, no se quiere pretender, que en estas últimas características y las de orden de frecuencia, sean innecesarias para los estudios de la dinámica, pero en práctica no pueden ser obtenidos en un período razonablemente corto y tendremos que aceptar esta realidad y acomodarnos a ella.

Del mismo modo, no pueden ser tomadas en cuenta los estudios del gasto sobre todos los ríos y caños de la cuenca y tendremos que resignarnos a la introducción de unas inevitables extrapolaciones apoyadas sobre ríos modelos (pilotos), elegidos con base a la similitud de las condiciones de orden: morfométrico, geomorfológicos, climático y de grado de desarrollo antrópico logrado por

cada una de las cuencas. Es por esto que se propone proceder de la siguiente manera:

- Seleccionar unas dos o tres cuencas en función de los criterios de representabilidad de las condiciones de esorrentía en la parte montañosa y de las condiciones hidrodinámicas de la parte del piedemonte, ambas en función de la accesibilidad.
- Dotar las cuencas seleccionadas en limnógrafos instalados en las cercanías de la carretera Panamericana, en sitios más indicados desde el punto de vista hidrométrico. Estas instalaciones pueden ser ligeras o de uso temporal limitado a la duración del estudio de la dinámica fluvial. Al terminar el actual estudio, las instalaciones podrán ser conservadas en el sitio, con visión a constituir series hidrológicas o desmontadas e instaladas en otras cuencas del mismo sector o eventualmente utilizadas para la extensión del estudio rumbo río Chama - Caja Seca - El Cenizo.
- Reforzar el equipo pluviométrico de la región, al principio en las cuencas "piloto" preelegidas, con el fin de correlacionar lluvias y crecidas y después en otros sitios de la región que requieran relleno informativo para guiar la interpolación indispensable.
- Las mediciones propuestas, para empezar a ser significativas, deben completar un ciclo de dos años como mínimo, lo que hace preveer una duración aproximada de tres años para el estudio de dinámica fluvial. Con fines prácticos se propone la instalación de las dotaciones siguientes:

(3) Río Umuquena:

- Existe una estación pluviométrica en la cuenca media-alta.
- Deberían ser instaladas una estación pluviométrica aguas arriba y una estación limnigráfica.

Debido a su situación occidental, en relación con el resto de la hoya del río Escalante, los resultados obtenidos en esta cuenca podrían ser comparados con los del río Orope y contribuir así al mejoramiento de la información general. El río Orope no es en sí mismo, un afluente del Escalante, sin embargo en el presente, no se puede negar la existencia de ciertas influencias indirectas por medio del caño Sta. Bárbara, la situación futura cambiará radicalmente mediante la canalización de los ríos Orope - Carira, hacia la cuenca de los ríos Zulia - Catatumbo, donde existían instalaciones pluviográficas y limnigráficas.

(4) Río Pajita:

Este río de posición central, posee una hoya menor que el río Umuquena y por esto mismo es más fácil de controlar. Por otra parte posee algunas características que lo predisponen para ser elegido como río testigo - piloto, representativo para las pruebas de ordenamiento del lecho.

En el presente no existen ningunas instalaciones de medición y es necesario proceder a la instalación de las siguientes:

- Una estación pluviográfica en el centro de la cuenca.
- Una estación limnigráfica en el sitio ya seleccionado aguas a-

bajo del puente de la carretera Panamericana.

(5) Río Escalante - cuenca alta:

Con su depresión intermontana, su forma muy particular, sus características litológicas, la cuenca constituye un caso bastante excepcional en el conjunto de la hoya y que merece ser estudiado.

Existen dos estaciones pluviográficas aprovechables, la del Puente Escalante en el piedemonte y la de Pueblo Hondo aguas arriba. Es necesario una estación pluviográfica suplementaria en el centro de la parte montañosa de la cuenca y una limnigráfica en un sitio todavía no elegido.

(6) Instalaciones pluviográficas para otras cuencas:

Este suplemento de equipos pluviográficos queda a determinar, en función de las necesidades de las interpolaciones y de la búsqueda de un conocimiento más exacto de las condiciones de la región.

La adición de nuevos valores, obtenidos por medición directa o interpolación para cada una de las subcuencas, no podrá considerarse de absoluta seguridad, pero podrá proporcionar una estimación global y un orden de las magnitudes de "entrada" líquida en la zona plana. Estos datos comparados con los de la estación de Ferreira, considerados como de "salida" podrán ser muy útiles a nivel de todos los estudios hidrológicos de la hoya del río Escalante.

El problema se complica si se quiere tomar en cuenta (lo que es

necesario) las variaciones locales de los gastos de cada uno de los ríos en el sitio "salida" del piedemonte y de las respectivas descargas en el río Escalante.

Es seguro que estas variaciones existen y tienen su origen en lo siguiente:

- Tendencia a infiltraciones (recarga) en el sector del piedemonte
- Tendencia artesiana en el sector plano marginal al piedemonte (J. Tricart).
- Escorrentía superficial difusa de la precipitación pluvial en la zona plana.
- Tendencia compleja de desbordes y canalizaciones de la lámina, que puede ser observada, en la actuación de la mayoría de los ríos al ocurrir y bajar la crecida.
- Almacenamiento y descarga de las cubetas y de otras extensiones retardadoras de la escorrentía en diversas fases hidrológicas.

Estos diversos fenómenos han provocado el desarrollo de una red hidrográfica extremadamente compleja en sus detalles y así: caños de trazado cambiante, caños intercomunicados con los ríos principales mediante una o varias desembocaduras, pérdidas de cauce dentro de ciénagas, reaparición de los mismos aguas abajo, mediante uno o varios canales de drenaje, etc. Todos estos fenómenos tienen además muy variables tendencias en el transcurso del año, en función de los accidentes hidrológicos, de las frecuencias

de desbordes y cambios ocurridos en los lechos.

Las mediciones que se podrían efectuar en este sector, serían difíciles debido a la carencia de adecuados sitios de sondeos y a la larga serían de poco valor debido a lo cambiante de la red hidrográfica.

En tales condiciones hay que mostrarse modesto y basarse en hi hipótesis, tratando de verificarlas, toda vez que esto sea posible, como por ejemplo, en estiaje, por medio de sondeos escalonados, para precisar los fenómenos de infiltraciones y de drenaje de las napas. Las hipótesis en cuestión se basarían sobre la naturaleza de los materiales atravesados por el entalle de los ríos y aspecto general del lecho fluvial.

Para las crecidas que son las épocas privilegiadas para el mode laje de los lechos fluviales, sería indicado disponer de datos sobre lo siguiente:

- Estado de la red hidrográfica (intercomunicación entre los cañones y ríos y estimativos de los gastos para un sector hidrográfico determinado con precisión).
- Determinación precisa de las manchas de inundación y de las relaciones existentes entre la extensión de las mismas y los gastos de los cursos de agua en el sitio de entrada en la planicie.

Estas observaciones podrían ser obtenidas de un modo fraccionario, mediante las observaciones en el terreno y encuestas entre los pobladores, efectuadas inmediatamente después de la crecien-

te (tomando en cuenta las normales exageraciones), sin embargo , el camino más aconsejable es aprovechar en lo posible inspecciones aéreas y el material fotográfico comparativo (eventualmente in frarrojo).

b. Datos sedimentológicos:

La situación se presenta mucho mejor en lo que concierne a la ad quisición de los datos sedimentológicos. Es posible tomar como punto de salida los muy abundantes resultados de los análisis de laboratorio obtenidos en la oportunidad del estudio de suelos efectuado por la sec ción de Agrológica de la OEZA, y así mismo los mapas correspondientes a este Estudio. Sin embargo, el punto de vista de ambos estudios (Agrológico y Dinámica Fluvial), es distinto; para el estudio de la Di námica Fluvial no es necesario el conocimiento de ciertos parámetros considerados en el estudio de los suelos y sería indicado efectuar una revisión de los criterios de la clasificación efectuada, para darle un sentido más directamente relacionado con los criterios hidrodinámicos . Partiendo del hecho del trabajo edafológico efectuado a gran nivel de detalle (segregación - separación de las unidades), esta nueva cartografía tendría como objeto una distinta reagrupación en categorías más sintéticas, las cuales se conectarían más fácilmente con los criterios y consideraciones de orden geomorfológico.

Además de la parte informativa sobre el conjunto de la región es necesario reunir los datos sedimentológicos específicamente relacionados con los lechos fluviales. Es preciso conocer:

- (1) La granulometría de las márgenes de los ríos es conocida debido al muestreo del estudio agrológico. Los análisis efectuados por los laboratorios de la OEZA (Maracaibo), determinan en caso de los análisis de rutina mediante método densimétrico, (cuatro fracciones) y en el caso de calicatas proceden a una más detallada segregación de la fracción arena (arena muy gruesa, gruesa, mediana, fina y muy fina). Esta última segregación puede al principio resultar suficiente y existe la posibilidad de obtener mayor precisión usando toda la gama de tamices disponibles.

La superposición de horizontes de granulometría diferente y la localización eventual de la existencia de horizontes bien consolidados. Esta información puede sin dificultad ser obtenida utilizando los perfiles de suelos descritos por la OEZA en la proximidad de los lechos fluviales.

Las manchas de inundaciones recientes y las de deposición de los materiales gruesos (gravas, cantos rodados). Esta información puede ser obtenida mediante uso de los datos sobre la granulometría y naturaleza de los materiales superficiales, descritos en el estudio pedológico y observaciones geomorfológicas sobre el terreno.

Este mismo procedimiento puede usarse para la determinación de la existencia o no de nuevos levantamientos aluviales.

- (2) Otra parte informativa que hace falta, es la concerniente a los materiales de playas de los lechos fluviales, del fondo del lecho

y de las bermas (de más de dos metros de altura). Los análisis granulométricos de los materiales obtenidos por medio del muestreo, servirán para la determinación de los siguientes factores:

- (a) Proveniencia de la carga sólida, que se determina por comparación con las características de los materiales de las bermas (principalmente granulometría, además morfoscopia y petrográfica).
- (b) Las distancias de transporte de una carga dada, por método secuencial.
- (c) La substitución de la carga, que se deduce de las dos características anteriores. Tomando en cuenta que en este campo no se disponen de ningunos datos utilizables se procede según el siguiente modo:

- La obtención de estos datos debe ser combinada con el levantamiento geomorfológico detallado del lecho fluvial. En práctica y tratándose de unos cauces de desarrollo especial, muy poco uniforme, resulta difícil proceder de un modo totalmente sistemático (según áreas piloto por ejemplo cada kilómetro), arriesgando la obtención de unos resultados incompletos y con eventual omisión de algunos factores de importancia. El conocimiento detallado del lecho y de sus diversas condiciones, es indispensable para la elección de los sitios de muestreo.

