

社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書

社会

社会開発調査部報告書

社会

社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書

社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書
社会開発調査部報告書

社会
社会
社会

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y
DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
DGSPROA - LNH

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON

**ESTUDIO SOBRE
EL
MEJORAMIENTO INTEGRAL
DE
LA CUENCA DEL RIO APURE**

INFORME FINAL

**VOLUMEN II
INFORME PRINCIPAL**

JICA LIBRARY



1112278151

NOVIEMBRE DE 1993

NIPPON KOEI CO., LTD.
NIKKEN CONSULTANTS, INC.
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.
TOKIO, JAPON

Este informe consiste de los siguientes cinco volúmenes.

VOLUMEN I: RESUMEN EJECUTIVO (Inglés y Español)

VOLUMEN II: INFORME PRINCIPAL (Inglés y Español)

VOLUMEN III: INFORME DE APOYO (Inglés)

PARTE-A: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PARTE-B: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS

PARTE-C: AGRICULTURA Y ESTUDIO DE LA UTILIZACION
DE LA TIERRA

PARTE-D: ESTUDIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

PARTE-E: ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIZACION DEL CANAL
PARA LA NAVEGACION

PARTE-F: ESTUDIO SOBRE CONTROL DE INUNDACIONES

PARTE-G: PLAN DE CONSTRUCCION Y ESTIMATIVA DE
COSTO

PARTE-H: ESTUDIO SOCIO-ECONOMICO Y EVALUACION
PRELIMINAR DEL PROYECTO

PARTE-I: ESTUDIO AMBIENTAL

VOLUMEN IV: LIBRO DE DATOS NO. I (Inglés)

VOLUMEN V: LIBRO DE DATOS NO. II (Inglés)

La estimación de costo fué hecha en base a los niveles de precios prevalecientes en
Febrero de 1993, expresado en Bolivares de acuerdo con la siguiente tasa de cambio.

US\$ 1.00 = Bs. 82.00 = ¥ 119.72

(Del 17 de Febrero, 1993)



Prefacio

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Venezuela, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio sobre el Mejoramiento Integral de la Cuenca del Río Apure y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a la República de Venezuela una misión de estudio presidida por el Ing. Yoichi Takeuchi de Nippon Koei Co., Ltd., y compuesta de miembros de la misma compañía, de Nikken Consultants, Inc. y Kokusai Kogyo Co., Ltd., la cual visitó Venezuela cuatro veces entre Marzo de 1992 y Octubre de 1993.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Venezuela y realizó investigaciones en los lugares destinados al Estudio. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República de Venezuela, por su estrecha cooperación brindada a la misión.

Noviembre 1993

Kensuke Yanagiya

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Noviembre de 1993

Sr. Kensuke Yanagiya
Presidente
Agencia de Cooperación Internacional del Japón
Tokio, Japón

Estimado Sr. Yanagiya

Carta de Tramitación

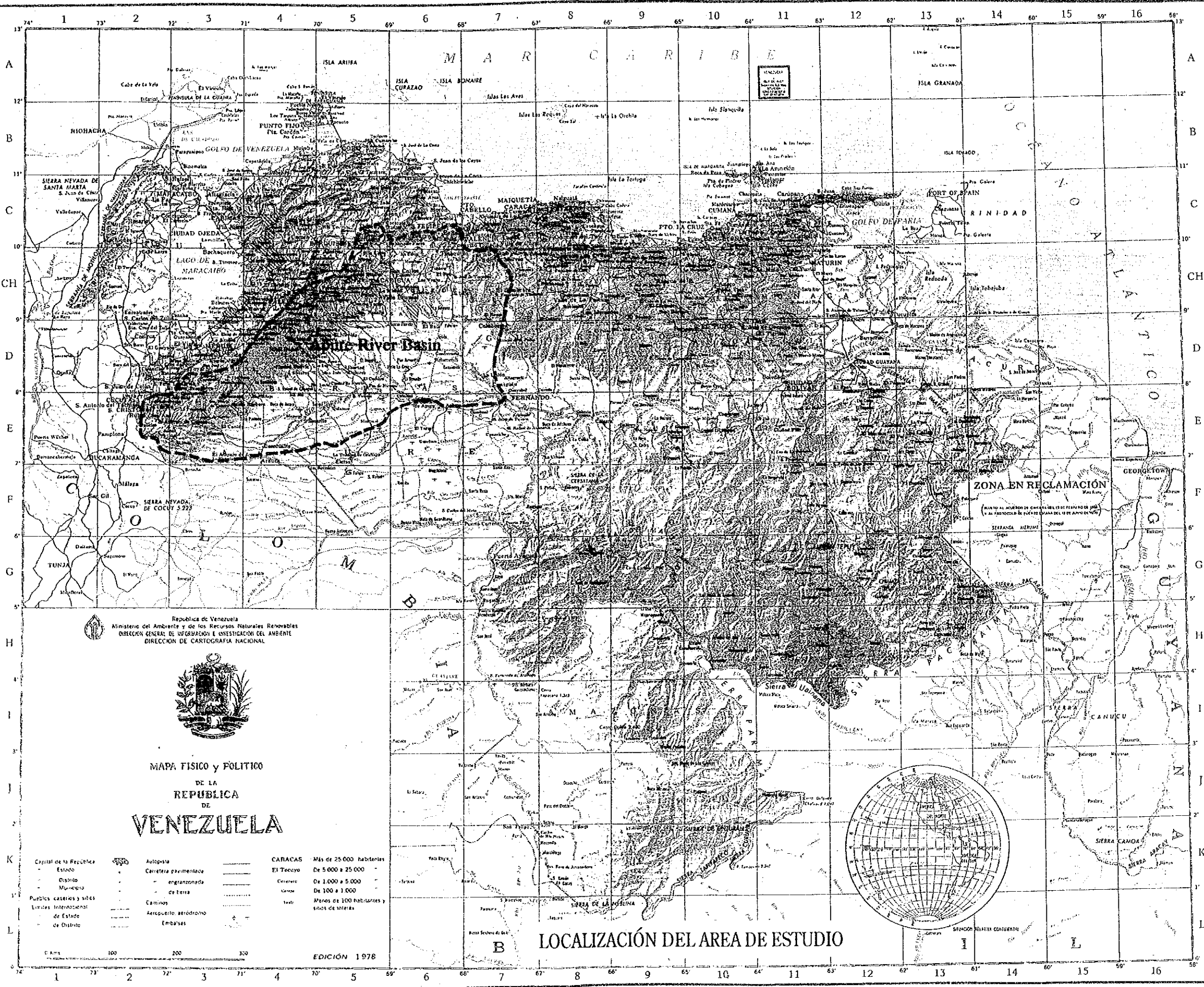
Nosotros estamos complacidos en entregarle el Reporte Final del Estudio para el Mejoramiento Integral de la Cuenca del Río Apure. Este reporte concierne con la formulación de los conceptos básicos y las medidas para la estabilización de cauce de los ríos para navegación, y con la mitigación de los daños causados por las inundaciones; el estudio es a nivel de plan maestro.

El reporte consiste de cinco (5) volúmenes, El Resumen Ejecutivo, Reporte Principal, Reporte de Soporte, Libro de Datos I y Libro de Datos II. Los resultados principales presentados en el Reporte son el Plan de Estabilización de Cauce para navegación y el Plan para Mitigación de Inundaciones. El primero propone varias medidas para estabilizar el cauce, tales como canal de derivación, tratamiento de las desviaciones del río, normalización de los alinamientos, etc. Mientras que el segundo propone la construcción de diques a lo largo del cauce de los ríos para mitigar los daños causados por las inundaciones en el área de estudio.

Nosotros deseamos expresar nuestro reconocimiento de agradecimiento al personal de su Agencia, al Comité asesor, al Ministerio de Relaciones Exteriores, al Ministerio de Trabajo, a la Embajada del Japón en Venezuela, y también a los funcionarios y personalidades del Gobierno Venezolano por su asistencia y consejos dados al Equipo de Estudio. Nosotros deseamos sinceramente que los resultados de éste estudio contribuyan al mejoramiento del Área de Estudio.

Sinceramente Suyo,

Yoichi Takeuchi
Jefe del Equipo
Estudio para el Mejoramiento Integral
de la Cuenca del Río Apure



República de Venezuela
Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
DIRECCIÓN GENERAL DE INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL AMBIENTE
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL



MAPA FÍSICO y POLÍTICO
DE LA
REPUBLICA
DE
VENEZUELA

- | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|---------------------------|
| Capital de la República | Autopista | CARACAS | Más de 25.000 habitantes |
| - Estado | Carretera pavimentada | El Tocuyo | De 5.000 a 25.000 |
| - Distrito | - engranada | Cerecote | De 1.000 a 5.000 |
| - Municipio | de tierra | Casas | De 100 a 1.000 |
| Pueblos caseros y sitios | Caminos | trazo | Menos de 100 habitantes y |
| límites internacionales | Aeropuerto, aeródromo | | sinót de intera |
| de Estado | Embalses | | |
| de Distrito | | | |

0 100 200 300
EDICIÓN 1978

LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

RESUMEN

INTRODUCCION

1. **ANTECEDENTES:** Al recibir la solicitud del gobierno de Venezuela, el gobierno de Japón decidió otorgar cooperación técnica para el estudio integral para el mejoramiento de la cuenca del río Apure (el estudio), a través de su agencia ejecutora, la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).
2. **OBJETIVO DEL ESTUDIO:** El objetivo del estudio es formular los conceptos y medidas básicas para el mejoramiento integral de la cuenca del río Apure para la estabilización de los cauces de los ríos y la mitigación de los daños causados por las inundaciones. Durante el transcurso del estudio se efectuará la transferencia de tecnología.
3. **ALCANCE DEL ESTUDIO:** El área de estudio abarca:
 - 1) Los tramos del río Apure principal desde la confluencia con el río Orinoco hasta Guasualito y del río Portuguesa desde San Fernando hasta El Baúl para el estudio de estabilización de cauce;
 - 2) El área limitada por los ríos Apure, Masparro y Portuguesa para el estudio de la mitigación de los daños causados por las inundaciones y;
 - 3) Toda la cuenca del río Apure para el estudio hidrológico relacionado con el estudio.
4. **TRABAJO DEL ESTUDIO:** El período total de estudio fue de veinte (21) meses desde su inicio en marzo de 1992 hasta la entrega del informe final en noviembre de 1993. El período de estudio está dividido en cuatro (4) fases, cada una de las cuales consistente de la investigación en Venezuela y el trabajo de gabinete en Japón.
5. **RIO APURE:** El río Apure, que es uno de los tributarios más grandes del río Orinoco, se origina en el noroeste de Los Andes en Venezuela, cerca de la frontera con Colombia. El área de captación es de 111.800 km² en San Fernando. La longitud del río Apure principal es de 681 km. desde la confluencia del río Orinoco hasta el puente Remolino, cercano a Guasualito. Los tributarios principales del Apure son los ríos, Portuguesa, de la cordillera de la costa, Masparro, Pagüey, Canaguá, Suripá, Caparo, Uribante y Sarare, desde los Andes, y el río Guaritico desde el área de llanura de la margen derecha.

LEVANTAMIENTOS Y ESTUDIOS BASICOS

6. **LEVANTAMIENTOS E INVESTIGACIONES:** Los siguientes levantamientos e investigaciones fueron realizados por el Equipo de Estudio durante el periodo de trabajo de campo:
- 1) Levantamiento topografico: Dos veces, desde Mayo hasta Julio de 1992, y desde Enero hasta Marzo de 1993.
 - 2) Investigacion de materiales: Los materiales de el lecho y las margenes del rio.
 - 3) Investigacion hidrologica.
 - 4) Estudio de la agricultura y Uso de la tierra.
 - 5) Estudio socio-economico
 - 6) Estudio del medio ambiente
7. **ESTUDIOS BASICOS:** Basado en los datos e informaciones suministrados por MARNR y en levantamientos e investigaciones realizadas por el Equipo de Estudio, los siguientes estudios basicos fueron realizados para la estabilizacion de cauce y para el plan de mitigacion de inundaciones:
- 1) Estudio geomorfologico
 - 2) Estudio de las caracteristicas de escorrentia
 - 3) Analisis de inundaciones
 - 4) Analisis de flujo de cauce

ESTUDIO DEL PLAN DE ESTABILIZACION DEL CAUCE

8. **ESTUDIOS Y OBRAS PREVIAS:** Los estudios y Trabajos previo se resumen como sigue:
- 1) El mejoramiento del río Apure se inició en los años de 60s. Las obras para mejoramiento del cauce implementadas hasta el presente son en su mayoría para proteger pueblos, instalaciones públicas y tierras de cultivo contra desbordes y erosión de márgenes. Recientemente se iniciaron los estudios y las obras en el río Apure como canal de navegación.
 - 2) Para la navegacion fluvial, se ha planeado la construccion de cuatro (4) puertos fluviales, y los trabajos estan en ejecucion en San Fernando, Bruzual y Guasqualito en el río Apure, y en El Baul del río Portuguesa. Estudios y

diseños de algunas obras para el mejoramiento del cauce tambien estan siendo implementados.

- 3) El estudio para el plan maestro de navegación fluvial para el sistema Orinoco-Apure está programado para ser conducido independientemente a corto plazo.

9. **TRAMOS DE CAUCES:** Por conveniencia para la descripción del estudio y Plan, los ríos Apure y Portuguesa fueron divididos en los siguientes tramos de cauce:

1) **Río Apure**

- St-A1 : Desde la desembocadura del río apure en el río Orinoco hasta el puerto de San Fernando.
- St-A2 : Desde el puerto de San Fernando hasta la confluencia con el río Portuguesa.
- St-A3 : Desde la confluencia con el río Portuguesa hasta puerto Nutria (Bruzual)
- St-A3.1 : Desde Confluencia con el río Portuguesa hasta Puerto Apurito
- St-A3.2 : Desde Apurito hasta Puerto Nutrias
- St-A4 : Desde puerto Nutrias hasta puerto Santos Luzardo (Guas dualito)
- St-A4.1 : Desde puerto Nutrias hasta el río Suripa
- St-A4.2 : Desde el río Suripa hasta puerto Santos Luzardo

2) **Río Portuguesa**

- St-P1 : Desde la desembocadura del río (en río Apure) hasta la confluencia con el río Cojedes.
- St-P2 : Desde la confluencia con el río Cojedes hasta puerto El Baul.

10. **CARACTERISTICAS DE CAUCES:**

1) Las características generales de los respectivos tramos de cauces son:

- a. Tramo A1: La inclinación del terreno es de 1/8.500. Este tramo presenta grandes ramificaciones. El río no está trezado. El ancho promedio del río es de 257 m. en el Apure principal y de 340 m. incluyendo las ramificaciones.

- b. Tramos A2 y A3.1: La inclinación del terreno es de 1/7.200. Estos tramos presentan grandes ramificaciones. El río no está trezado. El ancho promedio del río es de 251 m. en el Apure principal y de 342 m. incluyendo las ramificaciones.
 - c. Tramo A3.2: La inclinación del terreno es de 1/5.000. El río está trezado y el ancho promedio del mismo es de 522 m. fluctuando de 200 a 880 m.
 - d. Tramo A4.1: La pendiente del terreno es de 1/4.200. Se observa la confluencia de varios tributarios. El río está trezado y el ancho promedio del mismo es de 501 m. fluctuando de 220 a 880 m.
 - e. Tramo A4.2: La inclinación del terreno es de 1/2.500. No existe confluencia de tributarios importantes y el cauce no está trezado. El ancho promedio del río es de 265 m.
 - f. Tramos P1 y P2: La pendiente es muy moderada, aproximadamente 1/17.000. El río tiene meandros sin islotes. El ancho promedio del río es 140 m, cerca de Camaguan.
- 2) De acuerdo con el estudio de los mapas topográficos del año 1988 (escala 1/10.000), y los del los años 1960 y 1966 (escala 1/25.000), las variaciones de las márgenes derecha e izquierda fueron muy pronunciadas en los tramos A3.2 y A4.1.
- 3) Se compararon las características del cauce de las secciones estudiadas en junio/julio de 1992 y en enero/febrero de 1993. Los cambios del cauce del río durante la estación de lluvias está perfilado como sigue:
- a. El cauces del río Portuguesa en el sitio Camaguán es profundo y estrecho con una relación ancho-profundidad (B/h) de 19, mientras que el del río Apure en los sitios Guasdualito y Bruzual es relativamente plano con relaciones ancho-profundidad de 72 y 82, respectivamente.
 - b. En relación a los cambios de ancho y profundidad máximos del cauce y al movimiento de las márgenes, los cambios en Guasdualito y Bruzual son notables. El cauce del sitio Camaguán es estable comparado con los de los otros dos sitios.
11. **EVALUACION DE LA CAPACIDAD DEL CAUCE PARA LA NAVEGACION:**
La navegabilidad del cauce del río fue examinada a través de la profundidad del agua, el radio de curvatura, y al ancho del cauce adoptándose el criterio presentado

a continuación.

1) Criterio para el tamaño del cauce:

	Río Apure	Río Portuguesa
a) Profundidad del agua	$\geq 2,00$ m	$\geq 1,70$ m
b) Radio de curvatura	≥ 560 m	≥ 240 m
c) Ancho del cauce	≥ 80 m	≥ 30 m

2) Criterio para el Flujo de Cauce: Se adoptó como criterio para el período navegable, la descarga diaria ordinal. La descarga diaria ordinal es definida como las descargas diarios desde el mínimo anual basado en la duración promedio del flujo en las estaciones para medición de la corriente a lo largo del Apure principal y del río Portuguesa.

3) Resultado de la evaluación del río Apure: La insuficiencia de la profundidad del agua es el problema principal del río Apure. Para un período de navegación mayor de nueve (9) meses, el ancho del cauce se vuelve crítico. Basándose en la profundidad crítica del agua, los meses navegables del río Apure fueron evaluados resultando ocho (8) meses para el tramo St-A1, seis (6) meses para los tramos St-A2 y A3, y cuatro (4) meses para el tramo St-A4.