Para el muestreo, no se tomará en cuenta la fracción gruesa

(cantos rodados, gravas, etc.), el transporte de los cuales es relativamente limitado fuera del sector del piedemonte. Es su ficiente indicar los sitios de ubicación de las islas y bancos granzonosos y medir los ejemplares más grandes, para tener i dea sobre la disminución de los diámetros en función de la distancia.

En el futuro, será siempre posible complementar la información a nivel más detallado, mediante la granulometría global de los depósitos y su petrografía. En esta primera etapa las investigaciones se basarán principalmente sobre el estudio de las arenas.

En la práctica la toma de muestras de las arenas del fondo del lecho, es bastante difícil y demorada, pero es siempre necesario hacer anotaciones correspondientes a las observaciones de si el lecho es o no invadido por la carga arenosa.

En cuanto a las bermas (taludes) la toma de muestras puede ser limitada a los sitios muy característicos. El muestreo de aquellos sitios, en donde la presencia de estratificaciones complica el problema, se considera superfluo.

Los muestreos más numerosos deben ser ejecutados en los bancos arenosos de los lechos fluviales y esto proporcionará la más valiosa información. Antes de efectuar la toma de muestra (as), es esencial examinar la situación general del banco y su conformación detallada (escalonamientos, canales de cre

cidas, disposición de flujos aluviales, etc.). En algunos casos será necesario efectuar toma de varias muestras del mismo banco, según los escalonamientos existentes. En cada caso se marcará en el plano y anotará la descripción del sitio del muestreo (aguas arriba o abajo, vértice del banco o borde, escalón intermedio u otro, etc.). Se tomarán las muestras en condiciones analógicas a todo lo largo del trayecto estudiado o sea, en sitios poco o no perturbados por el pisoteo de ganado, limpiando la superficie, a la misma profundidad, etc. En todos los casos y para el río dado, la toma de muestras debe tener lugar durante el mismo período hidrodinámico (en el mismo estiaje), esto con la finalidad de poder considerar todas las muestras como "sincronizadas" y relacionarlas con los últimos eventos hidrológicos ocurridos.

Los análisis de las muestras se ejecutarán principalmente con fines granulométricos. En comparación con los estudios pedológicos, se está trabajando en este caso en una escala granulométrica más reducida, tendiente a la obtención de mayor diferenciación de la fracción "arena".

Con estos fines, es recomendable el uso de método de tamizado, con 10 tamices, lo que permite el establecimiento más exacto de las curvas granulométricas. En algunos casos puede revelarse útil, introducir estudios morfoscópicos de algunos tamizados con uso del binocular. El método de procedimiento

se encuentra descrito en el libro de A. Gaille et Tricart : "Initiation a l' etude sables et des galets". El uso de esta metodología es bastante delicado y se necesita un entrenamiento previo. De este modo no se le tomará en cuenta para el uso sistemático, sino en los casos específicos, para los cuales puede ser útil.

c. Estudios experimentales del transporte sólido:

Estos estudios proporcionan resultados experimentales de variable naturaleza (cualitativos, semicualitativos, cuantitativos, etc.) separables en dos partes:

- (1) Mediciones del transporte de arena por medio de marcadores. Sería muy útil seguir experimentalmente los desplazamientos de los materiales arenosos de un año a otro, a lo largo de algunos tramos de los ríos, elegidos como típicos y especialmente sobre aquellos elegidos como representativos de condiciones dadas, donde se dispone de registradores hidrométricos.

Las metodologías prácticas de estas experimentaciones son las clásicas, tanto en la elección del marcador, como en la detección del mismo. Son de uso, marcadores radioactivos o fluorescentes, este último permite ejecutar un marcado diferencial, por categorías granulométricas y ha dado en todas partes muy buenos resultados.

En el caso que nos ocupa, se podría efectuar tres o cuatro experimentos de este tipo, los resultados serían cercanos a los obtenidos.

nidos por el método sedimentológico y cuyo empleo es más corriente.

Para la introducción de los marcadores, se elige un período poco lluvioso (verano), de aguas bajas, se establecerían dos campañas de detectación; la primera en el período de aguas bajas del mes de febrero y la segunda en el transcurso del verano siguiente, o sea, un año después de la introducción de los marcadores. Es indispensable conocer los gastos líquidos en un sitio próximo, durante todo el período de la experimentación.

(2) Mediciones del transporte en suspensión:

Tales mediciones existen ya en el curso medio-bajo del río Escalante (Ferreira) y deben continuarse, los datos disponibles formarán parte del estudio presente. Es deseable proceder a ejecutar mediciones complementarias sobre los demás ríos principales en los sitios de cruce de la carretera Panamericana. Estas mediciones serían de gran utilidad como datos para los futuros estudios de ordenamiento de las subcuencas y específicamente tendrán importancia para el cálculo del ritmo de colmatación al cual serían sometidas las cubetas de la faja cenagosa próxima al cauce del río Escalante.

d. Datos hidráulicos:

En este caso no se trata de hidráulica pura, pero de utilizar los datos de orden hidráulico para los fines de la dinámica fluvial (determinación de las características investigadas).

## (1) La dimensión de los lechos:

Siendo la zona deforestada, el ancho de un lecho fluvial puede ser apreciado en las fotografías aéreas, sin embargo la precisión en este aspecto, así como en otros (profundidad del lecho, inclinación de las bermas, etc.) es dudosa, una metodología más exacta radica en levantamientos topográficos de varias secciones.

En el transcurso de la primera etapa del estudio es factible, combinar los levantamientos topográficos con los sitios de muestreo sedimentológico. En las etapas posteriores se presentará la necesidad de efectuar otras secciones suplementarias. Esta previsión debe ser tomada, partiendo del hecho que en la primera etapa se procede generalmente de un modo sintético, "ciego" y en consecuencia los sitios elegidos pueden no resultar suficientemente representativos para el sector dado.

Estos datos suplementarios se revelan de gran utilidad especialmente en el caso de los ríos meándricos.

Los perfiles levantados servirán para la determinación de los siguientes parámetros:

- Ancho del cauce en función de diversos niveles de agua.
- Profundidad del cauce (para las mismas condiciones).
- Altura de las bermas por encima del nivel de estiaje.
- Inclinación de las bermas
- Radio hidráulico (en función de diferentes niveles de agua).

$$R_h = \frac{S_m}{p_m}$$

Algunos otros datos cualitativos pueden ser observados y anotados a la ocurrencia de las mediciones, entre estos de particular interés están aquellos relacionados con las crecidas.

(2) El desnivel longitudinal promedio del lecho:

Los perfiles de las secciones del lecho son de fácil ejecución, no así las longitudinales, que son más difíciles y dependen en gran grado del criterio del topógrafo. En el actual período del estudio, no se contempla el levantamiento topográfico de todos los ríos, como tampoco el levantamiento de todo el curso de un río, se propone realizar levantamientos longitudinales por tramos seleccionados en varios ríos más grandes y 2 - 3 tramos en los caños, según la importancia de los mismos.

La selección de los tramos a levantar, sería determinada en función de consideraciones fisionómicas y prácticas. Los desniveles promedios obtenidos por ejemplo sobre una longitud de 1 kilómetro deben ser aceptados como representativos para el sector en consideración.

(3) Estado de las bermas:

Este concepto engloba todas las características de las bermas, que permiten apreciar el carácter hidráulico de la rugosidad. Ha sido ya planteado el modo de obtención de los datos relativos a la altura de las bermas, a la inclinación y granulometría de las mismas. Falta investigar el grado de cobertura vegetal y de la estabilidad relativa. Estos serán investigados a la oportunidad de la

ejecución del levantamiento de las secciones, sin embargo podrán proporcionar una información limitada a algunos sitios del curso. Sería necesario generalizarla en el transcurso de las investigaciones de orden fisionómico sobre las cuales se tratará a continuación.

(4) Las velocidades promedio del escurrimiento:

Estos datos son ya de orden sintético y deben ser considerados para un gasto dado como integrantes de otros factores anteriormente descritos. Pueden ser obtenidos mediante la coloración de las aguas en un sitio del curso y observaciones efectuadas aguas abajo. Por desgracia, en el caso de la cuenca del río Escalante, esta metodología no resulta muy prometedora por las razones siguientes:

En crecida, parece difícil captar e interpretar las observaciones por el hecho de los desbordes y transvases de caño a caño.

En estiaje, los datos aportados son sin mayor interés y tan sólo pueden dar idea sobre las características hidrológicas comparativas en diversos sectores y sin poder deducir si las conclusiones sacadas tendrán un valor para los períodos de aguas altas.

Por cierto esta metodología puede ser utilizada para la estimación de las pendientes longitudinales medias y en esta forma, cumplir como factor suplente ya que no requiere intervención de personal especializado. En el supuesto caso de entrar este método en el uso, es preciso no olvidar que las primeras aplicaciones de

colorantes tendrán lugar aguas abajo y se las perseguirá remon -  
tando la corriente.

e. Datos fisionómicos:

El conjunto de datos que se pueden agrupar en este rubro, puede ser obtenido mediante el estudio de las fotografías aéreas y observaciones efectuadas en el campo. Estas investigaciones conducen a la realización de un plano morfodinámico del lecho fluvial.

(1) La red hidrográfica:

Se ha mencionado ya la complejidad de la red hidrográfica y su aspecto cambiante según los períodos hidrográficos.

Para aclarar este aspecto, sería preciso confeccionar dos planos hidrográficos, uno de los cuales correspondiente a los períodos de estiaje y el otro para las épocas de las crecidas. Este último plano debería ser dibujado a partir de las observaciones efectuadas en el terreno, encuestas entre la población ribereña y repetidos vuelos de reconocimiento.

(2) Los lechos fluviales:

(a) El trazado de los cursos de agua:

El trazado de cada uno de los cursos puede ser restituído mediante el uso de las fotografías aéreas, sin embargo las disponibles son relativamente viejas (1968) y los cambios ocurridos en los trazados inducen a recomendar nuevos vuelos.

Se podría intentar hacer resaltar las diferencias existentes en

tre los específicos sectores de un curso, no sólo mediante un simple examen cualitativo, sino también en las aerofotografías, mediante mediciones de las características clásicas como son:

- La longitud y amplitud de las ondas de los meandros.
- Cálculo del radio de las curvaturas y de los coeficientes de sinuosidad.