4) Resultados de la evaluación del río Portuguesa: La estrechez del cauce y la curvatura son los principales problemas del río Portuguesa. Las secciones críticas cauce aumentan abruptamente para la navegación durante más durante más de nueve mese nueve (9) meses. Basándose en el ancho crítico del cauce, los meses navegables del río Portuguesa, se estableció que éstos son ocho (8) meses para St-P1, y siete (7) para St-P2.

12. PRINCIPIOS PARA LA ESTABILIZACION DEL CAUCE PARA NAVEGACION: Para mejorar la capacidad de navegabilidad del cauce, se consideraron dos (2) medidas principales: (1) Incremento del caudal para aumentar los niveles en el cauce y (2) mejoramiento del cauce para suministrar una sección suficiente. Se hizo todo lo posible para incorporar ideas y esquemas de estudio efectuados por PROA y por otras dependencias relacionadas.

13. **MEJORAMIENTO DEL FLUJO:** Basándose en los resultados de la evaluación de los posibles efectos de las medidas, se establecieron los siguientes principios para la formulación del plan de estabilización del cauce:
- 1) Mejoramiento del flujo del Apure en el tramo superior: Es necesario implementar el canal de desvío Caparo-Uribante Viejo.
 - 2) Mejoramiento del flujo del Apure medio: Se descartó el canal de desvío Boconó-Masparro, ya que sus efectos hidráulicos son bajos.
 - 3) Mejoramiento del flujo del Portuguesa superior: En el presente estudio no se consideró el canal de desvío Cojedes-El Frasco.
14. **MEJORAMIENTO DEL CAUCE:** Basado en los resultados de evaluación de los efectos, los siguientes principios para la formulación del plan de estabilización de cauce fueron derivados:
- 1) El tratamiento de ramificaciones en los sitios Chirel, Bravo/Garzas, debe ser implementado.
 - 2) Normalización de la alineación del cauce: La realineación y cortes de meandros son las medidas principales para la sección con radios críticos de curvatura en los tramos con meandros.
 - 3) Mejoramiento de la sección del cauce. Se consideraron varias medidas. Sin embargo estas obras necesitan ser adecuadas al río Apure, a través de la acumulación de tecnología y experiencia utilizando pruebas en modelos hidráulicos en el laboratorio y pruebas prototipo en el río Apure. Hasta ese momento el tratamiento de islas y el dragado del cauce serán las medidas principales. Otras obras para mejoramiento del cauce serán adoptadas gradualmente dependiendo del progreso de las medidas.
15. **ORGANIZACION DE LOS PLANES POR ETAPAS:** Se consideraron tres (3) planes por etapas para el plan de estabilización del cauce: plan a corto, mediano y largo plazo. El límite de las obras de mejoramiento del cauce fue asumido como siendo el 10% de la longitud total del cauce, y como objetivo físico del plan a mediano plazo. El objetivo físico del plan a largo plazo debe ser discutido de acuerdo con el plan maestro de navegación que será preparado.
16. **ESTIMACION DE COSTOS:** El costo del proyecto necesario para la implementación del mismo fue estimada en US\$ utilizando la tasa de cambio de moneda extranjera de febrero de 1993. El costo del proyecto fue estimado tal como

se resume a continuación.

- 1) Plan a Corto Plazo : US\$ 53.705.000
- 2) Plan de Mediano Plazo : US\$ 74.587.000
- 3) Corto Plazo + Largo Plazo: US\$ 128.293.000

17. **CONSIDERACIONES ECONOMICAS:** El beneficio de la navegación fluvial será establecido fundamentalmente sobre la base de la reducción del costo de transporte en comparación con el transporte terrestre, durante un período de navegación extendido por medio de las obras de estabilización del cauce. Algunas de las consideraciones económicas del plan de estabilización del cauce fueron hechas sobre la base de los datos de transporte de carga obtenidos por PROA, debido a que el plan maestro de navegación no ha sido preparado.

Plan	EIRR(%)	B/C	B-C (US\$1.000)
1) Plan a corto plazo	17,7	1,72	38.677
2) Plan a mediano plazo	13,7	1,46	46.666

18. **CONSIDERACIONES AMBIENTALES:** La estabilización del cauce para la navegación será lograda por medio del mejoramiento del flujo y del cauce. El mejoramiento del cauce incluye obras tales como tratamiento de ramificaciones, normalización de la alineación, mejoramiento de la sección del cauce y protección de márgenes. La implementación de las obras de estabilización del cauce producirá cambios del río y en las áreas circundantes. Entre ellos, los cambios en las ramificaciones con retorno al cauce principal aguas abajo de los diques de cierre y sumergido, y los sitios para la disposición de los materiales del dragado serán importantes. Es necesario efectuar estudios e investigaciones más detalladas durante la etapa de diseño sobre los siguientes aspectos pero no limitándose a los mismos:

- 1) Uso actual del agua
- 2) Condición ecológica actual
- 3) Identificación de los elementos a ser preservados

ESTUDIO DEL PLAN PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

19. **AREA DE ESTUDIO:** El área sujeto del estudio actual para mitigación de inundaciones es de 21.200 km², estando limitada al sur por el río Apure, al norte y al este por el río Portuguesa y al oeste por la carretera local No. 2. El área de

estudio es extensa y actualmente está en condiciones casi naturales siendo por ello necesario considerar con suma atención el aspecto ambiental. Un cambio drástico de las condiciones hidráulicas del área resultantes de la implementación de las obras para mitigación de inundaciones producirá un fuerte impacto en el medio ambiente del área.

Los ríos principales del área de estudio son los ríos Apure, Portuguesa y Guanare, este último fluye a través de la parte central del área de estudio.

20. **CARACTERISTICAS HIDRAULICAS:** El área habitual de inundación está ampliamente distribuída en el área de estudio. El área total de inundación corresponde a la mitad del area de estudio. La inundación causada por el desborde de los ríos se distribuye a lo largo de los principales ríos en el área de estudio.

La posibilidad de solución de los problemas de drenaje en el área de estudio, están someramente clasificados en tres categorías de acuerdo con el estudio efectuado por MARNR Las áreas con pocas o ninguna posibilidad de solución ocupan la mitad del área de estudio. Las áreas con posibilidades de solución de los problemas están distribuídas en las cuencas superior y media y parte en el área de la margen izquierda del río Apure, mientras que la mayoría de las cuencas bajas no presentan casi ninguna posibilidad de solución de los problemas de drenaje.

Las capacidades de descarga actuales de los ríos en y alrededor del área de estudio son bastante reducidas en relacion con las áreas de captación.

21. **OBRAS EXISTENTES Y PROPUESTAS PARA CONTROL DE INUNDACIONES:** Las obras para control de inundaciones existentes y propuestas dentro y alrededor del area de estudio son como se describe a continuacion:

(1) Diques

- 1) Existentes : en 7 lugares
- 2) Propuestos : en 1 lugar

(2) Presas

- 1) Existentes : 7 presas
- 2) Propuestas : 2 presas

(3) Canales de Derivacion y Aliviaderos

- 1) Existentes : 1 aliviadero de inundación
- 2) Propuesto : 1 canal de derivación

22. **PROYECTOS EXISTENTES Y PROPUESTOS:** Los proyectos existentes y propuestos en el área de estudio son como sigue:
- (1) Existentes
 - 1) Proyecto de Desarrollo Agrícola Guanare-Masparro
 - (2) Propuestos
 - 1) Extension del área del Proyecto Guanare-Masparro
 - 2) Proyecto de vía ferrea (margen derecha del río Portuguesa)
23. **PLAN EXISTENTE PARA UTILIZACION DE LA TIERRA:** Los planes de zonificación de uso de la tierra de los estados de Barinas, Portuguesa y Cojedes han sido preparados por el MARNR, y apuntan a la representación del desarrollo futuro de los respectivos estados hasta el año 2010. El uso propuesto para la tierra es en su mayoría agricultura (cría de ganado).
24. **CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA PLANIFICACION:** Para mitigar las inundaciones, aumento de las capacidades de descarga de los ríos en el área será la consideración principal. Sin embargo, esto producirá la concentración del flujo de la inundación en el embudo San Fernando, y no se prevé un gran incremento de la capacidad de descarga del embudo. Por lo tanto, el método para mejoramiento que produzca la concentración de la inundación en San Fernando no será apropiado para el presente estudio. También, la inundación por desborde contribuye a la vida de los habitantes del área suministrando recursos hídricos aunque causen daños. Es importante considerar el aspecto ambiental ya que el área de estudio está en condiciones naturales en su mayoría.
25. **AREA A SER PROTEGIDA:** El área a ser protegida fue seleccionada aplicando el criterio de que deberá existir posibilidad de solución de los problemas de drenaje y de asignación de uso futura de la tierra. Consecuentemente se seleccionaron las siguientes cuatro (4) áreas:
- 1) Área "A": Área que se extiende en la margen derecha de Caño Igües
 - 2) Área "B": Área que se extiende en la margen derecha del río Guanare
 - 3) Área "C": Área que se extiende en la margen izquierda del río Apure
 - 4) Área "D": Ciudad San Fernando y áreas circundantes

El área "D" fue seleccionada ya que las obras para mitigación de inundaciones para

las áreas "A", "B" y "C", aguas arriba, pueden influenciar el área y por lo tanto es necesario aumentar el grado de seguridad contra desbordes para proteger la ciudad de San Fernando.

26. **ESCALA DE DISEÑO DEL PLAN:** Como escala de diseño del plan se utilizó un período de retorno de 10 años, lo cual es comunmente aplicado en el área rural de Venezuela. Las precipitaciones de diseño con un período de retorno de 10 años corresponden al 96% de las precipitaciones en 1981 que fueron las mayores registradas en el área de estudio.
27. **MEDIDAS POSIBLES:** Las medidas posibles para la planificación del mitigación de inundaciones son las siguientes:
- 1) Diques
 - 2) Canales de derivación
 - 3) Embalses moderadores (naturales y artificiales)
 - 4) Represas
 - 5) Ensanchamiento y profundización del cauce actual de los ríos

De acuerdo con los estudios preliminares de medidas mencionadas arriba, las conclusiones siguientes fueron reveladas:

- 1) Se recomiendan diques en una sola margen.
 - 2) Las presas existentes y propuestas producen casi ningun efecto en el area de estudio.
 - 3) Ampliacion y profundizacion del cauce del río no es aplicable, considerando las condiciones hidraulicas y topograficas existentes.
28. **PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "A":** Las medidas posibles para proteger el área "A" son las siguientes:
- a) Dique contra desborde y
 - b) Represa para disminuir el pico de inundación

Sin embargo, el plan de represa fue descartado debido a que no existen represas propuestas o viables efectivas para la protección del área "A". Considerando que la inundación en y alrededor del área a ser protegida es causada principalmente por el desborde del río Portuguesa y de Caño Igües, se formularon los siguientes tres (3)

planes alternativos.

- 1) Plan A1: Dique sobre la margen derecha del río Portuguesa (187 km. de longitud)
- 2) Plan A2: Dique sobre la margen derecha de Caño Igües (190 km. de longitud)
- 3) Plan A3: Dique sobre la margen derecha del río Portuguesa y margen izquierda de Caño Igües (185 km. de longitud)

29. PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "B": Las medidas posibles para proteger el área "B" son las siguientes:

- a) Dique contra el desborde
- b) Represa para disminuir el pico de la inundación
- c) Mejoramiento de los cauces existentes de los ríos

Sin embargo, el plan de represa fue descartado ya que no existen represas propuestas y viables para protección del área "B" además de la represa existente Boconó-Tucupido. Para evitar el desborde del río Guanare y también mitigar la inundación del área, se formularon los siguientes tres planes alternativos.

- 1) Plan B1: Dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud)
- 2) Plan B2: Dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud) y mejoramiento del río Guanare Viejo (95 km. de longitud)

Para el mejoramiento de la capacidad del río Guanare Viejo, este plan fue dividido en los dos casos siguientes:

- Plan B2A: El ancho del río Guanare Viejo es de 25 m, y la profundidad 3 m. (con capacidad aproximada de 100 m³/seg.)
- Plan B2B: El ancho del río Guanare Viejo es de 50 m y la profundidad 3 m. (con capacidad aproximada de 200 m³/seg.)

30. PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "C": Las medidas posibles para proteger el área "C" son las siguientes:

- a) Dique contra desborde
- b) Estructuras tipo Modulos de Apure para proteger areas especificas

Para evitar el desborde del río Apure, se formularon los siguientes dos (2) planes alternativos.

- 1) Plan C1: Dique en la margen izquierda del río Apure desde Puerto de Nutrias a Samanat (155 km. de longitud)
- 2) Plan C2: Dique en la margen izquierda del río Apure desde Puerto de Nutrias hasta Apurito (105 km. de longitud)
- 3) Plan C3: Estructuras tipo Modulos de Apure en areas no inundadas, las cuales estan sujetas a consideraciones ambientales.

31. PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "D": Las medidas posibles seleccionadas fueron las siguientes:

- a) Ensanchamiento del cauce actual del río Apure
- b) Canal de derivación para aliviar la carga del río Apure
- c) Embalse moderador para regular la concentración de inundación en el embudo San Fernando
- d) Elevación del dique existente que rodea San Fernando y
- e) Reducción del nivel del agua en el tramo aguas abajo de San Fernando.

Entre ellas, las medidas a) y e) fueron descartadas debido a su dificultad y efecto reducido, respectivamente. La medida d) debe ser empleada cuando otras medidas no sean efectivas ya que la misma no implica el mejoramiento de la condición hidráulica del área. En relación a las medidas b) y c) se formularon los siguientes tres (3) planes alternativos:

- 1) Plan D1: Canal de derivación desde río Portuguesa al río Apurito

Este plan fue dividido en los siguientes dos (2) casos.

Plan D1A: Mejoramiento del aliviadero existente (Ancho total 400 m. y Canal para niveles bajos de 60 m. de ancho)

Plan D1B: Mejoramiento del aliviadero existente y canal de derivación propuesto (Iqual ancho que Plan D1A)

- 2) Plan D2: Embalse regulador por medio del módulo tipo Apure (5.200 km²)

32. **PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "A":** El plan A1 permanece como plan propuesto ya que el área de inundación no se extenderá debido a las condiciones topográficas y porque no produce fuertes impactos ambientales de acuerdo con la investigación preliminar, aunque la profundidad de inundación en la margen izquierda del río Portuguesa aumentará de 40 a 50 cm. como máximo, a partir de la condición actual. Este plan producirá beneficios económicos por la utilización del dique para la conexión de las carreteras troncales 5 y 8.
33. **PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "B":** Entre los planes alternativos se seleccionó el plan B1 ya que el efecto de mejoramiento del cauce existente de los planes B2A y B2B es tan pequeño como de 3 a 6 cm. en reducción de la profundidad de inundación, aunque dura un período más largo y el costo es de 2 a 3 veces mayor que el del plan B. La prevención de desborde del río Guanare es esencial para el plan actual para mitigación de inundaciones, aunque la reducción de la profundidad de inundación del área será de 5 cm. aproximadamente. Este plan ofrece ventajas económicas al utilizar el dique como carretera y también al usar las carreteras existentes de 130 km. de longitud como dique.
34. **PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "C":** Tanto el plan C1 como el C2 elevan el nivel del agua del río Apure en 1 m. aproximadamente, pero la influencia no llega a San Fernando. En el caso del plan C2, el desborde continúa produciéndose en los tramos aguas abajo de Apurito, ya que la influencia del nivel mencionado del agua aumenta influenciando el área. Por ello, plan C1 es mejor que el plan C2. Sin embargo, si los planes C1 y C2 no son factibles, el plan C3 debe ser adoptado para proteger algunas partes del área "C" con Módulos Tipo Apure.
35. **AREA "D":** No se ha seleccionado ningún plan para la misma debido a los reducidos efectos del plan alternativo respectivo y no hay ninguna influencia del plan de mitigación de inundaciones en las áreas A, B y C aguas arriba.
36. **CONSIDERACIONES AMBIENTALES:** El área de estudio se encuentra en su mayor parte en condiciones naturales, por ello la consideración del aspecto ambiental es importante. De acuerdo con el estudio preliminar, no se espera ningún impacto ambiental significativo aunque es necesario realizar un análisis del mismo más detallado para llegar a conclusiones definitivas.

En las áreas protegidas por diques sobre las márgenes derechas del Portuguesa y del Guanare (áreas "A" y "B" respectivamente), la intervención humana ya ha

causado un impacto físico en la naturaleza y por ello los diques propuesto no causarán un impacto ecológico grande, al contrario, promoverán la consolidación del desarrollo incipiente de granjas protegiéndolas contra el desborde de los ríos.

Por otro lado, el área "C" protegida por el dique en la margen izquierda del río Apure es un área con mucho menos intervención humana que las áreas "A" y "B". Por ello, el impacto ambiental del dique debe ser analizado antes de su construcción.

37. **PLAN PROPUESTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES:** El plan propuesto para mitigación de inundaciones ha sido formulado integrando los siguientes planes componentes propuestos para las áreas a ser protegidas.

Plan A1 para el área "A" (Dique del río Portuguesa)

Plan B1 para el área "B" (Dique del río Guanare)

Plan C1 o C3 para el área "C" (Dique del río Apure o Módulos)

Como no se producen cambios significativos en la inundación con la integración de los respectivos planes componentes comparados con el resultado del estudio hidráulico de cada plan, este plan fue adoptado como el propuesto para la mitigación de inundaciones.