(b) Los tipos de lechos fluviales:

El reconocimiento del tipo de lecho, se efectuará, combinando el uso de las fotografías aéreas con las observaciones sobre el terreno. El reconocimiento se apoyará sobre los datos sedimentológicos, hidráulicos y fisionómicos, antes reunidos y tendrá como objetivo hacer destacar para cada uno de los cursos de agua, los grandes sectores dinámicos:

- Sectores menos rectilíneos o de curvaturas de muy amplio radio.
- Sectores anastomosados.
- Sectores meándricos de diversos tipos.
- Sectores de transición.

(c) El modelaje de detalles:

Únicamente la observación en el terreno es capaz de proporcionar elementos útiles en este aspecto.

Es difícil pensar en la ejecución de un estudio completo de este particular y es lógico tomar en cuenta en los primeros in

tentos, únicamente ciertos sectores pilotos de algunos cursos de agua. Estos sectores testigos, deben ser elegidos en función de los datos fisiográficos (trazado, tipo de lecho) y considerando otras características hidrodinámicas reunidas previamente.

Para los sectores pilotos sería preciso determinar:

- La disposición relativa de los bancos y de los sitios de socavación y así mismo de la relación existente entre ellos.
- Grado de la degradación de las bermas y el modo del modelaje de los mismos (en relación con las características sedimentológicas y grado de protección asegurado por la cobertura vegetal).
- Repartición de los escalonamientos y perímetros mojados en el lecho del río.

#### 4. Interpretación de los datos:

El reconocimiento del tipo nos proporciona la primera síntesis, por medio de la cual se hace factible apreciar la interacción de los distintos factores y sus resultados.

Es sin embargo necesario adelantarse más lejos y considerar la evolución de los cursos de agua. Esta evolución en el caso de la cuenca del río Escalante, puede ser apreciada esencialmente, partiendo de la documentación fotográfica aérea. Comparando las fotografías de los años 1954, 1964 y 1968, es factible detectar los cambios ocurridos en la distribución espacial y estado de la red fluvial. Una nueva misión fotográfica e

jecutada por ejemplo en el año 1973, permitiría actualizar la situación y seguir los pasos de la evolución reciente, dictada por los eventos hidrológicos conocidos en los últimos años.

Los vestigios de los antiguos cursos visibles en las fotografías aéreas, así como los datos diversos (reportados por los planos morfodinámicos de los lechos), serían también tomados en cuenta para la reconstrucción de esta evolución. Una vez determinado el sentido de la evolución, será necesario investigar sus causas. Intervendrá la recopilación de los datos hidrológicos (precipitación y gasto) de los últimos años, la consideración de los datos geomorfológicos de la hoya de captación y la de las influencias antrópicas en modificaciones de las condiciones de escurrimiento.

El conocimiento de los procesos evolutivos anteriores y de las tendencias evolutivas previsibles para el futuro, desembocarán en forma de definición de un programa general de ordenamiento hidráulico, adecuado para la región estudiada. De allí en adelante será posible tomar en cuenta la ejecución de los ordenamientos hidráulicos específicos urgentes de manera que se integren dentro del esquema de ordenamientos a nivel general.

2.- Notas relativas al trabajo de campo efectuado por el Ing° G. Maire a lo largo del cauce del río Pajita. (El Vigía 3 - 8 Julio 1972)

El recorrido del cauce se inició a partir del primer sitio elegido para la instalación del limnógrafo (posteriormente cambiado) y en la primera etapa siguió río arriba hasta alcanzar el puente de la carretera Panamericana. En la segunda etapa del trabajo, se abarcó el tramo inferior

del río.

Primera Etapa:

Sitio de la futura estación limnigráfica (2,5 Km. río abajo del puente de la carretera Panamericana, sobre el río Pajita, acceso mediante camino paralelo al río por su margen izquierda).

La margen izquierda es casi rectilínea, bien protegida por vegetación y estable, la altura de la berma es de aproximadamente 3,5 m. El antiguo meandro se encuentra totalmente cubierto por la vegetación y se sitúa en posición más baja (aproximadamente 1 m.) en relación al cauce actual. Dentro del cauce se observa un banco (playa) arenoso-gravoso, las gravas no constituyen pavimento y las más grandes no sobrepasan 40 cm. de diámetro.

- Sitio de muestreo E.1: muestra tomada en las cercanías de la berma río abajo. (20 cm. de arena sobre gravas).

La berma derecha es ligeramente cóncava, altura aproximada 4 m.

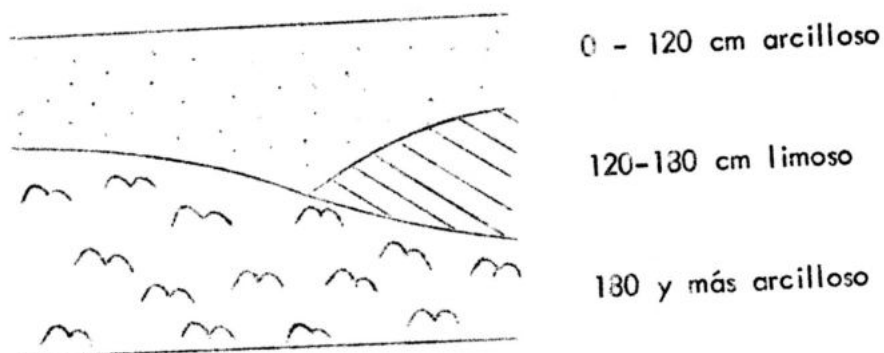
Materiales de la berma:

Estrato superficial .....	0 - 1.20 cm. Arenoso
Estrato intermedio .....	1.20 - 2.80 cm. Limoso
Estrato Subyacente .....	280 y más cm. Arcilloso

La berma se encuentra parcialmente degradada, pero de un modo que carece de gravedad (derrumbes de material que se acumula al pie de la berma), los materiales arcillosos de la base de la berma frenan la evolución de la misma.

Río abajo del banco arenoso acostado a la berma izquierda del río,

el espesor del estrato arcilloso es mayor y forma un ligero estribo bien es tabilizado.



En el sitio del perfil descrito, el lecho es gravoso (río abajo predominan arenas y gravas).

Subiendo río arriba de este sitio, se observa un estrangulamiento del lecho, que se ubica aproximadamente entre el Km. 2,2 y 2,3 río abajo del puente de la carretera Panamericana. En este sitio el río forma una garganta, con bermas de 4,0 - 4,5 m. de altura, que corresponde a un corte del pedúnculo de un meandro.

Margen derecha, materiales de la berma:

Estrato superficial            2,5 m. de espesor arcillo-arenoso

Estratos subyacentes        ----- arcilla.

- Sitio de muestreo E.2: material tomado del banco ubicado en la margen derecha del río, compuesto de arenas y gravas, cuyo diámetro no sobrepasa 20 cm. La berma derecha es de escaso desarrollo y altura. Río abajo desemboca un pequeño caño, que sigue el trazado del antiguo meandro, se nota una deposición arenosa en forma de pequeño cono de deyección.

Margen izquierda, la berma es arcillosa, ligeramente cóncava, la evolución es lenta, ocurre por medio de pequeños derrumbes.

Dentro de la garganta la corriente es muy rápida, río abajo se nota un umbral muy oblicuo.

- Primer ensanchamiento del cauce, ubicado río arriba del sitio estrangulado aproximadamente 2,0 - 2,2 Km. río abajo del puente

Acumulación voluminosa de materiales arenosos y gravosos, la arena domina en la parte alta del banco o sea a la entrada del antiguo meandro, que se situaba en la margen derecha del río. La disposición es en forma trenzada (cordón) y escalonada, lo que verifica la acción de pérdida de materiales, que ocurre exactamente río arriba del sitio de estrangulamiento del cauce.

La altura máxima del banco arenoso en relación con el nivel de estiaje es de 1,5 m. En el cauce se observa presencia de piedras las más grandes alcanzan 40-50 cm. de diámetro.

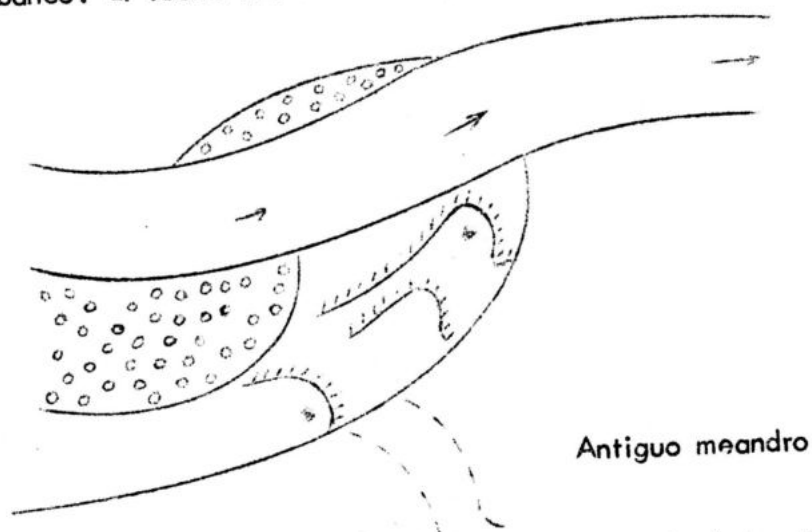
El gran banco arenoso acostado a la berma derecha y el pequeño de la berma izquierda presentan aguas abajo entalles de 20 - 30 cm.

Río arriba las bermas son estables y bien colonizadas por la vegetación, cuentan de 1,5 a 2,0 m. de altura, presentan degradaciones a la entrada de la estrangulación, especialmente en la margen derecha (principio de bermas de 4 m. de alto). Las secuencias texturales (arcillosas y arenosas) en la estratificación, provocan deslizamiento de materiales.

La entrada del meandro de la margen derecha del río es fácilmen

te detectable (domina en 1 m. sólo al banco); sin embargo, así como el resto del meandro, se nota bien protegida por la vegetación.

- Sitio de muestreo E.4: material tomado de la parte alta del banco en la entrada del antiguo meandro.
- Sitio de muestreo E.3: ubicado río abajo, en el escalón inferior del banco. El lecho del río es areno-graviloso.