38. **ESTIMACION DE COSTO:** El costo del proyecto para la implementación del plan para mitigación de inundaciones fue estimado en US\$ utilizando la tasa de cambio de moneda extranjera de febrero de 1993. El costo estimado del proyecto está resumido a continuación:

1)	Plan A1:	US\$ 34.185.000
2)	Plan B1:	US\$ 25.553.000
3)	Plan C1:	US\$ 34.110.000
4)	Cojunto:	US\$ 93.848.000

39. **CONSIDERACIONES ECONOMICAS:** Los beneficios producidos por la implementación del plan propuesto para mitigación de inundaciones son la reducción de la inundación y el mejoramiento de la tierra. Basándose en el costo del proyecto y en los beneficios estimados, la razón de retorno económico (EIRR) y la relación costo beneficio (B/C) para los planes respectivos es la siguiente:

Plan	EIRR(%)	B/C	B-C (US\$1.000)
A1	11,0	1,39	9.124
B1	11,0	1,45	7.295
C1	6,6	0,82	-5.212
Total	9,2	1,15	7.614

FORMULACION DEL PLAN MAESTRO

40. **DISPOSICION DE PLANES:** El estudio sobre el mejoramiento integral de la cuenca del río Apure incluye dos planes componentes que son el plan de estabilización de cauce y el plan de mitigación de inundaciones. Estos dos planes pueden ser formulados independientemente, ya que la estabilización de cauce no producira cambios radicales en el flujo de inundaciones, y las medidas para mitigación de inundación no influyen los niveles bajos para la navegacion.

PLAN PROPUESTO PARA LA ESTABILIZACION DE CAUCE

41. **PLAN A CORTO PLAZO:** El plan a corto plazo esta dirigido a lograr las siguientes metas:
- 1) Río Apure: Lograr ocho (8) meses de navegacion desde la desembocadura del río hasta el puerto de San Fernando (St-A1) y siete (7) meses de navegacion desde el puerto de San Fernando hasta el puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).
 - 2) Río Portuguesa: Lograr ocho (8) meses de navegacion desde el puerto de San Fernando hasta el puerto El Baul (St-A2, P1 y P2).

El plan a corto plazo incluye las siguientes obras:

- 1) Obra de canal de derivacion: Canal de derivacion Caparo-Uribante Viejo en el desfogadero de aguas desde la hidroelectrica La Vueltona en la etapa inicial de desarrollo.
- 2) Tratamiento contra desviaciones del río: En Chirel y Bravo/Garzas
- 3) Obras para normalización de lineamiento: Para curvaturas criticas con $R_c < 150$ m para el río Portuguesa.
- 4) Obras para mejoramiento de cauce: Para ocho (8) meses de navegacion en St-A1, A2, P1 y P2; y siete (7) meses de navegacion en St-A3 y A4.

42. **PLAN DE MEDIANO PLAZO:** El plan de mediano plazo esta dirigido a lograr las siguientes metas físicas:

- 1) Río Apure: Lograr nueve (9) meses de navegación desde la desembocadura del río hasta el puerto de San Fernando (St-A1) y ocho (8) meses de navegación desde el puerto de San Fernando hasta el puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).
- 2) Río Portuguesa: Lograr nueve (9) meses de navegación desde el puerto de San Fernando hasta el puerto El Baul (St-A2, P1 y P2).

El plan de mediano plazo incluye las obras siguientes:

- 1) Mejoramiento del flujo por medio del canal de derivación Caparo-Uribante Viejo en el desfogadero de aguas desde la hidroeléctrica La Vueltoza en la etapa final de desarrollo.
- 2) Normalización de lineamiento: Para Curvaturas críticas con $R_c < 560$ m para el río Apure y $R_c < 240$ m para el río Portuguesa.
- 3) Mejoramiento de las secciones del cauce: Para nueve (9) meses de navegación para St-A1, A2, P1 y P2; y ocho meses de navegación para St-A3 y A4.

43. **PROGRAMA DE IMPLEMENTACION:** El plan a corto plazo deberá ser implementado primero y luego el plan a mediano plazo dependiendo del aumento de la carga a ser transportada y de la viabilidad económica. El programa de implementación fue propuesto como sigue.

- 1) Preparación del proyecto: 1ro. a 5to. año
- 2) Plan a corto plazo: 1ro a 7mo. año
- 3) Plan a mediano plazo: 6to a 17mo. año
- 4) Plan a largo plazo: Sin programación (después del 18vo. año)

PLAN PROPUESTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

44. **PLAN A LARGO PLAZO:** La meta del plan a largo plazo es lograr el plan propuesto completo. El plan a largo plazo consiste de las siguientes obras:

- 1) Construcción del dique en la margen derecha del río Portuguesa (187 km. de longitud)
- 2) Construcción del dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud)

- 3) Construcción del dique en la margen izquierda del río Apure (155 km. de longitud)
45. **PLAN A CORTO PLAZO:** El plan a corto plazo esta dirigido a la implementación de las obras prioritarias y efectivas del plan de largo plazo. En el plan propuesto para mitigación de inundaciones, las siguientes dos obras seran tomadas como el plan de corto plazo.
- 1) Dique parcial del río Portuguesa (103 km. de longitud), desde la carretera nacional numero 8 hasta Nueva Florida en relación con el proyecto de vía férrea.
 - 2) Dique parcial del río Guanare (25 km. de longitud), para conectar las carreteras existentes y usar dichas carreteras como diques.
46. **PROGRAMA DE IMPLEMENTACION:** El plan a corto plazo debe ser implementado primero y luego el plan de largo plazo. La secuencia de los trabajos del proyecto para mitigación de inundacións seria como sigue:
- 1) Periodo preparatorio: Del 1er al 5to. año
 - 2) Plan de corto plazo: 2do. a 10mo. año
 - 3) Plan de largo plazo: 8vo. a 20do. año

**ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO
INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RIO APURE**

INFORME FINAL

VOLUMEN II: INFORME PRINCIPAL

INDICE

LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

RESUMEN

ABREVIATURAS

Página

I.	INTRODUCCION	1.1
1.1	Antecedentes	1.1
1.2	Objetivos del Estudio.....	1.1
1.3	Alcance del Estudio.....	1.1
1.4	Trabajos del Estudio.....	1.2
II.	AREA DE ESTUDIO	2.1
2.1	Localización y Topografía	2.1
2.2	Geología	2.2
2.3	Meteorología e Hidrología.....	2.2
2.4	Socio-Economía	2.3
III.	RECONOCIMIENTO E INVESTIGACION	3.1
3.1	Levantamiento Topográfico	3.1
3.1.1	Levantamiento de la Sección Transversal del Cauce.....	3.1
3.1.2	Levantamiento de Nivelación.....	3.4
3.2	Investigación de Material	3.4
3.2.1	Investigación del Material del Lecho del Río	3.5
3.2.2	Perforaciones.....	3.5
3.2.3	Fosas de Exploración.....	3.6
3.2.4	Pruebas de Laboratorio	3.7

3.3	Investigación Hidrológica	3.10
3.3.1	Recolección de Datos y Revisión	3.10
3.3.2	Observación de Inundación.....	3.11
3.3.3	Medición de Caudales	3.12
3.3.4	Observación de Sedimentos	3.13
3.3.5	Observación del Nivel del Agua.....	3.14
3.3.6	Prueba de Calidad del Agua	3.14
3.4	Estudio de la Agricultura y de Uso de la Tierra	3.15
3.4.1	Agricultura en Venezuela.....	3.15
3.4.2	Area de Estudio	3.17
3.4.3	Limitaciones para el Desarrollo Agrícola	3.19
3.4.4	Concepto Básico para el Desarrollo Agrícola	3.19
3.5	Estudio Socio Económico	3.21
3.5.1	Generalidades	3.21
3.5.2	Población y Fuerza Laboral.....	3.21
3.5.3	Indices Económicos	3.22
3.6	Estudio del Medio Ambiente	3.23
3.6.1	Condiciones Ambientales en el Area de Estudio	3.23
3.6.2	Estructuras Institucionales y Reglamentaciones	3.25
3.6.3	Estudio de la Distribución de los Elementos a Ser Preservados.....	3.27
3.6.4	Taller Sobre Medio Ambiente	3.29
IV.	ESTUDIOS BASICOS	4.1
4.1	Estudio Geomorfológico.....	4.1
4.1.1	Análisis Topográfico	4.1
4.1.2	Perfil del Río	4.2
4.1.3	Curso del Río.....	4.2
4.1.4	Interpretación de Imágenes de Satélite del Area Sujeta a Inundación.....	4.3
4.2	Estudios Hidrológicos e Hidráulicos.....	4.4
4.2.1	Análisis de la Cuenca.....	4.4
4.2.2	Análisis de la Precipitación	4.5
4.2.3	Características de Escurrimiento	4.6
4.3	Análisis de Inundación.....	4.7
4.3.1	Metodología para el Análisis.....	4.7
4.3.2	Análisis del Escurrimiento de la Inundación	4.8
4.3.3	Análisis del Anegamiento e Inundación	4.14

4.4	Análisis del Flujo del Cauce.....	4.17
4.4.1	Niveles del Agua y Duración del Flujo	4.17
4.4.2	Construcción del Modelo de Flujo de Cauce	4.18
4.4.3	Influencia del Río Orinoco	4.19
4.4.4	Capacidad Máxima del Cauce	4.20
4.4.5	Características del Flujo de Sedimentos.....	4.20
V.	ESTUDIO DEL PLAN PARA LA ESTABILIZACION DEL CAUCE.....	5.1
5.1	Generalidades	5.1
5.2	Estudios y Obras Previas	5.1
5.2.1	Proyectos para el Desarrollo de los Recursos Hídricos	5.1
5.2.2	Plan de Navegación.....	5.4
5.2.3	Estudios y Obras Previas	5.5
5.3	Características del Cauce.....	5.5
5.3.1	Características Generales del Cauce	5.6
5.3.2	Variaciones Históricas.....	5.7
5.3.3	Variaciones Durante la Estación de Inundaciones.....	5.9
5.4	Evaluación de la Capacidad del Cauce para Navegación.....	5.11
5.4.1	Criterios.....	5.11
5.4.2	Evaluación del Río Apure.....	5.13
5.4.3	Evaluación del Río Portuguesa.....	5.16
5.5	Medidas de Estabilización del Cauce para la Navegación.....	5.18
5.5.1	Principios de Estabilización del Cauce	5.18
5.5.2	Mejoramiento del Flujo.....	5.20
5.5.3	Tratamiento de Bifurcaciones.....	5.24
5.5.4	Normalización de la Alineación del Cauce	5.27
5.5.5	Mejoramiento de la Sección del Cauce	5.28
5.5.6	Protección de las Márgenes.....	5.30
5.6	Formulación del Plan para Estabilización del Cauce.....	5.34
5.6.1	Principios	5.34
5.6.2	Obras del Proyecto.....	5.35
5.6.3	Estimación de Costos.....	5.36
5.6.4	Consideraciones Económicas.....	5.37
5.6.5	Consideraciones Ambientales	5.38

VI.	ESTUDIO DEL EL PLAN DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES.....	6.1
6.1	Generalidades	6.1
6.2	Condiciones Actuales del Area de Estudio.....	6.1
6.2.1	Características Hidráulicas.....	6.1
6.2.2	Planes e Instalaciones Existentes para Mitigación de Inundaciones.....	6.3
6.2.3	Proyectos Existentes y Propuestos	6.4
6.2.4	Plan Existente para la Utilización de la Tierra	6.4
6.3	Concepto Básico para la Planificación de Mitigación de Inundaciones.....	6.5
6.3.1	Consideraciones Básicas.....	6.5
6.3.2	Procedimiento para la Planificación.....	6.5
6.3.3	Area de Protección.....	6.6
6.3.4	Escala de Diseño del Plan.....	6.6
6.3.5	Medidas Posibles	6.7
6.4	Formulación del Plan para Control de Inundaciones	6.7
6.4.1	Estudio Preliminar para la Planificación.....	6.7
6.4.2	Formulación de Planes Alternativos.....	6.11
6.4.3	Estudio Sobre Planes Alternativos.....	6.17
6.4.4	Consideraciones Ambientales	6.22
6.4.5	Plan propuesto para Mitigación de Inundaciones	6.23
6.4.6	Diseño Preliminar de Instalaciones	6.24
6.4.7	Estimación de Costos.....	6.25
6.4.8	Consideraciones Económicas.....	6.26
VII.	FORMULACION DEL PLAN MAESTRO.....	7.1
7.1	Organización de los Planes	7.1
7.2	Plan para la Estabilización del Cauce.....	7.2
7.2.1	Generalidades	7.2
7.2.2	Plan a Corto Plazo	7.2
7.2.3	Plan a Mediano Plazo.....	7.3
7.2.4	Plan a Largo Plazo.....	7.4
7.3	Plan para la Mitigación de Inundaciones.....	7.4
7.3.1	Generalidades	7.4
7.3.2	Plan a Largo Plazo.....	7.5
7.3.3	Plan a Corto Plazo	7.6
7.4	Programa para la Implementación	7.6

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8.1
8.1 Plan para Estabilización del Cauce.....	8.1
8.1.1 Conclusiones.....	8.1
8.1.2 Recomendaciones.....	8.2
8.2 Plan de Mitigación de Inundaciones.....	8.2
8.2.1 Conclusiones.....	8.2
8.2.2 Recomendaciones.....	8.3

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1.4.1 LISTA DEL PERSONAL PARA EL ESTUDIO (1/3)	T.1
Tabla 1.4.1 LISTA DEL PERSONAL PARA EL ESTUDIO (2/3)	T.2
Tabla 1.4.1 LISTA DEL PERSONAL PARA EL ESTUDIO (3/3)	T.3
Tabla 3.2.1 LISTA DE LOS SITIOS DE INVESTIGACION DE MATERIALES	T.4
Tabla 3.2.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	T.5
Tabla 3.4.1 PRODUCCION AGRICOLA ACTUAL Y METAS FUTURAS....	T.6
Tabla 3.4.2 METAS PARA EL AREA AGRICOLA PRODUCTORA DE COSECHAS PRINCIPALES EN LOS ESTADOS DEL AREA DE ESTUDIO	T.7
Tabla 3.4.3 USO POTENCIAL DE LA TIERRA AGRICOLA Y PECUARIA..	T.8
Tabla 3.4.4 CLASIFICACION DE LA TIERRA EN EL AREA DE ESTUDIO.	T.8
Tabla 3.4.5 TIERRAS DE CULTIVO POR DISTRITO EN EL AREA DE ESTUDIO.....	T.8
Tabla 3.5.1 POBLACION POR SEXO, URBANA/RURAL Y FUERZA DE TRABAJO EN VENEZUELA	T.9
Tabla 3.5.2 POBLACION POR ESTADOS EN VENEZUELA	T.10
Tabla 3.5.3 PRODUCTO BRUTO DOMESTICO	T.11
Tabla 3.5.4 PRODUCTOS DOMESTICO BRUTO DE ORIGEN INDUSTRIAL A PRECIOS CONSTANTES DE 1984.....	T.12
Tabla 3.5.5 INDICE DE PRECIOS: 1981 - 1991.....	T.13
Tabla 3.5.6 TASA DE CAMBIO DE MONEDA EXTRANJERA	T.13
Tabla 4.3.1 PRECIPITACION MEDIA ANUAL DURANTE 8 MESES.....	T.14
Tabla 4.3.2 PRECIPITACION MEDIA ANUAL PROBABLE DURANTE 8 MESES EN LA CUENCA	T.15
Tabla 4.3.3 MEDIA ANUAL ED LOS CAUDALES MAXIMOS DIARIOS....	T.16
Tabla 4.3.4 CAUDALES MEDIOS DIARIOS PROBABLES.....	T.17
Tabla 4.4.1 DURACION PROMEDIO DE CAUDALES	T.18
Tabla 5.5.1 DIMENSIONES DE LAS REPRESAS PARA EL ESTUDIO DE ESTABILIZACION DEL CAUCE	T.19

Tabla 6.2.1	CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS REPRESAS EN LA CUENCA DEL RIO PORTUGUESA.....	T.20
Tabla 6.4.1	RELACION ENTRE LA PENDIENTE DEL TERRENO, LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y EL COSTO DEL MODULO TIPO APURE.....	T.21
Tabla 6.4.2	PLANES ALTERNATIVOS PARA EL ESTUDIO DE LA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES.....	T.22
Tabla 6.4.3	PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUES (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS) (1/2).....	T.23
Tabla 6.4.3	PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUES (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS) (2/2).....	T.24
Tabla 6.4.4	CAMBIOS PRINCIPALES DE LA INUNDACION (1/2)	T.25
Tabla 6.4.4	CAMBIOS PRINCIPALES DE LA INUNDACION (2/2)	T.26
Tabla 6.4.5	COSTO DE LOS PLANES ALTERNATIVOS DEL PROYECTO .	T.27

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1.3.1	Area de Estudio F.1
Fig. 1.4.1	Flujo Total del Estudio F.2
Fig. 1.4.2	Organización del MARNR. y de JICA Para el Estudio..... F.3
Fig. 2.1.1	Topografía del Área de Estudio F.4
Fig. 2.2.1	Mapa Geológico de la Cuenca del Río Apure..... F.5
Fig. 2.3.1	Tipo de Clima F.6
Fig. 2.3.2	Mapa Anual de Isoyetas..... F.7
Fig. 2.3.3	Condiciones Climáticas (1/2)..... F.8
Fig. 2.3.3	Condiciones Climáticas (2/2)..... F.9
Fig. 2.4.1	Límites de los Estados..... F.10
Fig. 3.1.1	Localización del Levantamiento Topográfico..... F.11
Fig. 3.2.1	Sitios de Muestreo del Material en la Cuenca del Río Apure..... F.12
Fig. 3.2.2	Sitios de Muestreo del Material en el Río Orinoco F.13
Fig. 3.2.3	Curvas Granulométricas del Material del Lecho del Río F.14
Fig. 3.2.4	Curvas Granulométricas del Material de las Márgenes del Río F.15
Fig. 3.2.5	Curvas Granulométricas del Material del Terraplén..... F.16
Fig. 3.3.1	Localización de las Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas F.17
Fig. 3.3.2	Localización de las Estaciones de Aforo F.18
Fig. 3.3.3	Sitios para Observación de la Inundación..... F.19
Fig. 3.3.4	Ubicación de los Sitios para Observación del Cauce F.20
Fig. 3.3.5	Ubicación de los Sitios para Estudio de la Calidad del Agua F.21
Fig. 3.4.1	Clasificación de Suelos en el Area de Estudio..... F.22
Fig. 3.4.2	Uso Actual de la Tierra..... F.23
Fig. 3.4.3	Uso Potencial Actual de la Tierra F.24
Fig. 3.4.4	Uso Propuesto de la Tierra en las Áreas Protegidas por Diques F.25
Fig. 3.4.5	Utilización Propuesta de la Tierra con Proyecto de Diques, Drenaje e Irrigación F.26
Fig. 3.6.1	Pargues y Defugios de Fauna F.27
Fig. 4.1.1	Perfiles de los Ríos de la Cuenca del Río Apure F.28
Fig. 4.1.2	Áreas Inundables en la Estación Seca F.29