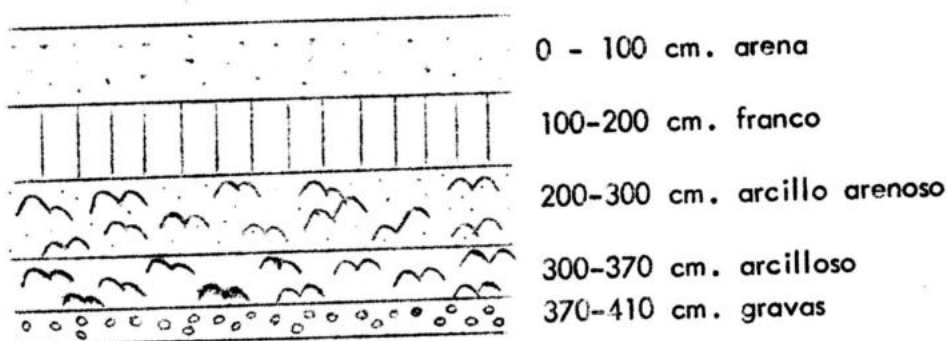
Antiguo meandro

- Segundo ensanchamiento del cauce, ubicado 1,3 - 2,0 Km. río abajo del puente.

Subiendo el curso del río, el banco mencionado anteriormente, se afila y las bermas, siempre bien colonizadas por la vegetación se aproximan. Se llega al segundo ensanchamiento del cauce, que es más ancho que el anterior. Existe una enorme acumulación de materiales areno-gravosos, que es menos ambombada y más plana que la anterior. El tamaño máximo de materiales gruesos (piedras) alcanza 45-60 cm de diámetro. Dentro de este epandaje de materiales, se observan canales nítidos de crecidas, que son más evidentes por la margen izquierda del cauce mayor (falta poco para que estos canales funcionen tam

bién en estiaje), a pesar de esto, los rumbos de la corriente se han concentrado hacia la margen derecha del cauce, conterneando la acumulación de materiales ya mencionada y provocando aguas abajo fuertes socavaciones de la berma derecha.

La berma en cuestión, presenta la siguiente estratificación de materiales:



La evolución ocurre por derrumbamientos y plegamientos, facilitados por la presencia de los materiales gruesos del cono antiguo que constituyen la base de la berma (tamaños menores de 20 cm.) y que son fácilmente removibles por las corrientes de agua.

El lecho del río es graviloso, la arena aparece únicamente en forma de pequeños depósitos, muy localizados. Hasta en el epandaje mismo, la arena es menos abundante, se la localiza en el centro del cauce, río abajo de la gran acumulación ya mencionada, en forma de fajas de arrastre.

Todo esto hace pensar, que el sitio corresponde a una transición entre un cauce de canales anastomosados y meándrico. De todos

modos, tanto este ensanche del cauce, como el anterior, localizado aguas abajo, constituyen unas buenas trampas para los sedimentos y de den ser conservados a todo costo.

- Sitio de muestreo E.5: tomada en la parte alta del banco.

Río arriba (1,3 - 1,7 Km. río abajo del puente) el sector es bas tante tranquilo, por ambas márgenes del río se observan pequeños bancos arenosos - gravosos en situaciones alternadas. Las bermas son de 3 m. de alto del lado derecho y 1,5 m. del lado izquierdo, protegidas por la ve getación y estables. Existen posibilidades de desbordes sin fuerza de co rriente, mediante un meandro abandonado ubicado en la margen izquier- da. Los alrededores del cauce cuentan con buena protección vegetal, en el fondo predominan gravas.

- Sitio de muestreo E.6: tomada sobre el banco de la margen derecha del río a una distancia de 0,9 - 1,2 Km. aguas abajo del puente.

Se observa un extenso banco graviloso, bien formado y en suave con cordancia con una zona de acumulación más vieja, bien colonizada por la vegetación. Aguas abajo, en la margen izquierda del cauce se obser- van pequeños bancos gravillosos entallados (20-30 cm.) por los canales de estiaje.

El tamaño de las piedras alcanza en este sector 70-80 cm. de diáme- tro, se ha observado una de 90 cm.

- Sitio de muestreo E.7: tomada en la margen izquierda, al frente (mar gen derecha), la berma es completamente arenosa de 1 m. de altura. La

berma sufre por socavamientos bastante fuertes, su cima se encuentra protegida por la invasión de la vegetación del vecino potrero.

El antiguo meandro y el epandaje se encuentran bien protegidos por la vegetación, quedan inundados a la ocurrencia de las crecidas del río.

- Aguas arriba, (0,7 - 0,9 Km.) río abajo del puente, la corriente se encuentra dividida en dos, debido a la presencia de un gran banco gravilloso. Las bermas son de poca altura (1,0 - 1,5 m.) y bien estables. Actualmente la corriente principal pasa por el canal derecho sin embargo, el canal izquierdo es más rectilíneo y cuenta con mayor pendiente aguas abajo.

- Meandro localizado entre el Km. 0,2 - 0,6 aguas abajo del puente.

Las bermas de 1,5 m. de alto son gravillosas - arenosas, bien estables.

En el lecho se notan bancos gravillosos pedregosos. Las máximas tallas alcanzan 1 m., se ha localizado en la margen derecha un ejemplar de 1,20 m. de diámetro.

El meandro pertenece a un sistema de acumulación más antiguo, bien recubierto por la vegetación, pero dentro del cual se notan algunos canales de crecidas.

Aguas arriba se notan algunos epandajes pedregosos.

Aguas abajo el banco actual se encuentra entallado.

La presencia de un gran árbol caído que atraviesa el cauce, provoca peligrosos cambios en la corriente.

La berma de 2,5 - 3,0 m. de altura es arcillo-arenosa y se encuentra bastante degradada.

- En las inmediaciones del puente, aguas abajo, se observa en la margen derecha del lecho un banco pedregoso, las bermas son estables, el lecho es pedregoso y los umbrales poco acentuados. Existe una buena estabilidad del conjunto.

#### Segunda Etapa:

Esta etapa se ha iniciado desde el sitio de la partida de la Primera Etapa siguiendo el curso del río aguas abajo.

En las inmediaciones del sitio de partida (2,6 Km. del puente) se ha localizado por la margen derecha del río, un banco arenoso con materiales gruesos (gravas) en los bordes. El banco es bastante plano, los tamaños máximos de las piedras alcanzan 20 cm. de diámetro.

Las bermas de 1,5 - 2,0 cm. de alto, son arenosas bastante estables. El antiguo meandro de la margen derecha se encuentra colonizado por la vegetación.

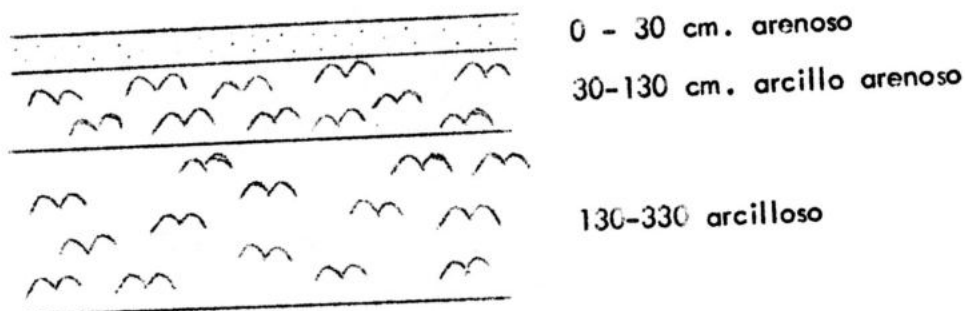
Todo este sector es más o menos rectilíneo, con tendencia poco pronunciada del canal de estiaje a describir curvas de gran radio de abertura.

Río abajo de este banco (2,7 Km. aguas abajo del puente) hay un umbral de fondo alto, muy marcado, prácticamente dentro del eje de los bancos. Esto hace pasar la corriente hacia la margen derecha, con un ángulo de ataque muy fuerte. Existen ligeras degradaciones de las bermas que miden 2,5 - 3 m. de alto. En la margen izquierda, en el sitio de

desembocadura de un pequeño caño, se observa un banco de arena. Un canal de crecida sigue a lo largo de la margen izquierda. El lecho es esencialmente arenoso, fuera del umbral se observan gravas.

Río abajo 2,8 - 3,1 Km. aguas abajo del puente se observa un gran banco arenoso escalonado, ubicado en la margen derecha del cauce. Los materiales son arenosos muy gruesos, se notan algunas gravas de 10-15 cm. de diámetro. El vértice del banco se encuentra colonizado por vegetación.

El río ha sido desplazado hacia la izquierda, formando una berma de amplio radio de curvatura, se observan algunas degradaciones.

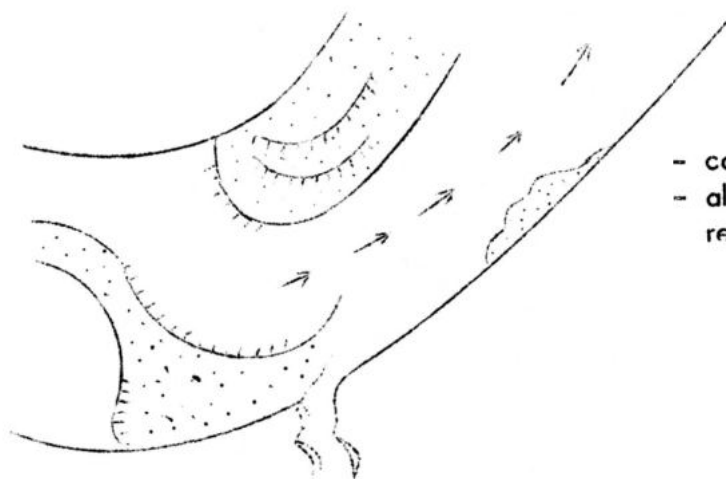


La base arcillosa de la berma constituye un soporte bastante estabilizado. El canal de estiaje es de menor ancho que en otras partes (no sobrepasa los 10 m.).

- Sitio de muestreo E.8: ubicado en la cima del banco aguas arriba.
- Sitio de muestreo E.9: ubicado aguas abajo en el borde del banco.

Aguas abajo del mencionado banco en las inmediaciones de la confluencia del caño Bandal se observa un complejo de bancos:

- Algunos reentallados por canales de estiaje circundantes.
- Bancos conos en sitio de desembocadura del caño Bandal.

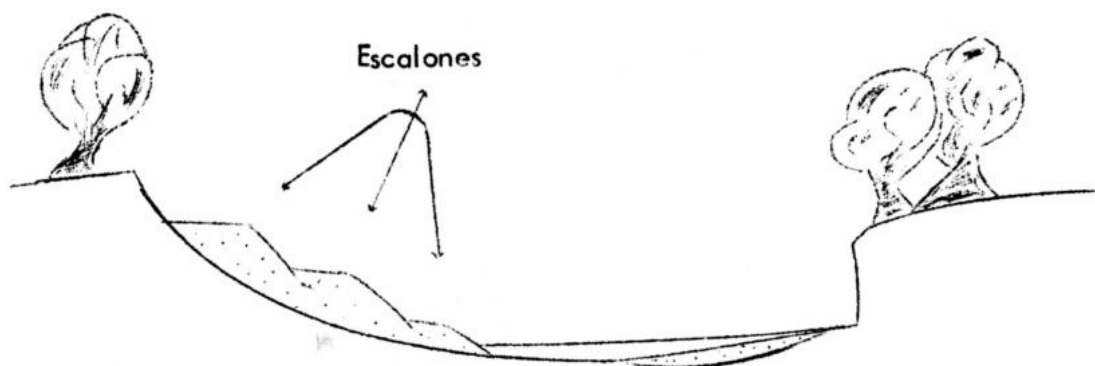


Composición de materiales:

- casi exclus. arenoso
- algunas gravas menores ( 12 cm)

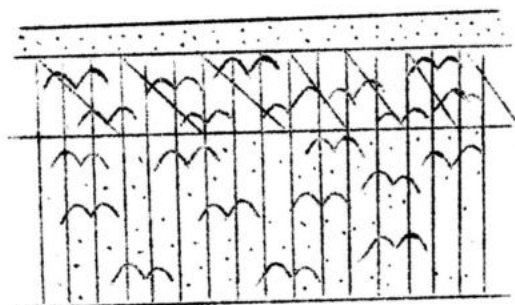
El umbral es bastante pronunciado y dirige la corriente hacia la berma derecha, sin que se noten mayores degradaciones de la misma.

El banco que se inicia en la margen izquierda es muy alto (1,50 m.) conectado con la berma mediante un pequeño talud aguas arriba, este banco forma un saliente que actúa como espolón. El banco presenta unos escalonamientos muy marcados, los que verifican acciones de reentalles y salidas de materiales que ocurren en diversas fases de actuación hidrológica del río.



El fondo del lecho es arenoso, el cauce es poco profundo (fondo alto) y de muy poca pendiente.

La berma derecha es muy débil y sujeta a derrumbes que se presentan por "paquetes".



0 - 30 cm. arena

30-130 cm. franco arcillo-limoso

130-330 cm. franco arcillo-arenoso.

- Curvatura de poco radio (3,2 Km. río abajo del puente). Se observa un umbral muy marcado que dirige la corriente hacia la berma izquierda con un ángulo de ataque muy fuerte. Los materiales de esta berma de 2,5 m. de alto, son arcillo-arenosos en la parte superficial y arcilloso-limosos en la parte de la base de la berma.

En la parte derecha del cauce se observa un banco de gran altura, natamente escalonado.

- Sitio de muestreo E.10: material tomado en el escalón intermedio. El canal de estiaje en este sitio es muy estrecho (menor de 10 m.).
- Río abajo (3,4 Km. del puente) se localiza una isla-umbral, este sector del cauce acusa una gran sinuosidad de radios amplios y bancos de cierta importancia, que se sitúan de un modo alternado por amabas márgenes del cauce. Las bermas son de 1,5 m. de alto, bastante estables

a pesar del material arenoso que las constituye.

Las partes altas y colindantes con las bermas de los bancos, se encuentran medio colonizadas por la vegetación.

Los bancos evidencian un escalonamiento nítido, los umbrales se presentan entallados por los canales de estiaje y forman pequeñas islas, las cuales subdividen el lecho, dándole un carácter microanastomosado.

Afuera de los umbrales la corriente es muy lenta, el lecho menor es bastante amplio, relleno de arena.

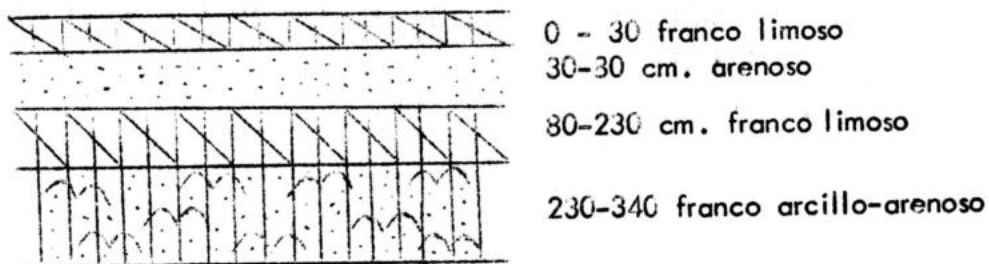
- Sitio de muestreo E.11: ubicado sobre el banco de la margen derecha (3,7 Km. río abajo del puente) muestra tomada en un escalón intermedio en el centro del banco.
- Río abajo sigue un sector meándrico, se inicia con curvaturas muy fuertes que disminuyen río abajo y se hacen más abiertas. Los bancos son muy altos (más de 2 m. sobre el nivel de estiaje) y entallados en forma de escalones.
- Meandro del Km. 4.0

La berma izquierda es cóncava, socavada y constituida por materiales arenosos.

Acostado a la berma derecha, se presenta un banco alto, modelado en escalones.

- Sitio de muestreo E.12: ubicado en el piso intermedio, en la parte central del banco.
- A la altura de la progresiva 4,2 Km. se localiza un meandro, la ber

ma derecha alta (3,5 m.), cóncava, evoluciona mediante derrumbes.



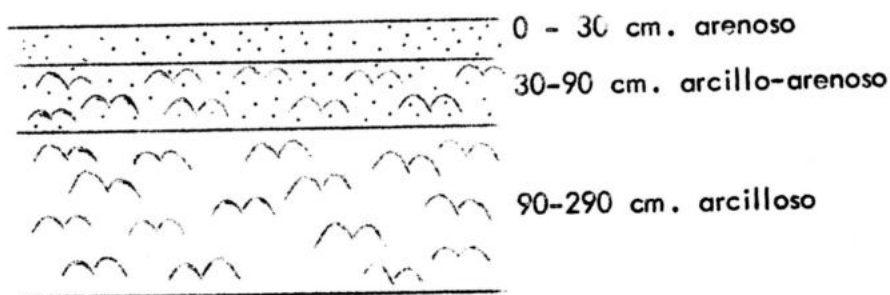
En la margen izquierda se presenta un banco bien estabilizado formando espigón, se observan pocos escalonamientos, parcialmente colonizados por vegetación.

El trayecto entre los sucesivos bancos se efectúa siempre mediante tramos de fondos altos de orientación bastante oblicua.

La corriente se nota algo más rápida, pero el lecho es relativamente ancho (15 m.) y relleno de arena.

- Meandro del Km. 4,5

La berma izquierda se encuentra socavada, el arco del meandro es bien circular, sin salientes.



En la margen derecha hay un enorme banco de arena de más de 2 m. de alto dispuesto en pisos escalonados y con vértices semicolonizados por vegetación.

- Sitio de muestreo E.13: tomada en el centro del banco o en el escalón intermedio.

Río abajo desemboca un pequeño caño, que sufre de remanso complejo. Al frente de esta desembocadura, la berma se encuentra muy socavada, un árbol caído atravieza el lecho y forma un verdadero espolón el cual desvía la corriente hacia la berma izquierda aumentándose así la socavación de la misma.

Desde este sitio el río desarrolla un cauce bien calibrado, algo más estrecho, entallado (aproximadamente 4 m.) entre dos bermas, arcillosas. El fondo del río es también arcilloso no se han localizado rastros de depósitos arenosos.

La berma derecha es marcada por salidas de escurrimientos de aguas subterráneas (chorreras), las que dan inicio a algunos derrumbes, los cuales se acumulan al pie de la berma.

### Tercera Etapa:

- Sector absolutamente estabilizado:

Que se inicia en el caserío Caño Amarillo. De aquí en adelante la progresiva ha sido calculada a lo largo de la carretera de penetración.

Del Km. 3,1 hasta el Km. 4,7 el aspecto del curso presenta pocos cambios.

El cauce es entallado en arcilla, que en el fondo del lecho en forma de piso, ha sido entallado por canales de estiaje articulados y profundos. En algunos casos el canal de estiaje se reduce a 2 m. y aún más estrecho y este entalle secundario puede alcanzar 1 m. de profundidad (ejemplo Km. 4,1 - 4,2).

Las bermas están constituidas en su parte alta e intermedia por materiales de texturas arenosas franco-limosas, franco arcillo-arenosas, que descansan sobre arcillas compactas gleysadas.

El cauce acusa poca sinuosidad, en algunos sitios esta es más marcada, conservando sin embargo el río una amplia apertura del radio de las curvas. La corriente se nota bastante rápida.

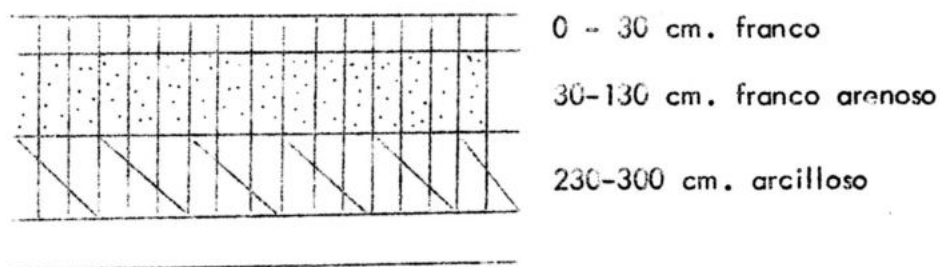
Las bermas evolucionan lentamente generalmente mediante pequeños derrumbes, provocados por socavaciones y/o humedecimientos parciales del perfil por salidas de interflujo de algunas aguas colgantes (chorreras).

Los bancos arenosos localizados en este tramo del cauce, son insignificantes, se trata más que todo de un "empolvamiento" de las arcillas del fondo, por algunas delgadas capas de arena (de hasta 10 cm. de espesor).

El entalle del cauce que es de aproximadamente 4 m. a la altura del Km. 3,1 sigue en aumento y alcanza 7 m. a la altura del Km. 4,2, reduciéndose río abajo a 5 m. a la altura de la progresiva Km. 4,7.

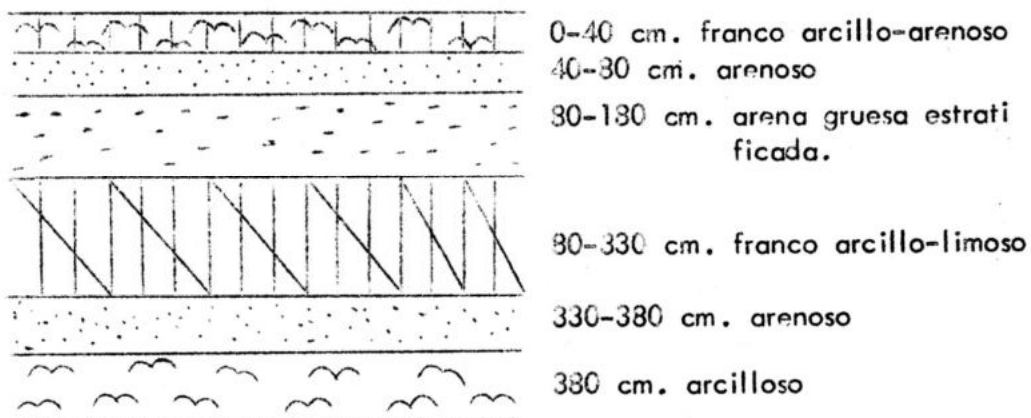
- Descripción de algunas bermas. Progresiva Km. 3,3 (margen dere -

cha.