Fig. 4.1.3	Áreas Inundables en la Estación de Lluvias.....	F.30
Fig. 4.2.1	Límites de la Cuenca del Río Apure	F.31
Fig. 4.2.2	Área Drenada por el Río Apure.....	F.32
Fig. 4.2.3	Caudal Diario en 1989/1990.....	F.33
Fig. 4.2.4	Relación de Escurrimiento Anual	F.34
Fig. 4.2.5	Correlación de Caudales	F.35
Fig. 4.3.1	División de la Cuenca del Río Apure	F.36
Fig. 4.3.2	Curva de Intensidad-Duración	
	Horaria de las Precipitaciones de Diseño	F.37
Fig. 4.3.3	Estaciones Pluvioométricas Representativas para el Cálculo de las Precipitaciones Médias en la Cuenca	F.38
Fig. 4.3.4	Esquema del Modelo de la Cuenca del Río Apure mediante el Método de Función de Almacenamiento	F.39
Fig. 4.3.5	Hidrogramas Observados y Simulados en la Inundación de 1981...	F.40
Fig. 4.3.6	Hidrogramas de Inundación Probable de los Ríos Entrantes para el Método del Modelo de Estanque (1/2)	F.41
Fig. 4.3.6	Hidrogramas de Inundación Probable de los Ríos Entrantes para el Método del Modelo de Estanque (2/2)	F.42
Fig. 4.3.7	Distribución Probable de Caudales Pico Confinados en los Cauces del Río (Inundación de 1981)	F.43
Fig. 4.3.8	División Cuadrículada para el Modelo de Estanque.....	F.44
Fig. 4.4.1	Distribución Probable del Caudal Pico sin Depresas Niveles Mensuales (1/2)	F.45
Fig. 4.4.1	Hydrograma de Niveles Mensuales (2/2)	F.46
Fig. 4.4.2	Extensión del Remanso del Río Orinoco.....	F.47
Fig. 4.4.3	Capacidad del Cauce del Río Apure a Sección Plena	F.48
Fig. 4.4.4	Tamaño Promedio de los granos de los Suelos Arenosos	F.49
Fig. 4.4.5	Relación Entre el Transporte de Sedimentos y el Caudal.....	F.50
Fig. 4.4.6	Capacidad de Transporte de Sedimentos del Río Apure.....	F.51
Fig. 5.2.1	<i>Ubicación de las Represas Existentes y Propuestas</i>	F.52
Fig. 5.2.2	Ubicación de los Proyectos Existentes y Propuestos para Mejoramiento de cauce	F.53
Fig. 5.3.1	Perfil Longitudinal Promedio del Río Apure	F.54
Fig. 5.3.2	Ancho del Río Apure	F.55
Fig. 5.3.3	Variación de las Márgenes del Río Apure.....	F.56
Fig. 5.3.4	Cambios del Cauce del Río (1/3).....	F.57
Fig. 5.3.4	Cambios del Cauce del Río (2/3).....	F.58

Fig. 5.3.4	Cambios del Cauce del Río (3/3).....	F.59
Fig. 5.3.5	Cambio de las Secciones Representativas del Río (1/3).....	F.60
Fig. 5.3.5	Cambio de las Secciones Representativas del Río (2/3).....	F.61
Fig. 5.3.5	Cambio de las Secciones Representativas del Río (3/3).....	F.62
Fig. 5.3.6	Variación del Cauce Durante la Estación de Inundaciones: Río Apure en Guas dualito.....	F.63
Fig. 5.3.6	Variación del Cauce Durante la Estación de Inundaciones: Río Apure en Guas dualito.....	F.64
Fig. 5.3.8	Variación del Cauce Durante la Estación de Inundaciones: Río Portuguesa en Camaguan.....	F.65
Fig. 5.3.9	Relación Entre la Excentricidad y la Relación de Profundidad.....	F.66
Fig. 5.4.1	Secciones Críticas del Río Apure	F.67
Fig. 5.4.2	Secciones Críticas del Río Portuguesa	F.68
Fig. 5.5.1	Medidas Alternativas para la Estabilización del Cauce.....	F.69
Fig. 5.5.2	Canal de Derivación Caparo-Uribante Viejo.....	F.70
Fig. 5.5.3	Canal de Derivación Bocono - Masparro.....	F.71
Fig. 5.5.4	Canal de Derivación El Frasco-Cojedes.....	F.72
Fig. 5.5.5	Efecto Hidráulico de los Esquemas para Mejoramiento del Caudal.....	F.73
Fig. 5.5.6	Longitud Crítica del Cauce.....	F.74
Fig. 5.5.7	Efecto del Dique Sumergido en el Río Chirel.....	F.75
Fig. 5.5.8	Efecto de las Obras en el Río Chirel	F.76
Fig. 5.5.9	Efecto del Dique Sumergido en el Río Bravo.....	F.77
Fig. 5.5.10	Efecto de las Obras del Río Bravo	F.78
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (1/8).....	F.79
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (2/8).....	F.80
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (3/8).....	F.81
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (4/8).....	F.82
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (5/8).....	F.83
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (6/8).....	F.84
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (7/8).....	F.85
Fig. 5.6.1	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Apure (8/8).....	F.86
Fig. 5.6.2	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Portuguesa (1/2).....	F.87
Fig. 5.6.2	Ubicación de las Secciones Críticas: Río Portuguesa (2/2).....	F.88
Fig. 6.1.1	Area de Estudio para la Mitigación de Inundaciones.....	F.89
Fig. 6.2.1	Area Habitual de Inundación	F.90
Fig. 6.2.2	Comportamiento del Agua Superficial.....	F.91

Fig. 6.2.3	Características del Caudal de los Ríos en y Alrededor del Area de Estudio.....	F.92
Fig. 6.2.4	Posibilidad de Solución de los Problemas de Drenaje.....	F.93
Fig. 6.2.5	Capacidades Actuales de los Ríos en y Alrededor del Area de Estudio.....	F.94
Fig. 6.2.6	Ubicación de los Diques Fluviales Existentes y Otras Instalaciones.....	F.95
Fig. 6.2.7	Sitios de las Represas Propuestas y Existentes en la Cuenca del Río Portuguesa	F.96
Fig. 6.2.8	Aliviadero Existente y Canal de Derivación Propuesto	F.97
Fig. 6.2.9	Area Reservada para Uso Agrícola y proyectos Existentes de Desarrollo Agrícola	F.98
Fig. 6.3.1	Areas a Proteger en el Estudio de Mitigación de Inundaciones.....	F.99
Fig. 6.4.1	Distribución Probable del Caudal Pico Sin Represas (Período de Retorno de 10 Años).....	F.100
Fig. 6.4.2	Distribución Probable del Caudal Pico con las Represas Existentes (Período de Retorno de 10 Años).....	F.101
Fig. 6.4.3	Distribución Probable del Caudal Pico Probable con las Represas Existentes y Con las Propuestas (Período de Retorno de 10 Años)	F.102
Fig. 6.4.4	Balance Hídrico en el Area Represada en el período de abr. a nov. en 1976 y 1981.....	F.103
Fig. 6.4.5	Distribución del Caudal Pico en Condiciones de Confinamiento (Inundación de 1981)	F.104
Fig. 6.4.6	Figura Esquemática del Módulo Tipo Apure	F.105
Fig. 6.4.7	Area Apropiada para el Módulo Tipo Apure.....	F.106
Fig. 6.4.8	Balance Hídrico en el Módulo.....	F.107
Fig. 6.4.9	Planes Alternativos para la Mitigación Inundaciones en el Área "A"	F.108
Fig. 6.4.10	Planes Alternativos para la Mitigación de Inundaciones en el Área "B"	F.109
Fig. 6.4.11	Planes Alternativos para la Mitigación de Inundaciones en el Área "C"	F.110
Fig. 6.4.12	Planes Alternativos para la Mitigación de Inundaciones en el Área "D"	F.111
Fig. 6.4.13	Perfiles a lo Largo de los Diques para los Ríos Portuguesa y Guanare	F.112
Fig. 6.4.14	Perfiles a lo Largo de los Diques para el Río Apure	F.113

Fig. 6.4.15	Inundación Máxima en Condiciones Actuales (Período de Retorno de 10 Años).....	F.114
Fig. 6.4.16	Inundación Máxima para el Plan A1, (Período de Retorno de 10 Años).....	F.115
Fig. 6.4.17	Inundación Máxima para el Plan B1, (Período de Retorno de 10 Años)	F.116
Fig. 6.4.18	Inundación Máxima para el Plan C1, (Período de Retorno de 10 Años)	F.117
Fig. 6.4.19	Perímetro del Nivel del Agua del Río Apure para los Planes C1 y C2..	F.118
Fig. 6.4.20	Perfil del Canal de Derivación Propuesto	F.119
Fig. 6.4.21	Plan Propuesto para Mitigación de Inundaciones	F.120
Fig. 6.4.22	Inundación Máxima para el Plan Propuesto de Mitigación de Inundaciones (Período de Retorno de 10 Años).....	F.121
Fig. 6.4.23	Los Cambios de Inundación por el Plan Propuesto para Mitigación de Inundación	F.122
Fig. 6.4.24	Secciones Transversales Típicas de los Diques	F.123
Fig. 6.4.25	Disposición Típica de los Diques	F.124
Fig. 7.4.1	Programación Tentativa para la Implementación	F.125

ABREVIATURAS

MARNR	:	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (Ministry of Environment and Natural Resources)
JICA	:	Agencia de Cooperacion Internacional de Japón (Japan International Cooperation Agency)
PROA	:	Programa Orinoco-Apure (Orinoco-Apure Program)
DHM	:	Dirección de Hidrología y Meteorología (Direction of Hydrology and Meteorology)
INC	:	Instituto Nacional de Canalizaciones (National Institute of Canalizations)
ICN	:	Instituto de Cartografía Nacional (National Cartography Institute)
DC	:	Dirección de Cartografía (Direction of Cartography)
DPRH	:	Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos, Suelo, Vegetación y Fauna (Direction of Planning of the Hydraulic Resources, Soils, Vegetation and Fauna)
DPC	:	Dirección de Planes Conservacionistas (Direction of Conservation Plans)
DEP	:	Dirección de Estudios y Proyectos (Direction of Studies and Projects)
PROFAUNA	:	Servicio Autónomo de Protección y Fomento de la Fauna Silvestre (Wildlife Project)
CVS	:	Corporación Venezolana de Suroeste (Southwest Venezuelan Corporation)

CVG	Corporación Venezolana de Guayana (Venezuelan Guayana Corporation)
LNH	: Laboratorio Nacional de Hidráulica (National Hydraulic Laboratory)
AUDUBON	Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela (Venezuelan Chapter of the Audubon Society)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo (Interamerican Development Bank)
FUDENA	Fundación para la Defensa de la Naturaleza (Foundation for the defence of Nature)
INPARQUES	Instituto Nacional de Parques (National Institute of Parks)
UCV	Universidad Central de Venezuela. (Central University of Venezuela)
UNELLEZ	Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" (National Experimental University of the Western Llanos " Ezequiel Zamora")

I. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Al recibir la solicitud del gobierno de Venezuela, el gobierno de Japón decidió ofrecer cooperación técnica para el Estudio sobre Mejoramiento Integral de la cuenca del río Apure (el Estudio), a través de su agencia ejecutora, Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). El alcance del trabajo para el Estudio fue acordado el 16 de octubre de 1991 entre el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) del gobierno de Venezuela y JICA

1.2 Objetivo del Estudio

El objetivo del Estudio es el formular los conceptos básicos y las medidas para el mejoramiento integral de la cuenca del río Apure para la estabilización de los canales del río y mitigar los daños por inundaciones.

En el curso del Estudio se efectuó la transferencia de tecnología.

1.3 Alcance del Estudio

De acuerdo con el alcance del estudio acordado el 16 de octubre de 1991, el Estudio cubrirá las siguientes áreas, mostradas en la Fig. 1.3.1:

- 1) La extensión del río Apure principal desde Guasdualito hasta la confluencia con el Orinoco, por una distancia aproximada de 630 km, y del río Portuguesa desde El Baúl hasta San Fernando, por una distancia aproximada de 250 km, para el Estudio de estabilización de canal.
- 2) Un área de aproximadamente 30.000 km² delimitada por los ríos Apure, Masparro y Portuguesa, para el estudio para mitigar los daños por inundaciones.
- 3) Toda la cuenca del río Apure para el estudio hidrológico relacionado con el Estudio.

Para realizar el objetivo fijado en la sección siguiente, se efectuaron estudios en los siguientes campos fundamentalmente:

- 1) Estabilización de canal
- 2) Control de inundaciones
- 3) Hidrología e hidráulica
- 4) Geología y geomorfología
- 5) Agronomía, agricultura y uso de la tierra
- 6) Medio ambiente
- 7) Economía social y evaluación económica preliminar
- 8) Plan de construcción y estimación de costos
- 9) Levantamiento topográfico

1.4 Trabajos del Estudio

(1) Programa general de trabajo y actividades principales

El período total del Estudio fue programado para veinte (20) meses, desde su inicio en marzo de 1992 hasta la presentación del informe final en octubre de 1993. El programa general de trabajo está mostrado en la Fig. 1.1.4. El período de estudio está dividido en cuatro (4) fases, cada una de las cuales consiste en el reconocimiento realizado en Venezuela y el trabajo en Japón.

(2) Organización para el Estudio

Para implementar efectivamente el trabajo de Estudio mancomunado del grupo de Estudio de MARNR y JICA, se estableció una organización para Estudio, mostrada en la Fig. 1.4.2.

Las diferentes agencias del MARNR están relacionadas con el Estudio, ej: PROA, LNH, DHM, DC, DPRH, DEP, DPC, y SUS. PROA y LNH, funcionaron conjuntamente como la agencia líder del MARNR para el Estudio.

El Coordinador Técnico fue designado para establecer contacto diario con el grupo de Estudio, organizándose cuatro (4) grupos de la siguiente manera. Este personal de otras entidades participaron en el Estudio de forma intermitente.

- 1) Grupo de estudio de estabilización de canal
- 2) Grupo de estudio de control de inundaciones
- 3) Grupo de estudio hidrológico

4) Grupo de reconocimiento e investigación

- Levantamiento topográfico
- Levantamiento geomorfológico
- Estudio agropecuario y agrícola
- Estudio del medio ambiente
- Economía social
- Estimación de costos

El personal relacionado con el Estudio está listado en la Tabla 1.4.1.

(3) Actividades principales del grupo de Estudio

El estudio fue efectuado casi dentro de lo programado. Las actividades principales del grupo de Estudio están presentadas abajo de acuerdo a las fases respectivas.

1) Fase-1 de estudio

a) Reconocimiento de campo: de marzo a agosto de 1992

- Discusión sobre el informe de comienzo
- Recolección de datos e investigación de campo

b) Trabajo de oficina: de setiembre a diciembre de 1992

- Análisis y preparación de los esquemas de alternativas
- Preparación del informe provisional

2) Fase-2 de estudio

a) Levantamiento de campo: de enero a marzo de 1993

- Discusión sobre los esquemas alternativos propuestos
- Recolección de datos adicionales e investigación de campo
- Primer seminario y taller
- Taller sobre programas para computadores
- Taller sobre estudio del medio ambiente

b) Trabajo de oficina: de mayo a junio de 1993

- Análisis, evaluación y formulación del plan propuesto para mejoramiento del río.

3) Fase-3 de Estudio

- a) Reconocimiento de campo: junio de 1993
Discusión sobre el plan propuesto para mejoramiento del río
- b) Trabajo de oficina: de julio a septiembre de 1993
Finalización del plan de mejoramiento del río
Preparación del borrador del Informe Final

4) Fase-4 de Estudio

- a) Reconocimiento de campo: de septiembre a octubre de 1993
Discusión del borrador del Informe Final
Segundo seminario
- b) Trabajo de oficina: octubre de 1993
Presentación del Informe Final

II. AREA DE ESTUDIO

2.1 Localización y Topografía

El área de estudio cubre la cuenca del río Apure, que es uno de los mayores tributarios del Orinoco. El área está localizada de 7° a 10° de latitud norte y de 66° a 73° de longitud oeste (Fig. 2.1.1).

La cuenca está limitada por montañas costeras (Cordillera de la Costa) al norte y por Los Andes al oeste. La cordillera de la costa se extiende de este a oeste con altitudes de 2.000 m. a 3.000 s.n.m. y Los Andes corren de suroeste a noroeste con altitudes de 3.000 a 5.000 m. s.n.m. El monte Bolívar es la montaña más alta en Venezuela, es uno de los picos de Los Andes.

Una vasta planicie denominada Llanos Venezolanos, se extiende entre el río Orinoco, Los Andes y la Cordillera de la Costa. Tiene una extensión de 1.000 km. de este a oeste y de 200 km. a 400 km. de norte a sur, estando localizada en la parte central de Venezuela. La planicie está dividida en los Llanos oeste, centrales y del este. La cuenca del río Apure cubre la mayor parte de los Llanos del oeste y una parte de los Llanos centrales, con altitudes de 140 m. a 40 m. s.n.m.

El río Apure nace en la parte noreste de Los Andes en Venezuela, cerca de la frontera con Colombia. El área de la cuenca es de 111.800 km² hasta San Fernando. La longitud del lecho principal del río Apure es de 681 km. desde la confluencia del Orinoco hasta el puente Remolino cerca de Guasdualito.