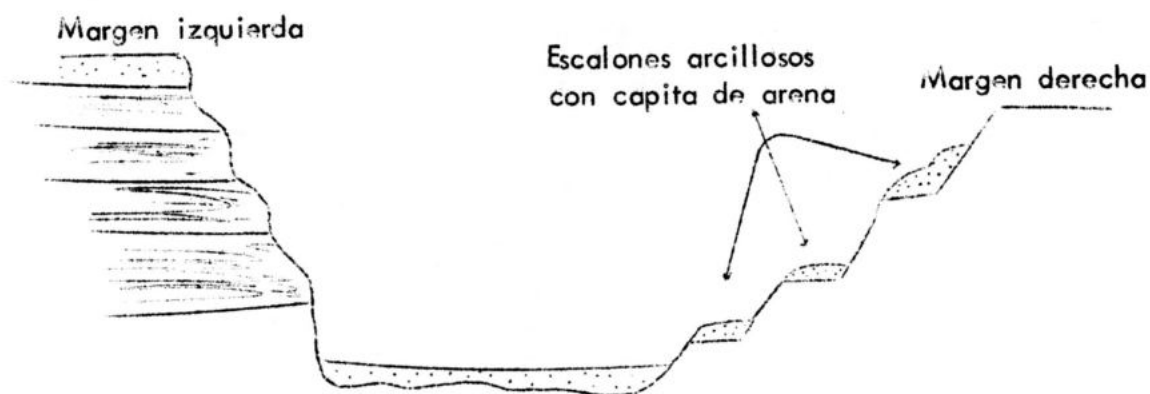


En este sitio la presencia de un árbol caído en el cauce provoca desviaciones de la corriente y degradaciones de la berma atacada, se observan también algunas pequeñas acumulaciones arenosas sedimentadas en los sitios de ángulos muertos.

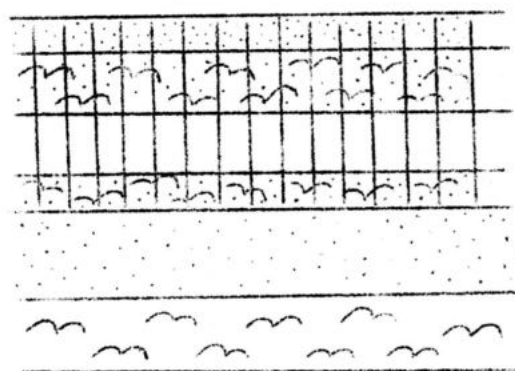
- Progresiva Km. 3,5, perfil de la berma derecha:



## Progresiva Km. 3,5, perfil del cauce:



- Sitio de muestreo E.14: material tomado del escalón intermedio de la berma del río a la altura de la progresiva Km. 3,5.
- Progresiva Km. 3,8 perfil de la berma derecha.



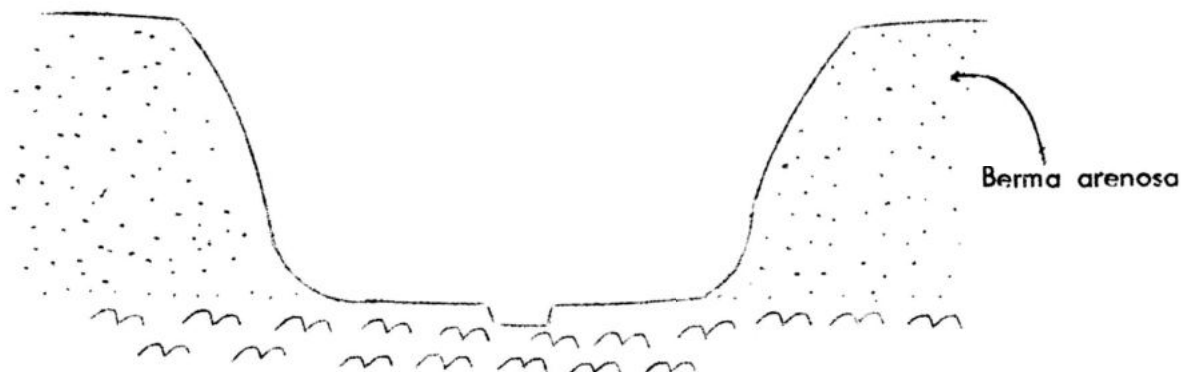
- 0 - 30 cm. franco arenoso
- 30-30 cm. franco arcillo arenoso
- 80-130 cm. franco
- 130-160 cm. franco arcillo arenoso (fracción arena gruesa)
- 160-260 cm. arcillo arenoso
- 260 cm. arcilloso

- Sitio de muestreo E.15: material tomado en el centro de un pequeño banco ubicado en la margen izquierda del río, algo aguas abajo del sitio del perfil descrito.
- Progresiva Km. 4,2 aguas arriba en las inmediaciones de las curvas.

La berma de 7 m. de altura es esencialmente arenosa, los últimos 80 cm. al pie de la misma son constituidos por arcilla. El canal

de estiaje es sumamente estrecho (3 - 4 m.) entallado dentro del piso arcilloso. No hay arena en ningún lugar de este sector del cauce.

- Progresiva Km. 4,2 perfil del cauce:



Desde la progresiva Km. 4,3 hasta Km. 4,6 el trazado del cauce es más sinuoso. Se observan algunos cortes de meandros antiguos todavía visibles a pesar de la colonización vegetal.

Hay algo más de arena en el cauce y sobre las bermas inclinadas, donde la arena rellenó las antiguas concavidades.

Los materiales de las bermas demuestran una alternancia de texturas: arenosas, franco arcillo-arenosas y franco limosas, lo cual se relaciona con el grado de exageración de los antiguos meandros y unidades de paisaje afectadas por los mismos.

Las bermas son bastantes estables, la altura varía entre 1,5 - 6 m., según el perfil cóncavo o convexo de la sinuosidad meándrica.

La parte baja de la berma es siempre entallada en las arcillas (0,5 - 1,5 m.) las cuales constituyen la base de las bermas. El pavimento del lecho es ocasionalmente agrietado en grandes bloques -

prismáticos.

- Sitio de muestreo E.16: material tomado de un banco situado en la margen izquierda a la altura de la progresiva Km. 4,3

La sinuosidad del cauce a la altura de la progresiva Km. 4,7 es más acentuada y también la fuerza de la corriente. En algunos sitios se nota un reentallamiento de las cavidades rellenas por arenas y colonizadas por la vegetación natural de cobertura.

Desde la progresiva Km. 4,7 hasta Km. 5,3 (calculadas a lo largo de la carretera de penetración) el lecho es totalmente rectilíneo, probablemente rectificado artificialmente. El antiguo curso se perfila hacia la derecha y es todavía bien visible. Se encuentra colmatado de arena y colonizado por vegetación de potrero. Su nivel se encuentra aproximadamente 2 m. más alto que el del cauce actual.

El lecho actual cuenta unos 15 m. de ancho, cuenta con un entalle de 5 m. río arriba y 4 m. aguas abajo. El fondo está relleno de arenas, las cuales se depositaron de un modo uniforme a lo largo y ancho del cauce y rara vez forman bancos.

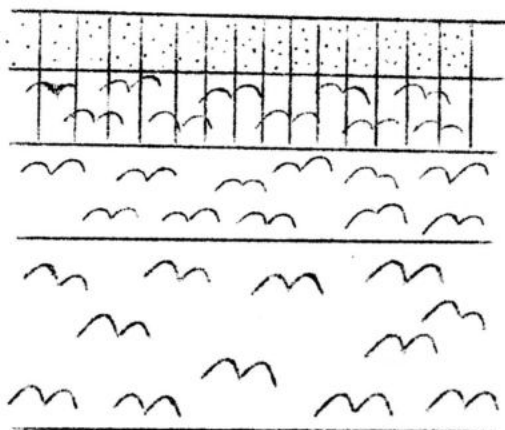
La corriente es lenta, el lecho carece de umbrales y se nota muy uniforme.

- Sitio de muestreo E.17: material tomado de un pequeño banco ubicado en la margen izquierda (progresiva Km. 4,7 - 4,8 calculada a lo largo de la carretera).

- Sitio de muestreo E.18: material tomado de un pequeño banco ubicado en la margen derecha (progresiva Km. 5,3 - 5,4 medida a lo largo

de la carretera).

- Las bermas son bien estables con pocos sitios degradados. La degradación ocurre por medio de derrumbes (movimiento de masa) de gran bloque franco arcilloso arenoso. No se observan chorreras ni humedecimientos del perfil por salida de aguas de escurrimiento subsuperficial etc., que son los casos de derrumbes observados aguas arriba.
- Progresiva Km. 4,9 perfil de la berma izquierda:



0 - 50 cm. franco arenoso

50-130 cm. franco arcillo arenoso

130-230 cm. arcilloso friable

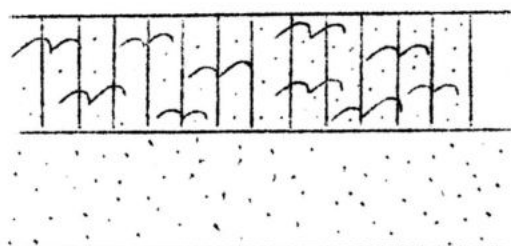
230 cm. arcilla compacta

- Del Km. 5,4 al Km. 5,9 sector sinuoso meándrico:

Al inicio del sector (aguas arriba Km. 5,4 - 5,6) los meandros son pequeños, de radio de curvatura débil. Las concavidades revelan socavaciones bastante fuertes. En el cauce, en los sitios convexos se notan pequeños bancos con umbrales oblicuos. La altura de las bermas es aproximadamente de 4 m. Río abajo los meandros aumentan la longitud de la onda. En los sectores cóncavos se aprecia una fuerte acción de socavamiento. En los sectores convexos, grandes acumulaciones de arena en forma de bancos escalonados, con inicio de colonización vegetal.

En la parte baja, se observan umbrales oblicuos reentallados de 30 - 40 cm.

La altura de las bermas es de 3 - 3,5 m. A continuación se describe la berma izquierda a la altura de la progresiva Km. 5,9 medida en la carretera.



0 - 50 cm. franco arcillo arenoso

150-300 cm. arena

Se hace recalcar que las bermas carecen de base arcillosa, lo que las hace más frágiles y sujetas a fuertes socavaciones.

- Sitio de muestreo E.19: material tomado en el centro del banco en la parte baja (progresiva Km. 5,9)
- Desde Km. 5,9 hasta Km. 6,9. Este sector del cauce es netamente menos sinuoso y menos degradado que el anterior.

Los bancos designados en el croquis del recorrido, poseen más bien características de altos fondos, que apenas afloran en épocas de estiaje.

El lecho mide aproximadamente 17 m. de ancho es decir más amplio que lo que revelan las aerofotografías del año 1968. El croquis que ilustra todo este sector debe considerarse de muy aproximativo, la vegetación oscurece los contornos, se carece de puntos de referencia y

la erosión (tatucos) dificulta las caminatas, necesarias para lograr una mejor orientación sobre la actuación del cauce dentro del paisaje.

La altura de las bermas sigue decreciendo poco a poco y a la altura del Km. 6,1 - 6,8 miden 2,5 - 1,5 m. respectivamente. El material de las bermas, sobre todo el de la superficie del perfil, es esencialmente arenoso o franco-limoso. No se observan bases arcillosas.

- Sitio de muestreo E.20: material tomado de el borde bajo de un banco reentallado (20 - 30 cm) por el canal de estiaje. Progresiva Km 6,2, el banco es muy plano y poco escalonado.
- Sitio de muestreo E.21: material tomado de un banco situado en la margen izquierda, el sitio de la toma se localiza aproximadamente 10 cm. por encima del canal de estiaje.

Aguas abajo, la orientación del cauce es rectilínea.

- De la progresiva Km. 6,9 hasta Km. 7,7 la orientación del cauce es rectilínea, el cauce es muy ancho (25 m.) completamente invadido por arena (napas de gran espesor continuas y que no forman bancos).

La berma de 1,5 a 1,0 m. de altura decrecen río abajo. Se encuentran bien estables y colonizadas completamente por especies arbóreas.

El avance del material arenoso río abajo en época de estiaje parece ser muy lento debido a la poca corriente desarrollada por el río.

Pocos metros aguas abajo de las instalaciones de una hacienda, se observan rastros de un difluente inactivo, que se desprendía rumbo hacia la derecha.

- El curso principal continúa por medio de la carretera unos 300 m. y cruza a la izquierda para internarse dentro de un sector de vegetación densa en juncos con hierbas altas, la cual no ha sido explorada.

Todo este sector es sumamente inestable, lo que se debe a la enorme cantidad de materiales arenosos que avanzan del sector inmediato ubicado río arriba, provocándose un completo relleno arenoso del cauce a lo largo de 3,4 Km.

El lento y continuo avance de estos enormes volúmenes de arenas dentro de un cauce débilmente enmarcado por bermas bajas, provoca situaciones que se perfilan de difícil mejoramiento por si mismo.

- De la progresiva Km. 7,7 hasta la bodega del cruce de los caminos.

Este sector es de epandajes arenosos. La altura de las bermas no sobrepasa 1 m., se encuentran cubiertas de arena provenientes de los explayamientos del río en época de crecidas. El ancho del despliegue de los explayamientos en el sitio de inicio de este tipo de cauce alcanza apenas unos metros, este ancho sigue en aumento río abajo, abarcando grandes extensiones por ambas márgenes del cauce.

Un cauce viejo ubicado hacia el Oeste se encuentra completamente colmatado por materiales arenosos y medio colonizados por vegetación.

La situación río abajo donde la carretera y las haciendas vecinas han sido sepultadas por los explayamientos frontales del río, es bien conocida:

- Tendencia del río a formar un amplio meandro asociada con vo

lúminosos explayamientos de materiales arenosos.

- Es preciso hacer notar que hacia la izquierda existe un lecho secundario intermedio entre el lecho antiguo y actual. Este cauce desemboca en el principal a la altura de la bodega ubicada en el cruce de los caminos, formándose una amplia isla arenosa.
- Río abajo las aguas reunidas siguen por el medio del camino y se desparraman al entrar en la zona boscosa.

A continuación se incluyen los croquis (Nros. 2 y 3) a escalas 1:25.000 y 1:10.000 correspondientes al recorrido del cauce del río Pajita.

D. INTERPRETACION DE LAS CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS MUESTRAS DE ARENA DEL RIO PAJITA. Prof. J. Tricart, El Vigía 30 Agosto 1972.

En ausencia del Ing<sup>o</sup> G. Maire y a solicitud de la OEZA, la interpretación de los datos de laboratorio ha sido efectuada por el Prof. J. Tricart.

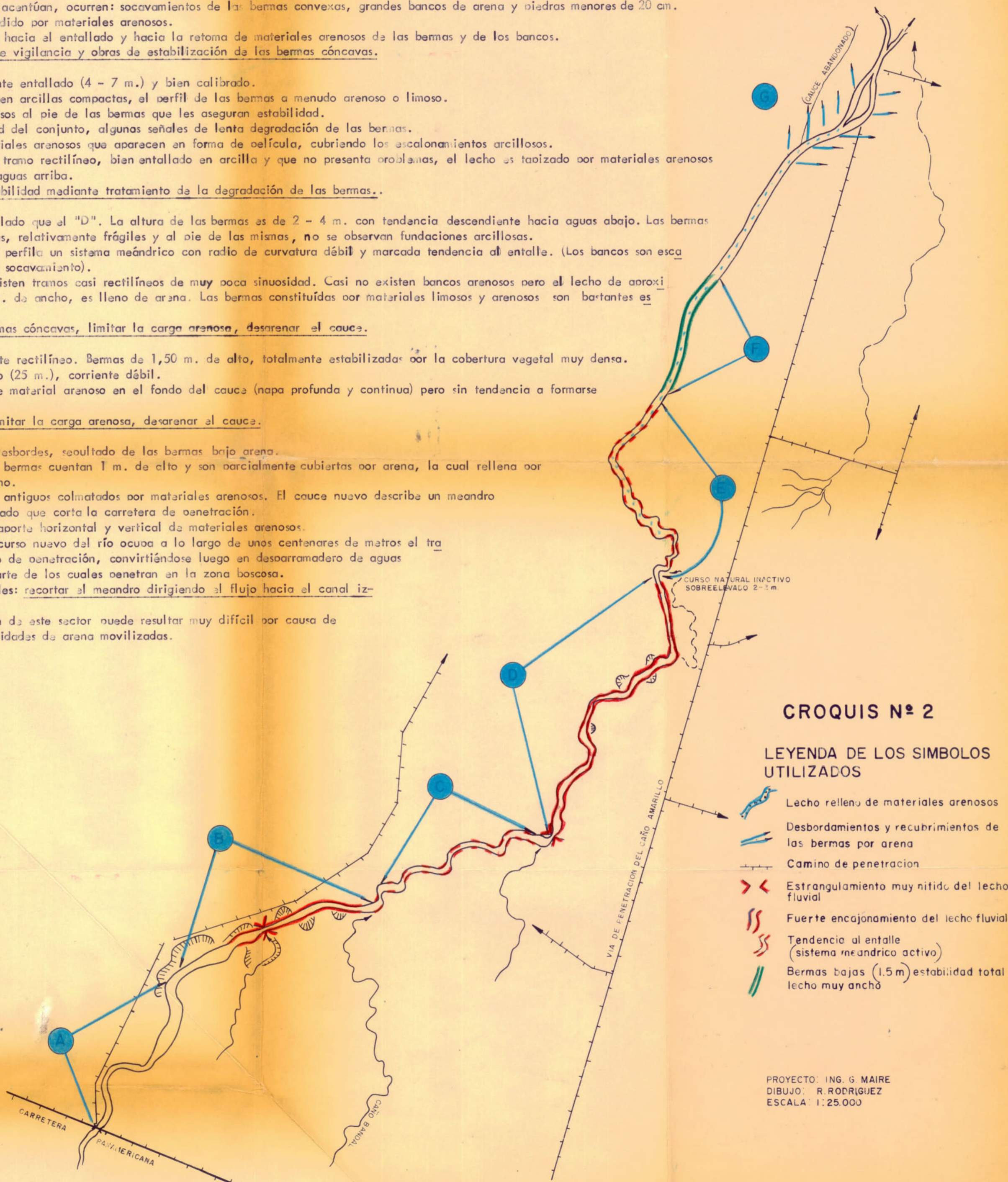
" Todas las curvas pertenecen al tipo sigmoide, característico de una acumulación libre. Las diferencias que existen entre las varias curvas son de poca importancia y denotan sólo una leve influencia de las condiciones hidrodinámicas locales sobre la selección del material.

La fracción más abundante (modo estadístico) se encuentra casi siempre en las arenas medianas cerca del límite de las arenas finas.