Los tributarios principales del Apure son los ríos: Guárico de la Cordillera de la Costa; Portuguesa, Masparro, Pagüey, Canaguá, Suripá, Caparo, Uribante, y Sarare provenientes de la cordillera de Los Andes; y el río Guaritico proveniente de la llanura de la margen derecha. Los tributario de la ladera sudeste de la cordillera de los Andes transportan muchos sedimentos y forman un gran complejo de conos de deyección a la salida del área montañosa.

El área desde la confluencia de los ríos Apure y Portuguesa hasta el río Orinoco es la más baja de la cuenca. En esta área se forma un delta interior.

2.2 Geología

El mapa geológico de la cuenca del río Apure está mostrado en la Fig. 2.2.1. En la parte oeste de la cuenca del Apure, Los Andes se extienden en dirección NE. a SO. Los Andes consisten fundamentalmente de rocas graníticas paleozoicas y de rocas metasedimentarias mesozoicas y rocas sedimentarias del estrato precámbrico.

Al pie de Los Andes, las rocas sedimentarias terciarias yacen sobre rocas más antiguas. Los Andes están muy cortados por fallas normales que van de NE. a SO. Entre ellas, la más grande es la Falla de Boconó que se encuentra en la parte central de Los Andes. Esta falla es de tipo activo de primera clase y divide a Los Andes en dos partes. La dirección de desplazamiento es lateral hacia la derecha y en la misma han ocurrido muchos terremotos.

En la parte norte de la cuenca del Apure, la Cordillera de la Costa se extiende en dirección E. - O. La Cordillera de la Costa consiste de rocas sedimentarias mesozoicas, rocas metasedimentarias, rocas piroclásticas y graníticas que descansan sobre la base paleozoica. Al pie de la Cordillera de la Costa, las rocas sedimentarias terciarias descansan sobre rocas más antiguas. La Cordillera de la Costa, presentan muchas fallas activas dispuestas en la misma dirección que el eje de la cordillera. La mayor es la Falla del Caribe que está localizada en el borde norte de la cordillera. Esta falla es arterial hacia la derecha, como la falla de Boconó en Los Andes. Esta falla se conecta con la de Boconó en la cuenca de Barquisimeto.

Las rocas mesozoicas y terciarias entran en contacto con fallas ascendentes de la llanura aluvial a pie de monte. A lo largo de la Falla del Caribe han ocurrido muchos terremotos así como también en la Falla de Boconó. Desde el período Cretáceo, Los Andes y la Cordillera de la Costa han sido afectadas por un movimiento de elevación de la costa. Por otro lado, la cuenca del Apure ha sido afectada por hundimiento. Consecuentemente las formaciones mesozoicas y terciarias están depositadas con gran espesor en la cuenca. Estas formaciones están cubiertas actualmente por formaciones cuaternarias.

2.3 Meteorología e Hidrología

El clima del área de estudio entra en su totalidad bajo la denominación de clima de sabana tropical de acuerdo a la clasificación de Koppen mostrada en la Fig. 2.3.1. El mapa de isoyetas está mostrado en la Fig. 2.3.2. La precipitación mensual media, la temperatura y la evaporación están mostradas en la Fig. 2.3.3, seleccionando seis (6) estaciones, tres

(3) del área montañosa y otras tres (3) de la llanura.

La precipitación es la más distintiva del clima del área de estudio. La precipitación anual varía entre 1.200 mm. a 1.600 mm. en la llanura y llega a 2.800 mm. en el área montañosa. La estación de las lluvias del área de estudio va desde abril a noviembre.

La temperatura máxima se registra en marzo y la mínima en julio, aunque la variación es pequeña. En la llanura la temperatura mensual promedio va de 25° a 29° C durante todo el año. La evaporación máxima ocurre en marzo conjuntamente con la temperatura máxima y la mínima en junio en todas las estaciones.

El nivel de agua del río Apure forma un ciclo hidrográfico único, con un pico anual en agosto y con el menor en marzo o abril. Las fluctuaciones diarias y mensuales son pequeñas. Por ejemplo, la diferencia entre los niveles máximo y mínimo del agua durante un año es de 6 a 7 m. en San Fernando y de 4 m. en Bruzual, mientras que la fluctuación durante un mes es de solamente 0,5 m. o menor.

El río Apure transporta 60 billones de m³ de agua anuales y su descarga promedio es de aproximadamente 2.000 m³/s. Los niveles del agua más altos y más bajos registrados en San Fernando fueron de 45,6 s.n.m. y 36,5 m. s.n.m., respectivamente.

2.4 Socio-Economía

La cuenca del río Apure abarca todos los estados de Barinas, Portuguesa y Cojedes, además de los de Táchira y Apure; así como también pequeñas porciones de Mérida, Trujillo, Lara, Yaracuy, Carabobo y Guárico (Fig. 2.4.1).

El estado Táchira está localizada al suroeste de Venezuela en la región de Los Andes. Está limitado por el estado de Zulia al norte, Mérida al oeste, Barinas y Apure al sur y la República de Colombia al este. Su superficie es de 11.100 km² y contaba con una población de 807.000 personas en 1990. La capital es San Cristóbal. Los productos agropecuarios son café, ganado, patatas, vegetales, frutas y frijoles. El principal producto minero es carbón. Posee un atractivo escenario turístico.

El estado Barinas está localizada al suroeste de Venezuela, en la parte oeste de Los Llanos. Está limitado por el río Apure al sur, y los estados Portuguesa, Cojedes y Trujillo al norte, Táchira y Mérida al oeste y Guárico al este. Tiene una superficie de 35.200 km², y una población de 424.500 personas en 1990. La capital es Barinas. Los productos agropecuarios principales son algodón, maíz, madera, ganado, cerdos, arroz y ajonjolí.

(sésamo). En la parte noroeste de San Silvestre se extrae petróleo crudo.

El estado Cojedes está ubicado en la parte central oeste de Venezuela. Está limitado por los estados Lara, Yaracuy y Carabobo al norte, Barinas al sur, Guárico al este y Portuguesa y Lara al oeste. Tiene una superficie de 14.800 km², y una población de 182.100 personas en 1990. La capital es San Carlos. Los productos agropecuarios principales son ganado, arroz, sorgo y maíz.

El estado Portuguesa está en el oeste de Venezuela. Está limitado por los estados Lara y Trujillo al norte, Barinas al sur, Cojedes al este, y Barinas y Trujillo al oeste. Tiene una superficie de 15.200 km², y una población de 576.400 personas en 1990. La capital es Guanare. Los productos agropecuarios principales son arroz, sorgo, ajonjolí, algodón, maíz y frijoles.

El estado Apure está localizado la sureste de Los Llanos. Está limitada por el río Apure al norte, el Orinoco al este y Colombia al sur y al oeste. La superficie de este estado es de 76.500 km², y la población era de 285.400 personas en 1990. La capital es San Fernando de Apure. Los productos agropecuarios principales son ganado, judía enana, arroz, cerdos, banana, maíz, algodón y madera. La parte central del estado está protegido por los diques derechos del río Apure. Los módulos de del estado Apure están localizados allí. Recientemente se ha descubierto petróleo en el río Arauca en la frontera con Colombia.

III. RECONOCIMIENTO E INVESTIGACION

3.1 Levantamiento Topográfico

Los levantamientos topográficos fueron realizados en la fase 1 del levantamiento de campo de la siguiente manera:

- 1) Levantamiento de la sección transversal
- 2) Levantamiento de nivelación

Los sitios del levantamiento están mostrados en la Fig. 3.1.1. La fase-1 de trabajo de campo fue efectuado desde el principio de mayo al fin de julio en 1992 y la fase-2 de trabajo desde principios de enero hasta mediados de marzo en 1993. Los detalles de los levantamientos están descritos en el Informe de Apoyo: Parte A.

3.1.1 Levantamiento de la Sección Transversal del Cauce

El plan para seleccionar los sitios para el levantamiento de la sección transversal fue preparado sobre la base de los datos recogidos en los levantamientos existentes.

Se seleccionaron tres sitios, Guasualito, Bruzual y Camaguán para observar las variaciones del lecho del río. La colocación de mojones permanentes, el levantamiento del punto de control, el levantamiento de la sección transversal y el proceso de datos fueron llevados a cabo de la siguiente manera:

(1) Colocación de mojones permanentes

En la fase 1 del levantamiento se plantaron postes de barras de acero y de concreto en la sección transversal y en ambos márgenes del río en cada sitio de levantamiento. El número de postes plantados en la sección transversal es 359.

En la fase 2 del levantamiento, como primer paso de los trabajos, se inspeccionaron los postes plantados en la fase 1. De acuerdo con la inspección, se descubrió que muchos de los postes estaban dañados o perdidos, debido a la erosión o sedimentación. Estos postes fueron recuperados. Se recuperaron 145 postes.

(2) Levantamiento de puntos de control

Se midió la posición de los postes de sección transversal con un geodímetro y la red de trazado poligonal fue conectada con la estación del INC. (Instituto Nacional de Canalizaciones).

En la fase 1 del levantamiento, se verificaron 376 puntos de control en Guasualito, Bruzual y Camaguán. La precisión de la red de levantamiento de trazado de la poligonal en Guasualito y Bruzual estaba dentro de los límites especificados, pero la de Camaguán no fue numéricamente evaluada porque no existe punto conocido cerca del sitio de levantamiento y por ello la posición de trazado poligonal fue observada por medio de un sistema de posicionamiento del terreno (GPS.). Sin embargo, en el levantamiento en Camaguán puede tener casi la misma precisión que el de los sitios de Guasualito y Bruzual ya que se aplicó el mismo método de levantamiento.

En la fase 2 del levantamiento, se midió la posición horizontal y vertical de los postes de sección transversal recuperados.

(3) Levantamiento de la sección transversal

Se estableció una estación total en el poste de sección transversal en la margen del río y se midieron la distancia y el ángulo desde la estación total. Los datos fueron registrados en un computador personal y la posición del bote de reconocimiento fue calculada por el método de posicionamiento de límites (range-bearing). El bote de reconocimiento fue conducido a lo largo de la línea transversal para medir la topografía del lecho del río.

La profundidad del agua fue medida por medio de un ecosonda digital y los datos fueron registrados en un computador personal.

El levantamiento de la sección transversal fue llevado a cabo en los siguientes tres sitios, tanto en la fase 1 como en la fase 2, pero las seis (6) líneas en el sitio de Bruzual no pudieron ser levantadas durante la fase 2 debido a la insuficiente profundidad del agua.

1) Sitio de Guasualito

El sitio de Guasualito se extiende entre el puente Remolino y un punto a 3 km. aguas abajo, desde la confluencia del río Uribante con el río Apure. El intervalo entre líneas de sección transversal es de aproximadamente 500 m. El número de líneas de secciones transversales levantadas es 48.

2) Sitio de Bruzual

El sitio de Bruzual se extiende entre San Vicente y un punto a 3 km. aguas abajo desde el puente Bruzual del río Apure. Los intervalos de las líneas de sección transversal son de 500 m. aproximadamente. El número de líneas de secciones transversales levantadas es 50.

3) Sitio de Camaguán

El sitio de Camaguán se extiende entre la población de Camaguán y un punto a 10 km. aguas arriba sobre el río Portuguesa. Los intervalos de las líneas de sección transversal son de 200 m. aproximadamente. El número de líneas de sección transversal levantadas es 52.

(4) Levantamiento adicional de la sección transversal

PROA y otras organizaciones llevaron a cabo el levantamiento de la sección transversal de los ríos Apure y Portuguesa para recolectar información básica de los ríos para el estudio del canal.

El levantamiento adicional de la sección transversal fue llevado a cabo en San Fernando (3 secciones), Caño Setenta (1 sección), Masparro (1 sección) y Uribante (1 sección en la fase 1 y Apurito-San Fernando (14 secciones), y El Negro-La Maciera (21 secciones) en la fase 2.

(5) Procesamiento de datos

El trabajo de procesamiento de datos fue efectuado mediante el siguiente procedimiento.

a) Corrección de datos

En el campo, la posición y la profundidad fueron registradas en diferentes tipos de computadores personales. Como los datos registrados en el campo presentaban algunos valores irregulares en el archivo de posición y profundidad, los datos fueron corregidos manualmente uno por uno.

b) Integración de datos

La posición y la profundidad fueron independientemente registradas en mini discos flexibles. Los datos de profundidad fueron convertidos al formato de I.B.M. y ambos datos fueron integrados en un archivo.

c) Compilación de datos

El ángulo y la distancia desde la estación total, la coordinación del bote, la elevación del lecho del río y la desviación de la línea del lecho fueron calculados basándose en un archivo integrado. Los datos calculados fueron almacenados en el archivo de compilación.

d) Dibujo de Graficos

Finalmente, la sección transversal del río fue dibujado a partir del archivo de compilación utilizando un computador y un trazador automático de gráficos.

Los resultados del levantamiento de la sección transversal están mostrados en el Libro de Datos I bajo la forma de mapas topográficos de sección transversal.

3.1.2 Levantamiento de Nivelación

La distancia total del levantamiento de nivelación fué de 430 km. El levantamiento de nivelación consiste en lo siguiente:

(1) Nivelación para el poste de sección transversal

El levantamiento fue llevado a cabo a lo largo de las márgenes del río para establecer la elevación de los postes de sección transversal. La precisión del trabajo de nivelación fue de 40 mm. por cada 5 km. como máximo, lo cual cumple con lo especificado.

(2) Nivelación para la estación propuesta de medición de nivel del agua

El levantamiento fue llevado a cabo para establecer cotas de referencia cerca de los sitios de las estaciones para medir el nivel del agua. Las elevaciones de las cotas fueron medidas desde cotas conocidas.

(3) Nivelación para los limnómetros

El levantamiento fue llevado a cabo para establecer cotas de referencia en los lugares con limnómetros instalados en La Unión, San Antonio, La Capilla (1), La Capilla (2), Paso Igues, Coco del Mono, Costa de Guanare y La Unión para observar la profundidad de inundación. La nivelación fue efectuada basándose en cotas conocidas.

3.2 Investigación de Material

La investigación de material consiste en tomar muestras del lecho del río y perforaciones, para tomar muestras del material de los orificios de prueba y analizarlos en el laboratorio. Los sitios para la investigación del material están listados en la Tabla 3.2.1 y mostrados en las Figs. 3.2.1 y 3.2.2. Los detalles de la investigación están descritos en el Informe de Apoyo: Parte B.

3.2.1 Investigación del Material del Lecho del Río

(1) Método de investigación

Se obtuvieron 37 muestras de los lechos del río Apure y de sus tributarios y 2 muestras del río Orinoco en Puerto Ordaz. Los puntos de toma de muestras están en los lechos actuales de los ríos y fue efectuada utilizando palas después de remover la capa superficial del lecho.

(2) Resultados de la investigación

Los sitios de investigación están localizados al pie de la Cordillera de la Costa y de Los Andes, a 200 m. de altitud aproximadamente. Los diámetros máximos de estos materiales van de 10 cm. a 50 cm., exceptuando algunas muestras.

Los materiales con diámetros más reducidos fueron encontrados en los sitios para toma de muestras en los ríos Verde, Cojedes y Uribante, debido a la influencia de la represa, de la cuenca y de la llanura aluvial. Están constituidos por arenas.

Por otro lado, los materiales con diámetros mayores fueron encontrados en los sitios para toma de muestras de los ríos Pao, Canagua, Acequia y Bumbum, debido a su rápida corriente.

3.2.2 Perforaciones

(1) Método de investigación

Los trabajos de perforación de orificios fueron efectuados en 13 márgenes de ríos de la cuenca del Apure. Los sitios de perforación están localizados en las márgenes de los ríos y en los canales de los mismos, que están de 2 a 10 m. arriba del lecho del río. La profundidad de perforación es de 20 m. La prueba de penetración estándar (SPT.), fue efectuada a intervalos de 1 m.

(2) Resultados de la investigación

De acuerdo con los resultados de las perforaciones y del STP, la cuenca del río Apure está extensamente cubierta por material aluvial que presenta cambios de espesor en diferentes lugares. Bajo el suelo aluvial, se distribuye la capa de suelo diluvial. El suelo aluvial superior se depositó por corte del suelo diluvial.

Esta capa pleistocénica está fundamentalmente distribuída en forma de terraza enterrada y una parte de la misma queda directamente expuesta en la superficie de la cuenca.

La parte superior de los suelos aluviales consiste de limo y arcilla con espesores de 5 a 15 mm. aproximadamente, mientras que la parte inferior de los mismos consiste de suelo arenoso con un espesor de más de 10 m. aproximadamente. Los suelos arcillosos de las formaciones aluviales y diluviales contienen suelos arenosos de poco espesor en sus estratos.

3.2.3 Fosas de Exploración

(1) Método de investigación

Se hicieron pozos de sondeo para la obtención de muestras en 13 márgenes de ríos en la cuenca del río Apure. Los sitios de los pozos de sondeo son colindantes con los sitios de perforación. La profundidad del muestreo es de 1 m. aproximadamente a partir de la superficie de la tierra.

(2) Resultados de la investigación

Los tipos de suelo y las formaciones geológicas de las muestras obtenidas por pozos de sondeo son los siguientes:

Pozo de sondeo No.	Tipo de suelo	Formación geológica
1, 2, 3	Limo arcilloso	AC1
4	Arena fina	AS1
5,6	Limo arcilloso	AC1
7	Limo arcilloso	AC1
8	Arena limosa	AS1
9,10	Arena limosa	AC1
11	Arena limosa	DC1
12,13	Arena limosa	AC1

Las muestras de los pozos de sondeo son suelos superiores constatados en las perforaciones en las márgenes de los ríos y consiste de suelo arcilloso aluvial (formación AC1), suelo arenoso aluvial (formación AS1) y suelo arcilloso diluvial (formación DC1). Estos suelos muestran bajos valores de N comparándolos con los suelos más profundos, debido a la acción del tiempo.

3.2.4 Pruebas de Laboratorio

(1) Método y propósito

Todas las pruebas de laboratorio fueron llevadas a cabo basándose en el estándar ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Material). Las pruebas de laboratorio efectuadas fueron: peso específico, contenido de humedad, tamaño de los gránulos, límites líquidos y plásticos y compactación estándar. Las pruebas en el laboratorio de materiales apuntan a dilucidar las propiedades físicas básicas de los materiales en los ríos principales de la cuenca del Apure.