Esas características ponen en evidencia una migración fácil de las arenas a lo largo del río Pajita. La mayor parte del material arenoso proveniente de la socavación de las orillas, es arrastrado hasta el desparramadero terminal, donde la disminución de la pendiente provoca una acumulación del tipo forzado, lo que tiene como consecuencia la obturación de los canales y los ex

CROQUIS DEL ESTUDIO PRELIMINAR DE LA DINAMICA FLUVIAL DEL RIO PAJITA

- A. Sector con tendencia a meandros con curvas de un gran radio (tendencia secundaria hacia cauce anastomosado).  
 - materiales: cantos rodados retomados del cono, tamaño decreciente rápidamente.  
 - relativa estabilidad.  
 - Es preciso vigilar la cantidad de material de arrastre.
- B. Recorte artificial de un sector meándrico de débil radio de curvaturas.  
 - aguas arriba del estrangulamiento zona de almacenamiento de los materiales con procedencia de aguas arriba (tendencia anastomosada). Es indicado mantener esta capacidad de almacenamiento.  
 - materiales: arena y cantos rodados (de 40 - 60 cm. de diámetro).  
 - degradación de las bermas en ciertos sitios.  
 - aguas abajo del estrangulamiento buen entalle.  
 - el lecho es estabilizado con tendencia a sinuosidades (bancos arenosos).  
 - materiales: arenas y piedras (20 - 40 cm. de diámetro).
- C. Sector de mayor sinuosidad.  
 - Los meandros se acantúan, ocurren: socavamientos de las bermas convexas, grandes bancos de arena y piedras menores de 20 cm.  
 - el lecho es invadido por materiales arenosos.  
 - existe tendencia hacia el entallado y hacia la retoma de materiales arenosos de las bermas y de los bancos.  
 - el sector requiere vigilancia y obras de estabilización de las bermas cóncavas.
- D. Sector profundamente entallado (4 - 7 m.) y bien calibrado.  
 - lecho entallado en arcillas compactas, el perfil de las bermas a menudo arenoso o limoso.  
 - escalones arcillosos al pie de las bermas que les aseguran estabilidad.  
 - buena estabilidad del conjunto, algunas señales de lenta degradación de las bermas.  
 - muy pocos materiales arenosos que aparecen en forma de película, cubriendo los escalonamientos arcillosos.  
 - aguas abajo del tramo rectilíneo, bien entallado en arcilla y que no presenta problemas, el lecho es tapizado por materiales arenosos procedentes de aguas arriba.  
 - mantener la estabilidad mediante tratamiento de la degradación de las bermas.
- E. Sector menos entallado que el "D". La altura de las bermas es de 2 - 4 m. con tendencia descendente hacia aguas abajo. Las bermas son limo - arenosas, relativamente frágiles y al pie de las mismas, no se observan fundaciones arcillosas.  
 - aguas arriba, se perfila un sistema meándrico con radio de curvatura débil y marcada tendencia al entalle. (Los bancos son escalonados y existe socavamiento).  
 - aguas abajo, existen tramos casi rectilíneos de muy poca sinuosidad. Casi no existen bancos arenosos pero el lecho de aproximadamente 20 m. de ancho, es lleno de arena. Las bermas constituidas por materiales limosos y arenosos son bastante estables.  
 - proteger las bermas cóncavas, limitar la carga arenosa, desarenar el cauce.
- F. Tramo prácticamente rectilíneo. Bermas de 1,50 m. de alto, totalmente estabilizadas por la cobertura vegetal muy densa.  
 - lecho muy ancho (25 m.), corriente débil.  
 - gran cantidad de material arenoso en el fondo del cauce (napa profunda y continua) pero sin tendencia a formarse bancos.  
 - en lo posible limitar la carga arenosa, desarenar el cauce.
- G. Sector terminal. Desbordes, resultado de las bermas bajo arena.  
 - aguas arriba las bermas cuentan 1 m. de alto y son parcialmente cubiertas por arena, la cual rellena por completo el lecho.  
 - se notan cauces antiguos colmatados por materiales arenosos. El cauce nuevo describe un meandro muy poco entallado que corta la carretera de penetración.  
 - muy abundante aporte horizontal y vertical de materiales arenosos.  
 - aguas abajo el curso nuevo del río ocupa a lo largo de unos centenares de metros el trazado del camino de penetración, convirtiéndose luego en desorramadero de aguas y materiales, parte de los cuales penetran en la zona boscosa.  
 - soluciones posibles: recortar el meandro dirigiendo el flujo hacia el canal izquierdo.  
 - la estabilización de este sector puede resultar muy difícil por causa de las grandes cantidades de arena movilizadas.



CROQUIS N° 2

LEYENDA DE LOS SIMBOLOS UTILIZADOS

- Lecho relleno de materiales arenosos
- Desbordamientos y recubrimientos de las bermas por arena
- Camino de penetración
- Estrangulamiento muy nítido del lecho fluvial
- Fuerte encajonamiento del lecho fluvial
- Tendencia al entalle (sistema meándrico activo)
- Bermas bajas (1.5 m) estabilidad total lecho muy ancho

PROYECTO: ING. G MAIRE  
 DIBUJO: R. RODRIGUEZ  
 ESCALA: 1:25.000



**CROQUIS N° 3**

**LEYENDA**

- 1 Confluencia de un Cofio
- 2 Canal de estiaje
- 3 Bancos actuales arenas y piedras
- 4 Bancos arenosos 10-30 cm sobre piedras y gravas
- 5 Sistema de bancos antiguos colonizados por vegetación
- 6 Sistema de bancos antiguos en fase inicial de colonización por la vegetación
- 7 Sacovamientos muy activos, bermas amenazada
- 8 Sacovamientos menos violentos, bermas algo degradada
- 9 Chorreros en la berma en época de estiaje
- 10 Canchales de crecida, bien marcados
- 11 Sepulcros de la berma por piedras y arenas en crecida
- 12 Traídas
- 13 Bermas estabilizadas por vegetación
- 14 Embole de un banco, río abajo de la crecida
- 15 Umbrel y runbo de la corriente en estiaje
- 16 Trazado antiguo, generalmente cubierto de vegetación
- 17 Chasacuilo (orbales coidos etc)
- 18 Pico arrollado con cañales
- 19 Camine de exceso
- 20 Banco escalonado
- 21 Estrangulamiento del lecho mayor entre dos bermas altas

**NOTA.**

- H Altura de bermas
- Hg " " " izquierda
- Hd " " " derecha
- G Longitud máxima de las piedras
- E Número de muestra

REPUBLICA DE VENEZUELA <b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS</b> DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS	
DIVISION DE EDARFOLOGIA	
PROYECTO: INV° 9. ALARE	
CALCULO: M. A. RODRIGUEZ	
REVISOR: JEAN KIERSKI	
CONFORMA:	
APROBADO:	
FECHA:	SERIE: TOTAL:
ESCALA (S) 1:10.000	HOJA N°

playamientos.

Con muy pocas excepciones las curvas se tornan mucho mas parecidas en tre sí aguas abajo del tramo, donde los meandros han sido recortados artificialmente. Esta homogeneidad confirma, que las arenas del desparramadero provienen de la socavación de las orillas por los meandros, socavación que permite que sea retrabajado el material arenoso del cono de deyección en el cual se encaja el río Pajita.

## IV - COMENTARIO FINAL

## A. CONCLUSION

Los materiales reunidos en este Resumen Bibliográfico, provienen de diversas fuentes informativas y engloban pronunciamientos y opiniones expresadas por técnicos especializados en variadas disciplinas (Geomorfología, Hidrología, Pedología y otras).

El rasgo común que se perfila a través de todas las opiniones expresadas, radica en la correlación que se hace a todos los niveles informativos, entre el piedemonte y su deterioro, como punto de partida y el objetivo clave, el cual consiste en la conservación de la capacidad del cauce del río Escalante como colector principal de drenaje de un área de 3.926 Km<sup>2</sup>.

El sector del extremo Sur de la planicie de desbordes de la zona, cercana a la carretera Panamericana llamado "filtro" o de "mitigación de flujo y sedimentos", es señalado así mismo a todos los niveles informativos, como un posible y peligroso puente de interconexión entre los dos problemas y es de donde arrancan la mayoría de los postulados tendientes a la conservación del Status Quo de las explotaciones extensivas que caracterizan actualmente este sector y hasta la extensión de sus límites y garantía de la integridad de los mismos.

Por otra parte y sin entrar en controversia con los conceptos básicos del problema, es apremiante hacer resaltar, que algunos de los terrenos englobados por el Sector Filtro, se destacan por su situación privilegiada (cercanos a la carretera Panamericana). Otros cuentan con inversiones y relativamente

alta densidad de población (Asentamientos del IAN) y finalmente que dentro de este sector de aproximadamente 50.000 Ha. de extensión, existen algunos lotes de terrenos, cartografiados por los recientes estudios de la OEZA, cuyo potencial productivo podría ser rehabilitado, hasta para el uso agrícola, mediante control de inundaciones, obras de drenaje, nivelación y otras enmiendas.

Lo expresado, conlleva a su vez a formular la cuestión de la posible recuperación de algunos sectores previamente determinados dentro del Sector Filto (aproximadamente 16.400 Ha. de las cuales 8.000 Ha. poseen alto potencial productivo). En este particular se enfrentan aparentemente dos corrientes de opinión; una de las cuales contempla la posibilidad del abatimiento de los niveles de la mesa de agua y saneamientos del campo mediante construcción de colectores abiertos en los subsectores interfluviales (no afectados por la actuación de los ríos procedentes del piedemonte) y la otra considera con estos mismos fines, la rehabilitación de los cauces de los cursos de agua existentes (estudio de la dinámica fluvial).

La principal incognita en ambos casos citados y que merece ser bien estudiada, es la de determinar las específicas unidades del paisaje, que pueden ser atravesadas por las obras, sin provocar la siempre posible remoción y movilización de los materiales actualmente estabilizados y sin que la recuperación de algunos terrenos tenga un efecto reductor sobre el papel de mitigación de flujo y sedimentos que guarda todavía el sector en cuestión.

Es por cierto previsible, que el aporte de datos esperado al concluirse los estudios encomendados al Departamento de Edafología de la Región Hidro

gráfica 1, por la División de Edafología de la Dirección de Información Básica (Estudio Agrológico Semidetallado del Sector Escalante - Zulia, Estudio Preliminar con fines de Ordenamiento de la Cuenca Alta - Media del río Escalante, Estudio de la Dinámica Fluvial de los ríos de piedemonte), constituirá una base sólida para la cristalización de los conceptos y permitirá concebir y establecer una armónica secuencia de medidas y obras tendientes a la ordenación territorial de los sectores problemáticos.

Como corolario de la información reunida en este Resumen Bibliográfico, no está demás insistir sobre el encadenamiento existente entre los problemas del piedemonte y los del Sector Sur de la planicie de desborde (filtro - mitigación - decantación) y de la posible transmisión de estas problemáticas a lo largo del curso medio y bajo del río Escalante.

Es preciso también hacer recalcar que la solución efectiva de la problemática del piedemonte, es una tarea árdua, de larga duración y posiblemente poco popular, sin embargo que se perfila como obligatoria e imperativa, si se quiere afrontar y llevar a bien los demás problemas estrechamente relacionados.

#### B. PERSPECTIVAS.

La División de Edafología, Dirección de Información Básica de la Dirección General de Recursos Hidráulicos MOP, ha encargado al Ing<sup>o</sup> Jacinto Abi-Saab Soto, Asesor a nivel Nacional de esta División, para los problemas de drenaje, de conducir a bien la continuación de los estudios de la dinámica fluvial en la cuenca del río Escalante para llevarlos a nivel de proyecto.

El Ing<sup>o</sup> J. Abi-Saab Soto contará con la colaboración de los demás De-

partamentos de la Región Hidrográfica 1; en este particular es preciso notificar que el Distrito Hidrometeorológico N° 1 de la Región antes mencionada, ya ha cumplido con fecha 6 de septiembre de 1972, con la instalación de la estación fluviográfica en el tramo medio del cauce del río Pajita.

JK/lav  
OEZA, El Vigia  
Noviembre 1972.