(2) Resultados de las pruebas de laboratorio

1) Material del lecho del río

a) Análisis del tamaño de los gránulos

Las curvas de distribución del tamaño de los gránulos de los materiales del lecho del río están mostradas en la Fig. 3.2.3. Los diámetros medios (D50), de los materiales en los sitios ubicados en la llanura aluvial a pie de monte van en general de 0,05 mm. a 300 mm., esto es debido a las pendientes más pronunciadas.

Los diámetros medios de los materiales de los ríos Apure y Orinoco van de 0,03 mm. a 0,5 mm. Estos no cambian mucho desde el nacimiento hacia la desembocadura ya que otros tributarios confluyen a los mismos.

Los materiales del lecho del río Portuguesa consisten fundamentalmente de arcilla, limo y arena. Por ello, el diámetro medio de los mismos va de 0,004 mm. a 0,3 mm.

b) Peso específico y contenido de humedad

Los valores medios de peso específico y contenido de humedad de los lechos de los ríos en la llanura aluvial a pie de monte del Apure y del Portuguesa, están mostrados en la Tabla 3.2.2. No se constató ninguna diferencia especial entre los ríos. Los pesos específicos medios están dentro de los valores generales correspondientes a la arena y al limo, entre 2,5 y 2,7. El contenido medio de humedad es más bajo que los valores estándar para los suelos arenosos y limosos, con un 20 a un 60%. Esto puede ser

causado por el secado natural de las muestras.

c) Límites líquidos y plásticos

Los límites líquidos y plásticos medios del material fino están mostrados en la Tabla 3.2.2. No existe gran diferencia entre los ríos. Los valores de las muestras van del 17 al 45%, que son límites bajos en los valores generales. Esto se debe a que los materiales finos contienen gran cantidad de suelo arenoso.

2) Materiales de las orillas

a) Análisis del tamaño de los gránulos

Las curvas de distribución del tamaño de los gránulos de los materiales de las orillas del río Apure y del Portuguesa están mostrados en la Fig. 3.2.4. Los diámetros medios (D50) de los gránulos en ambos ríos son aproximadamente los mismos yendo de 0,001 mm. a 0,1 mm., y los tamaños de las partículas en un punto aguas arriba son naturalmente más grandes que las encontradas aguas abajo.

b) Peso específico y contenido de humedad

Los pesos específicos y el contenido de humedad medios de acuerdo a la formación geológica, están mostrados en la Tabla 3.2.2. El peso específico medio del suelo arcilloso va de 2,7 a 2,74. Por otro lado, el del suelo arenoso va de 2,65 a 2,74.

El peso específico del suelo arcilloso es generalmente de 2,5 mientras que el del suelo arenoso es de 2,7. El peso específico medido del limo arcilloso es un poco más alto que el valor general. Esto puede ser debido a que las muestras contienen suelo arenoso.

El contenido medio de humedad del suelo arenoso es del 18% mientras que el de los suelos arcillosos va del 17 al 36%. El contenido de humedad medido en el suelo arenoso es cercano a los límites más bajos del valor general. Por otro lado, el contenido de humedad del suelo arcilloso es más bajo que el valor general, pero puede ser normal en el área dependiendo de que sea la estación seca o lluviosa.

c) Límites líquidos y plásticos

Los límites líquidos y plásticos medios por formación geológica están dados en la Tabla 3.2.2. El límite líquido medio medido va del 17 al 22%, y el límite plástico medio de 33 a 42%, excluyendo el estrato AC1 (primera arcilla). Estos valores son bastante más pequeños que los valores generales. Esto puede ser debido a que las muestras contienen suelo arenoso.

3) Material del dique

a) Análisis del tamaño de los gránulos

Se obtuvieron 13 muestras por medio de pozos de sondeo. Entre ellas, la muestra TP-4 es de arena fina y la TP-8 es de arena fina limosa. Otras muestras son de limo arcilloso o de limo arenoso. Las curvas de distribución del tamaño de los gránulos de todas las muestras están mostradas en la Fig. 3.2.5.

b) Peso específico y contenido de humedad

Los valores medios máximo y mínimo de todas las muestras están mostrados en la Tabla 3.2.2. El peso específico medio es 2,71, que es cercano al valor del suelo normal (2,7 aproximadamente). Por otro lado, el contenido medio de humedad es de 14,6%, lo cual es bajo comparado con el del suelo normal (de 40 a 60%). Especialmente, el valor mínimo es demasiado bajo 6,6%. Esto puede ser debido a que la muestra estaba seca desde su extracción o que la condición de almacenamiento no fue la adecuada.

c) Límites líquidos y plásticos

El valor medio máximo y mínimo de todas las muestras está dado en la Tabla 3.2.2. Los límites medios líquidos y plásticos son de 31 y 11% respectivamente. Estos son más bajos que los del suelo normal. En la tabla de plasticidad, todos los índices están distribuidos sobre la línea A. Esto significa que la compresibilidad es media y que los suelos tienen suficiente resistencia cuando están secos.

3.3 Investigación Hidrológica

Las siguientes investigaciones hidrológicas fueron conducidas durante el período de estudio:

- 1) Recolección de datos y revisión
- 2) Observación de inundación
- 3) Medida de la descarga
- 4) Observación de sedimentos
- 5) Observación del nivel del agua
- 6) Examen de la calidad del agua

Los detalles de la investigación hidrológica están descritos en el Informe de Apoyo: Parte D.

3.3.1 Recolección de Datos y Revisión

(1) Mapas topográficos y fotografías

Para analizar el sistema del río, los límites de la cuenca y las condiciones de ésta y del canal, se utilizaron los siguientes mapas topográficos y fotografías:

- 1) Mapas topográficos"
 - a) Escala de 1/1.000.000; 1/500.000 y 1/250.000 para toda el área de estudio
 - b) Escala de 1/100.000 y 1/25.000 para el área a lo largo del Apure principal y del río Portuguesa
 - c) Escala 1/10.000 para el área a lo largo del Apure principal, excluyendo una extensión de 30 km. aguas abajo desde Apurito
- 2) Fotografías continuas tomadas por CVS desde un aeroplano a lo largo del lecho del río
 - a) Desde Guasualito a Bruzual tomadas el 14 de marzo de 1989
 - b) Desde Bruzual hasta la confluencia del Orinoco, tomadas el 29 de marzo de 1989
 - c) Desde Guasualito a Bruzual, tomadas el 13 de octubre de 1989

(2) Datos de los observatorios meteorológicos e hidrológicos

- 1) Sistema de observación existente: Los trabajos de observación, mantención y compilación de datos de las estaciones meteorológicas e hidrológicas fueron

proporcionados por las oficinas de campo y central de la Dirección de Hidrología y Meteorología.

- 2) Estaciones meteorológicas y pluviométricas: La ubicación de las estaciones meteorológicas y pluviométricas están mostradas en la Fig. 3.3.1. Todo el equipo para medición instalado en estas estaciones son de tipo registro automático.

La fundación de la red de pluviometría en el área de estudio se realizó en 1944 y en el presente hay 167 estaciones. Estas están densamente ubicadas en las tierras altas y en el área montañosa y diseminadas en Los Llanos.

- 3) Estación de medición de la corriente: La red de estaciones para medición de la corriente se estableció a lo largo del río Apure y de sus tributarios en 1930, y hay 36 estaciones en la actualidad. En 28 estaciones de las mencionas hay instalados medidores registradores, conjuntamente con puntos de observación de descarga y sedimentos. En la mayoría de las estaciones para medición de la corriente, las curvas de proporción de descarga fueron preparadas basándose en mediciones de la misma. La ubicación de estas estaciones de medición está mostrada en la Fig. 3.3.2.

(3) Datos sobre estudios hidrológicos

Los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados por el MARNR. fueron recolectados y revisados. La mayoría de los estudios hidrológicos han sido realizados para proyectos de represas y los estudios hidráulicos para estabilización del canal para navegación.

3.3.2 Observación de Inundación

La observación de inundación fue realizada de mayo a noviembre de 1992 para conocer el comportamiento de la inundación en el área de estudio.

Para observar los niveles de agua tierra adentro, el MARNR. instaló limnómetros en los siguientes siete (7) sitios mostrados en la Fig. 3.3.3 y la observación diaria fue efectuada básicamente por MARNR.

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1) La Unión | 5) Costa de Guanare |
| 2) San Antonio | 6) Igues |
| 3) La Capilla 1 (Este) | 7) Coco del Mono |

4) La Capilla 2 (Oeste)

Además de la observación de los limnómetros descritos, se efectuó la observación semanal en automóvil y en lancha a través del área objeto, del estudio en las cuatro rutas mostradas en la Fig. 3.3.3. La observación terrestre fue realizada por una compañía venezolana bajo la dirección del grupo de estudio de JICA. De acuerdo con la misma, la profundidad de la zona inundada fue estimada entre 0,5 a 2 m.

Paralelamente a la observación de inundación arriba indicada, se efectuó el reconocimiento en aeroplano en mayo, junio y agosto de 1992 para complementar la observación de campo.

Aunque los resultados de la observación fueron reflejados en el análisis de inundación y planificación de control de las mismas, fue difícil establecer la condición de inundación a través de esta observación debido a que el área observada era muy amplia, obstaculizada por la inundación y con acceso deficiente.

3.3.3 Medición de Caudales

Las mediciones de caudal fueron efectuadas en las cuatro (4) estaciones existentes (Fig. 3.3.4), en colaboración con el personal de MARNR. y de la siguiente manera:

Medición (en 1992)	P. Remolino (19 de junio)	Bruzual (9 de jun.)	S. Fernando (14 de jul.)	Camaguan (15 de jul.)
1) Metro de corriente de JICA	Todas	Todas	—	Todas
2) Metro de corriente de JICA	Parcial	Parcial	Todas	—
3) Flot./superficie (nos.)	10	15	—	—
4) Flot. de varilla/50 cm. (nos.)	10	15	—	—
5) Flot. de varilla/100 cm. (nos.)	10	Parcial (5)	—	—

Se utilizaron los siguientes medidores para la medición de caudales:

- 1) Medidor actual de JICA: Medidor electromagnético de corriente
- 2) Medidor actual de MARNR: Medidor de corriente tipo hélice
- 3) Flotadores: El Ministerio de la Construcción de Japón desarrollo tres (3) tipos de flotadores estándar: flotador de superficie, flotador con varilla de 50 cm. de longitud, y flotador con varilla larga de 100 cm.

Los medidores de corriente de JICA y de MARNR arrojaron prácticamente los mismos valores. Los resultados de los flotadores fueron lo suficientemente precisos,

resultando en límites de velocidad del medidor de corriente que oscilaron entre 95 y 108%.

El medidor de corriente es en general más preciso, pero existe posibilidad de daños debidos a los materiales flotantes durante la medición. Por otro lado, el método del flotador es raramente afectado por los materiales flotantes y los trabajos de medición son relativamente fáciles y seguros. El método debe ser seleccionado considerando las condiciones de la corriente y el sitio donde será medida.

Para el lecho principal del Apure y del Portuguesa, es posible aplicar el medidor de corriente aún para las mediciones durante la estación de inundaciones, ya que el alza y la caída del nivel del agua de la inundación es muy gradual, la velocidad de flujo no es muy rápida y hay pocos materiales flotantes peligrosos. El método del flotador puede ser efectivo para la medición de la descarga de inundación de los tributarios en áreas con colinas y montañosas.

Los resultados de nuestra medición concuerdan perfectamente con las curvas de descarga de etapa de PROA y las curvas de ésta son aplicables al estudio actual sin ninguna modificación.

3.3.4 Observación de Sedimentos

La carga suspendida y la del lecho fueron muestreadas de la siguiente manera, al mismo tiempo que se efectuó la medición del caudal:

Punto de medición	P. Remolino (19 de jun. del '92)	Bruzual (9 de jun. del '92)	S. Fernando (14 de jul. del '92)	Camaguán (15 de julio del '92)
1) Muestras de carga suspendida integrada (nos.)	4	5	—	3
2) Muestras de carga del lecho (nos.)	3	3	3	3

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de DHM.

3.3.5 Observación del Nivel del Agua

Los niveles del agua en los extremos superior e inferior de los sitios seleccionados fueron observados diariamente por MARNR desde junio de 1992, para suministrar los datos necesarios para los estudios de canal. Los siguientes sitios y medidores fueron seleccionados para la observación del nivel del agua:

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| 1) Sitio Guasdualito | : | Parte superior del río Apure |
| Puente Remolino | : | Medidor registrador existente |
| Puerto Santos Luzardo | : | Limnómetro existente |
| 2) Sitio Bruzual | : | Parte media del río Apure |
| San Vicente | : | Limnómetro existente |
| Puente Bruzual | : | Medidor registrador existente |
| 3) Sitio San Fernando | : | Parte inferior del río Apure |
| San Fernando | : | Medidor registrador existente - El Negro:
Limnómetro existente |
| 4) Sitio Camaguán | : | Parte media del río Portuguesa |
| Camaguán | : | Medidor registrador existente - Pueblo
Camaguán: Limnómetro existente |

3.3.6 Prueba de Calidad del Agua

En los sitios mostrados en la Fig. 3.3.5 se efectuaron las pruebas de calidad del agua del campo, por medio de un comprobador portátil y agentes químicos, entre mayo, junio y julio de 1992, y en febrero de 1993. Los elementos comprobados fueron el oxígeno disuelto, PH, conductividad, turbidez, Mn, Fe y Cu.

Los sitios de prueba son los siguientes:

- (1) Camaguán (río Portuguesa)
- (2) La Unión (río Portuguesa)
- (3) San Fernando (río Apure)
- (4) El Samán (río Apure)
- (5) Caño Corozal (Caño Corozal)
- (6) El Baúl (río Cojedes)
- (7) Arismendi (río Guanare)
- (8) Bruzual (río Apure)
- (9) Guasdualito (río Apure)
- (10) Aguas arriba de la confluencia con el río Guanaparo (río Apure)
- (11) Aguas abajo de la confluencia con el río Garzas (río Apure)

Los resultados están resumidos a continuación.

(1)	Temperatura	26,2 - 32,3 °C
(2)	Oxígeno disuelto	6,3 - 8,0 mg/l
(3)	PH	5,3 - 7,8
(4)	Conductividad	0 - 0,3 ms./cm.
(5)	Turbidez	27 - 292 mg./l.
(6)	Mn	0 - 0,5 mg./l.
(7)	Fe	0 - 5 mg./l.
(8)	Cu	0 - 1 mg./l.

3.4 Estudio de la Agricultura y de Uso de la Tierra

Esta sección resume los resultados del estudio de la agricultura y del uso de la tierra efectuados como parte componente del Estudio para el Mejoramiento Integral de la Cuenca del Río Apure. El estudio consiste fundamentalmente en la recolección de datos y en el análisis de los existentes, agregando información relacionada con el uso de la tierra y el desarrollo agrícola durante el estudio. El concepto básico para el uso de la tierra y desarrollo agrícola aquí discutido está basado en el análisis de los datos e información recolectados. Los detalles del estudio están descritos en el Informe de Apoyo: Parte C.

3.4.1 Agricultura en Venezuela

Venezuela es un país bendecido por amplias fuentes de recursos naturales tales como petróleo y otros minerales, tierra para agricultura y recursos hídricos. Se ha prestado muy poca atención al desarrollo agrícola durante los tiempos de riqueza debidos a los precios altos del petróleo. La producción agrícola fue grandemente subsidiada y la productividad baja. Venezuela depende en gran medida de la importación para satisfacer la demanda doméstica de alimentos y fibras de origen agrícola. Aproximadamente el 67% de la demanda de alimentos es satisfecha por la importación de productos agrícolas. La producción agrícola actual y las metas futuras están indicadas en la Tabla 3.4.1.

Los volúmenes objetivo de la producción agrícola fueron establecidos por el Ministerio de Agricultura. Las áreas con terreno que deben ser puestas a producir están estimadas sobre la base de los objetivos de producción. Las áreas por estado para la cosecha objetivo fueron estimadas haciendo una correlación de la producción actual de la producción agrícola en cada estado. Las metas para las áreas de tierra para cultivo de cosechas principales en los estados del área de estudio están indicadas en la Tabla 3.4.2.

El área de tierra que debe estar dedicada a la producción de arroz en el año 2010 es mayor que 5 veces el área de tierra en la que se cultiva arroz actualmente. También, para otros cultivos principales, el área de plantación para el año 2010 debe ser dos veces mayor como mínimo, que el área plantada actualmente de cada uno de esos cultivos.

Extensas áreas de tierra están dedicadas a la cría de ganado, sin embargo, el nivel actual de productividad de la cría es bajo. La producción de leche de todo el país fue estimada en 1.573 millones de litros en 1986, mientras que la demanda nacional fue de 2.980 millones de litros en el mismo año. Estos datos indican un déficit en la producción de leche del 47% de la demanda nacional. El aumento de la producción de leche en los últimos años fue estimado en 2,8% por año, mientras que el aumento de la demanda anual fue del 5,7%. Para satisfacer la demanda doméstica de leche y carne, el área total y la producción por unidad debe ser substancialmente aumentada. Se estima que para el año 2000 el área dedicada a la cría de ganado deberá ser de 3,5 millones de hectáreas aproximadamente, y que la producción por unidad debe ser aumentada al doble de los niveles de productividad actuales.

La nueva política agrícola está colocando la mira para alcanzar un crecimiento sostenido y acelerado de la producción de los sectores productores agrícolas y ganaderos. El área de tierra y la productividad deben aumentar para alcanzar tales metas. Los objetivos del plan de desarrollo nacional de agricultura indica que la producción del país debe ser suficiente para satisfacer la demanda doméstica y para exportar productos agrícolas competitivamente.

Del área total de terreno del país, aproximadamente 91,65 millones de hectáreas, 7,83 millones de hectáreas son apropiadas para la producción agrícola y 27,77 millones de hectáreas para la cría de ganado. Un gran porcentaje del área adecuada para la agricultura y para la cría de ganado está ubicada en los estados de Barinas, Portuguesa y Cojedes, donde está localizada el área de estudio. El área de estudio presenta un gran potencial para alcanzar un aumento sostenido y acelerado en la producción agrícola y ganadera, contribuyendo así a realizar las metas nacionales. El uso potencial de tierra para agricultura y producción ganadera está presentado en la Tabla 3.4.3.

3.4.2 Área de Estudio

(1) Suelos del área de estudio

Un gran porcentaje de los suelos en el área de estudio están clasificados como Cromusterts y Pellusterts Gran grupo de la Orden Vertisol. Los suelos yacen sobre

superficies topográficas planas o cóncavas. La textura del mismo es muy fina con alto contenido de arcilla. Estos suelos presentan a menudo una densidad alta debido a la fluctuación del nivel de agua del terreno, que produce la expansión y la contracción de la arcilla. El drenaje superficial y el interno son muy lentos. Además del problema de la inundación, el alto contenido de arcilla y el drenaje insuficiente son los principales obstáculos para el uso de la tierra con fines agrícolas con este tipo de suelo (MARNR, 1979).

El segundo tipo más abundante de suelos son la asociación de Inceptisol/Molliso, Inceptisol/Alfisol y Mollisol/Alfisol. El más común del gran Grupo Inceptisol es el Ustropept. El más común del gran Grupo Molliso es el Haplustoll. Topaquaf es el gran grupo más común de los suelos en el Orden Alfisol. Los suelos son en su mayoría de textura fina, franco arcillosa o franco limosa. El drenaje interno varía de moderadamente bueno a insuficiente. Los suelos tienen perfiles profundos. En general, los suelos presentan una fertilidad natural de moderada a buena. El pH del suelo varía principalmente entre 5,5 a 8. No hay problema de salinidad o alcalinidad en el suelo del área (MARNR, 1979).

(2) Clasificación de las tierras

Las tierras del área de estudio fueron clasificadas por MARNR (1979) a nivel de reconocimiento. El criterio utilizado para la clasificación de la tierra está basado en el sistema de clasificación del Departamento de Agricultura de EEUU, con algunas modificaciones venezolanas. Basándose en los resultados de ese estudio, las tierras del área de estudio fueron clasificadas en cinco categorías como se muestra en la Fig. 3.4.1 y en la Tabla 3.4.4.

En las condiciones actuales no existe ningún área de tierra dentro de la clase I ya que la prolongada estación seca limita la posibilidad de hacer un uso intensivo de la tierra. Las tierras de clase Ic presentan limitaciones mínimas y son altamente adecuadas para todo tipo de cosecha adaptada al clima prevaleciente en el área. La única limitación importante para el uso agrícola intensivo de la tierra clase Ic es la prolongada estación seca. Si se suministra irrigación, la mayoría de las tierras clase Ic pasarán a la clase I (MARNR, 1979).

(3) Uso actual de la tierra y sistema de tenencia

El uso actual de la tierra en el área de estudio está clasificado de la siguiente manera. Aproximadamente 10% del área es utilizado para propósitos agrícolas, 7% para pasturas mejoradas, 45% para pasturas naturales y arbustos, 30% por bosques, 2% por

pantanos y cuerpos de agua y 6% para otros usos. El uso actual de la tierra en el área de estudio está mostrado en la Fig. 3.4.2.

El área de tierra utilizado actualmente para propósitos agrícolas es reducida, aunque un gran porcentaje del área de estudio es altamente adecuada para el uso agrícola intensivo. Como ha sido señalado, el reducido uso actual de la tierra para agricultura es debido a que no se han tomado medidas para mitigar los daños causados por las inundaciones y las limitaciones del drenaje insuficiente. El uso actual de la tierra para la producción agrícola es reducido tanto en extensión como en intensidad. La tierra está siendo extensivamente usada para la producción ganadera, pero con baja productividad. La tierra para granjas por distrito dentro del área de estudio está indicada en la Tabla 3.4.5.

El sistema de tenencia de la tierra dentro del área de estudio incluye propiedad privada, derecho de uso de la tierra por la reforma agraria, utilización de tierra municipal (ejidos), tierra ocupada no registrada. Los tamaños de las unidades de producción agrícola y/o ganadera varían grandemente desde 2 hectáreas para granjas de pequeño tamaño hasta 60.000 hectáreas para grandes negocios de producción ganadera. Se ha dicho que "el sistema de tenencia de la tierra es una de las limitaciones más importantes que afectan el desarrollo agrícola del país", y por ello al área de estudio también.

(4) Recursos hídricos

Existen seis grandes ríos y muchos corrientes de agua pequeñas que fluyen a lo largo del área de estudio en dirección noroeste a sureste. La descarga del río sigue el patrón de precipitación. Los ríos acarrear gran cantidad de agua durante la estación lluviosa, causando inundaciones en grandes áreas, pero las descargas se reducen significativamente durante la estación seca. Algunas veces es difícil satisfacer las necesidades de irrigación con nivel de estiaje durante la estación seca.

Las tres represas construídas en la parte superior de los ríos Masparro, Boconó y Tucupido, están localizadas aguas arriba del área de estudio. Estos reservorios son utilizados para irrigar una porción muy pequeña del área de estudio. Existe un plan para construir varias represas que se relacionarán con los recursos hídricos del área de estudio.

Existen importantes recursos hídricos subterráneos que yacen bajo un gran porcentaje del área de estudio. El MARNR en 1979, informó que las capas acuíferas en algunas partes del área de estudio pueden proporcionar entre 150.000 a 310.000 m³/km.²/año. En algunas partes del área de estudio el agua subterránea está siendo utilizada para irrigación.

(5) Servicios de apoyo agrícola

El nivel actual de los servicios de apoyo agrícola en el área de estudio no satisfacen las necesidades de los agricultores. El servicio del área agrícola está limitado en la acción. Los créditos agrícolas son insuficientes en cantidad y generalmente otorgados mucho más tarde que cuando se los necesita realmente.

3.4.3 Limitaciones para el Desarrollo Agrícola

Las limitaciones principales para el desarrollo agrícola en el área de estudio pueden ser divididos en limitaciones físicas e institucionales. La limitación física principal es la derivada de la combinación de la topografía del terreno y de la textura del suelo. Debido a estas dos características, un gran porcentaje del área de estudio está sujeto a frecuentes inundaciones y presenta insuficiente drenaje. La concentración de precipitación durante un período relativamente corto y la prolongada estación seca son otras dos limitaciones físicas importantes. La concentración de precipitación causa inundaciones y un drenaje insuficiente. Por otro lado, la prolongada estación seca reduce las posibilidades de obtener cosechas de gran rendimiento y cultivo intensivo.

Las limitaciones institucionales incluyen 1) la necesidad de una más clara y consistente definición de objetivos y de la política para el desarrollo agrícola; 2) servicios de apoyo agrícola insuficientes, tales como el otorgamiento de créditos y 3) falta de un plan coherente de coordinación entre las diferentes instituciones oficiales relacionadas con el desarrollo agrícola.

3.4.4 Concepto Básico Para el Desarrollo Agrícola

Al formular el concepto básico para desarrollo agrícola en el área de estudio, se prestó especial atención en la minimización de los efectos negativos sobre el medio ambiente. El plan propuesto para uso de la tierra consideró no solamente el potencial de producción de la tierra y las metas de producción del país, sino que también consideró la compatibilidad de los usos propuestos con el medio ambiente del área. Por lo menos el 30% del área de estudio a ser protegido por medio de las medidas para mitigar las inundaciones permanecerá como bosques naturales debido a consideraciones por el medio ambiente.

El uso propuesto para la tierra en las áreas a ser protegidas con las medidas para mitigar las inundaciones es el siguiente:

Area protegida A: En esta área el suelo es predominantemente de textura pesada y

la tierra presenta condiciones relativamente pobres de drenaje, la mayoría de la tierra pertenece a la clase IV y en un área menor a la clase II. Debido a esta condición física, el uso propuesto para la tierra del área protegida A es mayormente el cultivo de arroz y la cría de ganado semi-intensiva, con estructuras para manejo de agua tipo "Módulo de Apure". El área protegida abarca aproximadamente 205.500 hectáreas; se estima que el área efectiva para uso agrícola será del cerca de 102.700 hectáreas, de las cuales 75.900 hectáreas son propuestas para el cultivo de arroz y 26.800 hectáreas para módulos de Apure.

Area protegida B: Esta área incluye tierras de la clase II, IV y I en menor extensión. Las plantaciones propuestas son algodón y arroz. Un área más pequeña fue propuesta para la cría semi-intensiva de ganado. El área protegida abarca aproximadamente 164.500 hectáreas; se estima que el área efectiva para uso agrícola será del cerca de 82.300 hectáreas y de las cuales 32.300 hectáreas son propuestas para el cultivo de arroz.

Area protegida C: En esta etapa del estudio, toda el área es considerada para la cría semi-intensiva de ganado con el desarrollo de estructura tipo "Módulo Apure". El área predominante de tierra clases IV y V posee condiciones de drenaje relativamente pobres. Es necesario realizar estudios más detallados sobre la tierra, el agua y el medio ambiente de esta área. La intervención humana actual en esta área es baja. El área protegida por el dique propuesto abarca aproximadamente 135.800 hectáreas, de las cuales se estima que cerca de 68.000 hectáreas serán efectivamente disponibles para el uso recomendado; módulos de Apure.

El uso propuesto de la tierra es inicialmente considerado bajo la condición de cultivo bajo lluvias. Se propone el estudio de proyectos de drenaje e irrigación. Se espera que el desarrollo de éstos producirá altos beneficios económicos. El potencial y el uso propuesto para la tierra están mostrados en las Figs. 3.4.3, 3.4.4. y 3.4.5 respectivamente.

Las estructuras de tipo "Módulo Apure" fueron propuestas aquí basadas en su potencial comparativa para aumentar la productividad de la cría de ganado. Los datos presentados por MAC (1986), indican que la capacidad de carga para ganadería puede ser incrementada hasta diez veces el nivel actual de 0,3 cabezas de ganado por hectárea hasta un nivel de 3 cabezas de ganado por hectárea. Existen aun algunos aspectos que no son bien conocidos acerca del Módulo Apure, tales como el beneficio económico y problemas de manejo. Es necesario una investigación mayor para clarificar las ventajas del "Módulo de Apure".

El estudio actual para mitigar las inundaciones apunta a resolver una de las limitaciones principales que afectan el desarrollo agrícola del área. La expansión de las

fronteras agrícolas, aumentarán el rendimiento de las cosechas y se espera la intensificación del cultivo después de la implementación de las medidas para mitigar las inundaciones. Estas medidas contribuirán a alcanzar los objetivos nacionales y estatales de autosuficiencia de alimentos y exportación de productos agrícolas.

El concepto básico para el desarrollo agrícola en el área de estudio incluye:

- Expansión de las fronteras agrícolas dentro del área de estudio
- Intensificación y estabilización de la producción agrícola
- Intensificación, diversificación y estabilización de la cría de ganado

Para obtener grandes ventajas del alto potencial para el desarrollo agrícola en el área de estudio, además de las medidas para mitigar las inundaciones es necesario tomar otras medidas en estudios subsecuentes que no están incluídas en el alcance del estudio actual. Los estudios subsecuentes deberán resolver las limitaciones de drenaje e irrigación, la necesidad de infraestructuras de apoyo agrícola, y limitaciones de servicios e institucionales.

El plan para desarrollo agrícola del área de estudio deberá incluir:

- Implementación de las medidas para mitigar las inundaciones
- Un estudio para el plan maestro de drenaje, irrigación e infraestructura para apoyar el desarrollo
- Estudio para el mejoramiento de las instituciones y servicios que apoyan la agricultura

3.5 Estudio Socio Económico

3.5.1 Generalidades

La cuenca del río Apure abarca los estados de Barinas, Portuguesa, Cojedes, una parte de Táchira y Apure y una pequeña porción de los estados de Mérida, Trujillo, Lara, Yaracuy, Carabobo y Guárico.

3.5.2 Población y Fuerza Laboral

(1) Población

De acuerdo con el censo de 1990, Venezuela tenía una población de 18.105.265 habitantes. La población aumentó 7.4 millones respecto al censo de 1971 como se muestra

en la Tabla 3.5.1. Durante la década del '70, la proporción de crecimiento promedio anual de la población fue de 3,08% y durante los '80, la proporción de crecimiento se redujo a 2,48%. Esta proporción sin embargo, indica que la población puede duplicarse en 30 años aproximadamente.

Los porcentajes de crecimiento anual promedio de la población de los estados Barinas, Cojedes y Portuguesa, que son los principales del área del proyecto, fueron aproximadamente 0,5% más altas que el promedio nacional en los '70 y '80.

Presentación del Informe Final

La población por estado y los porcentajes de crecimiento anual promedio están mostrados en la Tabla 3.5.2.

(2) Fuerza laboral

La población económicamente activa definida como las personas de 15 años o mayores aumentó casi al doble de 5,9 millones en 1971 a 11,4 millones en 1990. La proporción de crecimiento anual promedio fue de 3,99% en los '70 y de 2,98% en los '80 como se muestra en la Tabla 3.5.1. El porcentaje de la población económicamente activa en relación a la población total, aumentó gradualmente al 51,1% en 1971, 53,2% en 1981 y al 55,4% en 1990.

Por otra parte, la fuerza laboral de Venezuela creció de 3 millones en 1971 a 6,2 millones en 1990. La razón de participación laboral definida como la proporción de fuerza laboral en la población económicamente activa, aumentó gradualmente de 51,1% en 1971, a 53,2% en 1981 y al 55,4% en 1990.

El desempleo en Venezuela ha venido aumentando rápidamente como se muestra en la Tabla 3.5.1. La tasa de desempleo se elevó del 6,2% en 1971, al 9,9% en 1981 y al 14% en 1990.

3.5.3 Índices Económicos

(1) Producto nacional bruto

El producto nacional bruto (PNB) en 1991 fue de aproximadamente 3.036 billones de Bolívares (US\$ 53.4 billones aproximadamente), y el PNB per cápita en 1991 fue de 153.452 Bolívares como se muestra en la Tabla 3.5.3. Observando el crecimiento substancial del PNB. en 1984 con precios constantes, la proporción de crecimiento anual en estos cinco (5) años es de 3,8% promedio.

En 1989, el PNB. nacional y per cápita en el precio constante 1984, registró el valor mínimo en estos 10 años. La tasa de crecimiento del PNB per cápita se ha incrementado gradualmente desde esa época.

El PNB dividido por origen industrial en el precio constante de 1984 está mostrado en la Tabla 3.5.4. La tabla muestra que el PNB se redujo en 1989 en casi todos los sectores. Sin embargo se está recuperando en estos años.

(2) Precios

El movimiento de los precios al consumidor en la ciudad de Caracas continúa con tendencia a elevarse como se muestra en la Tabla 3.5.5. La inflación promedio desde 1981 a 1991 en la ciudad comparadas con las de 1988 a 1991, son del 25,1% y 51,6% respectivamente.

El índice de precios de la construcción es derivado del índice de precios de venta al por mayor del sector de la industria de la construcción, lo cual refleja el costo de la construcción pública. El índice de precios muestra la misma tendencia a elevarse que el de los precios para el consumidor, pero es menor que el índice de precios al consumidor.

(3) Razón de cambio de moneda extranjera

La Tabla 3.5.6 muestra la razón de cambio de moneda extranjera entre la moneda nacional y el dólar de EEUU desde 1981. La razón de cambio de 4,30 Bolívars/1 US\$ en 1982 fue rápidamente devaluada a 81,97/1 US\$ en febrero de 1993.

3.6 Estudio del Medio Ambiente

3.6.1 Condiciones Ambientales en el Area de Estudio

En la cuenca del río Apure, la estación de las lluvias comienza en abril y termina en noviembre en la mayoría de los años, no siendo inusuales las desviaciones durante estos meses. Por esta razón, el clima es difícil de predecir a corto plazo, y este hecho hace difícil la sobrevivencia de algunos organismos. Las especies pueden contar con la llegada de la estación de las lluvias pero no se sabe exactamente cuándo.

No solamente las lluvias inundan el área local, sino que también la precipitación en las zonas más altas de la capa acuífera tiene efectos muy importantes sobre el acarreo de grandes cantidades de agua y sedimentos hacia las tierras llanas aguas abajo.

El paisaje real en cada estación es el producto de la dinámica de la disposición de los sedimentos de los ríos descritos por Roa (1981), Vivas (1984), Tejos Schargel y Berrade (1990). El patrón topográfico resultante descrito por Ramia (1959, 1974), es normalmente llamado de sabana de bancos, bajíos y esteros, describiendo el comportamiento del sistema en relación a la superficie de tierra ocupada por el agua de acuerdo con la estación.

Es posible que una de las descripciones (libremente interpretada), más claras de la dinámica de los llanos durante las diferentes estaciones es la de Roa (1981), que es la siguiente:

Debido a la gran cantidad de material y a la baja velocidad de flujo, los ríos acumulan sedimentos en sus lechos. Los diques marginales naturales o "albardones", están localizados en general sobre el nivel. Durante los meses de creciente, el exceso de agua desborda o rompe los diques, creando salidas llamadas "salidas de madre", cubriendo las áreas más bajas y depositando nuevos materiales. Esta es la forma típica de escape de estas regiones, creando brazos en forma de delta, con los diques abandonados y las "salidas de madre", formando tierras sinuosas más altas llamadas localmente de "banco". Estas estructuras de tierra elevada se alzan sobre el terreno más bajo a una altura de 1 o 2 metros y nunca son totalmente cubiertas por el nivel del agua, permitiendo que los llaneros construyan sus casas y pueblos sobre las mismas. Los otros espacios son las "cubetas" más bajas llamadas "esteros". Entre el banco y el estero se extiende una zona de transición con pendiente leve, que absorbe un poco de agua pero que la pierde rápidamente cuando las lluvias y la inundación cesa. Estos son los bajíos, poco profundos y extensos".

La diversidad de formas de vida es enorme en todos los llanos estacionales, pero es posible que lo más interesante, además de el número de especies, sea la forma diferente en que los organismos se relacionan con el clima de la estación y especialmente con el ciclo del agua. Cuando está seco o húmedo, o cuando los niveles de agua se elevan o bajan, ocurren muchos fenómenos interesantes en los habitantes de los llanos. Muchas especies responden a los cambios físicos del medio ambiente con cambios de conducta. Para algunas especies es la época de construir nidos y poner huevos y para otros es el momento de volar, emigrar, reproducirse o simplemente invernar hasta que la estación apropiada llega.

Parece ser que todos los organismos autóctonos están bien adaptados para utilizar la disposición clásica del espacio en los llanos estacionales; el banco, el bajío y el estero. A medida que las tierras cambian con la estación de extensas a reducidas, etc., los seres vivos de los llanos adecúan su estilo de vida a la abundancia relativa de agua, abrigo y alimento.

3.6.2 Estructuras Institucionales y Reglamentaciones

(1) Estructura institucional

Los siguientes son la mayoría de los responsables por el establecimiento institucional en el área de estudio:

El MARNR (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables), es la organización gubernamental central que se relaciona con el proyecto. Dentro del MARNR., el órgano responsable por el impacto sobre el medio ambiente de todos los proyectos de desarrollo es la Dirección General de Calidad Ambiental, que tiene la responsabilidad de solicitar un informe sobre el Impacto Ambiental de cualquier proyecto que pueda influenciar el medio ambiente.

La DGSPROA (Dirección General Sectorial del Programa del Orinoco-Apure), pertenece al MARNR y es un programa especial para el desarrollo del eje Orinoco-Apure y las áreas de influencia. En el caso de los Informes sobre el Impacto Ambiental necesario para proyectos específicos, PROA debe efectuar los estudios ambientales.

PROFAUNA (Servicio autónomo de Protección y Fomento de la Fauna), tiene el mismo nivel institucional que PROA. Prácticamente se automantiene con la fauna del área, de tal manera que cualquier modificación del paisaje, cambia, modifica o daña la producción natural de especies animales, lo cual será rechazado terminantemente debido a su posición dentro del MARNR. INPARQUES es el instituto nacional que planea y administra los Parques Nacionales.

El Ministerio de Agricultura es el responsable por la mayoría de la agricultura. Cualquier obra que pueda dañar o alterar la producción pesquera local debe estar autorizado por la Dirección Nacional de Pesca de este ministerio. Es también responsable por los proyectos agrícolas dentro del área, su desarrollo y administración. El IAN (Instituto Agrario Nacional), es la institución oficial a cargo, por mandato de la ley, para llevar a cabo la Reforma Agraria venezolana. Esta oficina del gobierno central tiene mucha influencia en la defensa de los campesinos locales y pequeños granjeros.

Además de esto, los gobiernos locales (Gobernaciones y Alcaldías), e instituciones universitarias como UNELLEZ y la UCV, investigan y enseñan en organizaciones civiles de criadores de ganado y granjeros, teniendo una gran influencia local en el área.

Algunas otras organizaciones civiles también tienen influencia en las decisiones que afectan a las áreas naturales y son llamadas Organizaciones No Gubernamentales (NGO),

tales como AUDUBON y FUDENA Estas son organizaciones de conservación que tienen gran influencia en el bienestar de la naturaleza.

(2) Reglamentaciones referentes al medio ambiente

Entre las reglamentaciones relacionadas con el medio ambiente, las más importantes son:

La Ley Orgánica del Ambiente (1976), que es el grupo principal de leyes para promover el desarrollo nacional bajo los lineamientos directrices ambientales en términos de lograr una mejor calidad de vida para los ciudadanos. El desarrollo general del eje Orinoco-Apure debe ser planificado dentro del marco de esta ley.

La Ley para el Cumplimiento de las Reglamentaciones Ambientales recientemente sancionada en 1992, es una extensión penal que regula la aplicación de sanciones a aquellos que no cumplen con la Ley Orgánica del Ambiente.

El decreto 2.213 (Reglamentaciones Parciales de la Ley Orgánica del ambiente para evaluación del impacto ambiental), promulgada en 1992, incluye las reglamentaciones para los Informes sobre Impacto Ambiental a ser presentados a la Dirección General de Calidad Ambiental del MARNR.

La Ley de Bosques, Suelos y Aguas, está orientada a la conservación y administración de los recursos naturales de suelos, agua y bosques y de todos los productos derivados de los mismos. Un aspecto muy importante de esta ley son las reglamentaciones concernientes a las zonas protegidas de cuerpos de agua tales como grandes río, corrientes medianas, pequeñas y lagunas.

La Ley de Protección a la Fauna Silvestre especifica la administración de las especies de fauna natural para la protección de especies y de sus productos, la cosecha racional de las poblaciones naturales y regula la caza. Los refugios de fauna están considerados en esta ley como áreas protegidas para importantes especies silvestres. Las reglamentaciones de los refugios de fauna son establecidas independientemente por PROFAUNA.

Todas las reglamentaciones poseen un historial legal complejo y valioso que sirve de base para cualquier acción futura en la región. Cuando se considera un proyecto para desarrollo futuro, se inician los estudios correspondientes para establecer el impacto ambiental.

3.6.3 Estudio de la Distribución de los Elementos a Ser Preservados

Existen tres tipos de elementos a ser preservados y que pueden ser identificados dentro o relacionados con el área de estudio: 1) comunidades naturales, 2) especies vegetales y animales y 3) áreas oficialmente protegidas, tales como parques nacionales, refugios de fauna y otros que no están oficialmente protegidos pero cuya protección se considera necesaria.

(1) Comunidades naturales

Las comunidades naturales son grupos de especies compuestas por la porción viva de los ecosistemas en el área. El paisaje natural típico del área de estudio está formado en general por la asociación de tres tipos principales de plantas: 1) bosques altos a lo largo de los lechos de los ríos llamados bosques de galería, 2) bosques de sabanas en grandes áreas lejos del río, y 3) grandes extensiones de pasto o sabanas que en ciertas áreas pueden ser inundadas hasta cierta altura y son llamadas sabanas de bancos, bajíos y esteros.

(2) Especies vegetales y animales

Las especies vegetales y animales con los componentes principales de las comunidades naturales y de los ecosistemas del área bajo estudio. El principal impacto ambiental producido por el desarrollo actuará eventualmente sobre las especies autóctonas de forma indirecta, a través de la modificación de las condiciones de vida haciendo finalmente difícil o imposible la sobrevivencia de las especies debido a la falta de alimento adecuado, agua o abrigo.

1) Vegetales

De acuerdo con Cuello et al, (1989), más de 470 especies vegetales pertenecientes a 306 géneros y 83 familias fueron encontradas en el área del río Portuguesa. También informa que existen 9 especies de helechos.

2) Peces

En el área de estudio se conocen aproximadamente 350 especies de peces.

3) Anfibios y reptiles

Los anfibios y los reptiles de los llanos se dividen en dos grupos. Entre ellos hay 9 especies conocidas en peligro o amenazadas.

El cocodrilo del Orinoco, *Crocodilus Intermedius*, existe en poblaciones muy reducidas en algunos tributarios de los ríos Cojedes y Portuguesa. Otras especies muy importantes es el Baba, Caimán *Crocodilus*, que está siendo objeto de programas de administración.

4) Pájaros

Existen 150 especies de pájaros que son las más comunes en el área de estudio. La mayoría de las especies de pájaros en peligro de extinción son las sujetas a juegos o a la caza. Algunos de los grandes pájaros también se encuentran en una situación crítica debido a la influencia de la agricultura.

5) Mamíferos

Dentro de este grupo hay once especies vulnerables. Todas estas especies han sido perseguidas por el valor de su piel o de su carne, y durante muchos años la caza descontrolada ha diezmado la población en el área.

6) Invertebrados

Este grupo de animales no ha sido bien estudiado en el área. No existe información de ninguna especie que esté en peligro en la literatura correspondiente.

(3) Áreas protegidas

Las áreas protegidas asociadas directamente con el área de estudio son los siguientes dos (2) refugios de fauna mostrados en la Fig. 6.1.1.

- 1) Refugio de fauna Chirigüare: a lo largo del río Guanare cerca de La Trinidad y la Capilla con una superficie de 44.500 hectáreas localizado dentro del área de estudio.
- 2) Refugio de fauna Caño Guaritico: a lo largo de Caño Guaritico que tiene un ancho protegido legalmente de 50 m. incluyendo la parte navegable de Caño 70, adyacente al área de estudio.

(4) Otras áreas

Existen otras áreas que han sido consideradas y propuestas como lugares especiales para la conservación de la fauna, éstas son la sabana húmeda, los bosques de galería y los

bosques de sabanas.

3.6.4 Taller Sobre Medio Ambiente

Se preparó un taller para discutir los posibles efectos ambientales de los planes para control del río y de las inundaciones, con el propósito de invitar a cierto número de profesionales del medio ambiente e ingenieros, para que aportaran sus opiniones sobre la materia. Fue realizado en Caracas el 5 de marzo de 1993.

Los objetivos del taller son:

- 1) Obtener recomendaciones específicas sobre el medio ambiente para minimizar el impacto sobre el mismo de los planes para control de inundaciones y de mejoras del canal.
- 2) Para agrupar en una reunión profesional formal, cierto número de expertos del medio ambiente y oficiales de PROA con el propósito de pensar y discutir acerca de asuntos fundamentales relacionados con los planes de mejora de canal y control de inundaciones.

Debido al corto tiempo permitido para la reunión de taller, cada grupo de discusión escogió su propio método para encarar los problemas y dedicaron el tiempo disponible a aquellos asuntos de interés entre los miembros del grupo.

En forma general, los resultados del taller fueron extremadamente útiles y conforman las bases para la observación futura de los planes y de las políticas propias de PROA para desarrollar un futuro mejor para el área.

El taller logró los dos objetivos propuestos y produjo cierta parte de la información deseada, pero solo en forma general, ya que los planes están aun en la etapa básica. La información así obtenida es útil como guía para algunas consideraciones ambientales que los planes deben tener en cuenta.

IV. ESTUDIOS BASICOS

4.1 Estudio Geomorfológico

Los reconocimientos y estudios geomorfológicos y geológicos están descritos en detalle en el Informe de Apoyo: Parte B. Esta sección describe el estudio geomorfológico que está estrechamente relacionado con los estudios de estabilización del canal y con la planificación del control de inundaciones.

4.1.1 Análisis Topográfico

El mapa con líneas de contorno a intervalos de 5 m. está mostrado en la Fig. 6.1.1, y fue preparado basándose en el mapa topográfico con escala 1:100.000, que cubre el área objeto de la planificación para el control de inundaciones. Aunque los mapas topográficos con escala 1:25.000 están disponibles, la precisión es la misma que la de los mapas con escala 1:100.000, por eso éstos fueron utilizados para el trabajo eficiente.

Los mapas topográficos con escala 1:100.000 tienen líneas de contorno a intervalos de 20 m. básicamente y a intervalos de 10 m. complementariamente para las tierras bajas. Sin embargo las líneas de contorno complementarias son insuficientes y discontinuas, y por ello están basadas en cotas del mapa topográfico. Luego, se trazaron líneas de contorno a intervalos de 5 m. basándose en las mencionadas cotas.

La cuenca del río Apure está dividida en las siguientes cuatro características geomorfológicas por altitud.

- Montañas : Cordillera de la Costa y Los Andes
(altitud mayor de 500 m.)
- Llanura aluvial a pie de monte : Colinas incluyendo las terrazas del río
(altura de 200 a 500 m.)
- Llanos superiores : Conos aluviales y diques naturales
(altura de 100 a 200 m.)
- Llanos inferiores : Planicies inundadas y delta interior
(altura de 40 a 100 m.)

El área de estudio está ubicada en los llanos. En la parte oeste del río Portuguesa entre Guadarrama y La Unión, las líneas cerradas de contorno indican la existencia de depresiones llamadas "Depresiones del Apure".

4.1.2 Perfil del Río

Los perfiles de los ríos principales de la cuenca del Apure están mostrados en la Fig. 4.1.1, que fue preparada a partir de mapas topográficos con escala 1:100.000.

Los ríos generalmente presentan puntos de discontinuidad en sus perfiles. En los perfiles de los ríos de la cuenca del Apure, se han encontrado muchos puntos de interrupción de continuidad en la parte superior de los ríos en las áreas montañosas. Estos puntos de discontinuidad pueden ser causados por la presencia de fallas o de límites geológicos. Además de éstos, se han encontrado puntos de interrupción de continuidad en los límites entre montañas de rocas antiguas y duras y las colinas que consisten de rocas más jóvenes y blandas a 600 m. sobre el nivel del mar aproximadamente. Estos puntos están dispuestos en línea recta.

En la parte media los puntos de discontinuidad están ubicados entre 100 y 120 m. sobre el nivel del mar. Estos puntos existen en Totumito en el río Apure, 60 km. aguas abajo de la Ruta 5 en el río Portuguesa y 5 km. aguas abajo desde la ciudad de Guanare en el río Guanare. El punto de interrupción de continuidad de Totumito puede haber sido originado por una falla. Los puntos de interrupción de continuidad de los ríos Portuguesa y Guanare fueron originados por la presencia de límites geológicos entre conos aluviales antiguos y recientes. El río Portuguesa tiene un perfil suave comparado con el del río Apure.

4.1.3 Curso del Río

Basándose en el mapa geomorfológico a escala 1:250.000 y en los mapas topográficos a escala 1:100.000, las características del curso de los ríos Portuguesa, Guanare y Apure principal, fueron estudiados en general como se menciona abajo.

El río Portuguesa es estable y el curso no cambia significativamente. Después de salir de Los Andes, el río Portuguesa cambia su curso de sureste a este. Al norte cerca de El Baúl, cambia su curso bruscamente hacia el sureste otra vez, para fluir hacia el delta interior. Este curso de río es diferente al de otros ríos que fluyen en ángulo recto con respecto al eje de Los Andes.

El río Guanare cambia el curso inmediatamente hacia el este después de salir de Los Andes. Después de ello, el curso cambia levemente hacia el sureste y fluye hacia el delta interior. La dirección del curso es también diferente de la de los otros ríos.

El río Guanare es inestable y está afectado por el movimiento tectónico actual. En años recientes, el canal principal se ha trasladado de Arismendi hacia el sur una distancia de 20 km. aproximadamente. Esto puede estar causado por la erosión lateral predominante de la margen del río.

El Apure principal fluye en el área más baja de la cuenca del Apure. Entre Guasualito y Suripá, es comparativamente estable debido a que no hay confluencias con grandes tributarios, mientras que el canal entre Suripá y Bruzual tiene centenas de metros de ancho.

Entre Bruzual y Apurito, el canal del río se vuelve gradualmente estable porque no existen grandes tributarios. En la margen izquierda del río Apure actual existe un antiguo canal del mismo, paralelo al canal principal actual. Entre Apurito y San Fernando el río Apure se ramifica.

4.1.4 Interpretación de Imágenes de Satélite del Area Sujeta a Inundacion

El área sujeta a inundaciones fue identificada basándose en los datos archivados en MARNR y por la interpretación de imágenes de satélite suministrada por JICA.

Las veinte imágenes a color falso con una escala de 1 a 250.000 fueron obtenidas por los LANDSAT 3, 4 y 5 desde 1981 a 1989. Sin embargo las imágenes de 1976 y 1981 cuando ocurrió la gran inundación, no están disponibles. También, algunas imágenes estaban cubiertas por nubes y captadas en condiciones desfavorables de recepción.

El resultado de la interpretación está mostrado en las Figs. 4.1.2 y 4.1.3. Las áreas inundadas están distribuidas en lugares específicos como se indica a continuación.

- Margen izquierda del río Apure (entre Bruzual y San Fernando)
- A lo largo del río Guanare (entre Gianarito y Arismendi)
- A lo largo del río Guanaparo y del río Guanare Viejo
- Parte media e inferior del río Guanare (entre La Hoyada y La Unión)
- Parte media del río Portuguesa (entre Nueva Florida y El Baúl)
- A lo largo del río Igües

Las diferentes áreas con pequeñas lagunas que tienen diferentes niveles de agua están dispuestas sin continuidad e irregularmente. La extensión de las mismas depende de la escala de la inundación, y también están influenciadas por la formación de bancos.

las diferentes áreas con lagunas están dispuestas sin continuidad e irregularmente. Una de las áreas con mayor tendencia a la inundación está localizada en el lado este de la línea norte-sur que conecta El Baúl con Apurito. En los lados sur y este del El Baúl, se constata un área con gran tendencia a la inundación a lo largo del río Portuguesa durante la estación de las lluvias.

Otras áreas notables por su tendencia a la inundación fueron encontradas a lo largo de los lechos antiguos del los ríos Guanare y Apure. A lo largo del lecho antiguo del río Guanare, existe gran cantidad de lagos en la estación seca.

4.2 Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

4.2.1 Análisis de la Cuenca

Los límites de la cuenca y subcuenca fueron dibujados en el mapa topográfico con escala 1/500.000 en los puntos de principal interés, y se midió el área de la cuenca. Los límites de la cuenca y subcuenca están mostrados en la Fig. 4.2.1 y las áreas establecidas están resumidas abajo:

- | | | |
|------------------------------|---|---|
| 1) Curso principal del Apure | : | 111.800 km ² en San Fernando |
| a) Pte. Remolino | : | 8.400 km ² |
| b) Bruzual | : | 40.000 km ² |
| c) El Samán | : | 48.000 km ² |
| d) San Fernando | : | 111.000 km ² |
| 2) Río Portuguesa | : | 54.600 km ² en la confluencia con el río Apure |
| a) El Baúl | : | 13.200 km ² |
| b) El Jobalito | : | 23.300 km ² |
| c) Camaguán | : | 54.400 km ² |

Como puede apreciarse en la Fig. 4.2.2 las áreas de drenaje del curso principal del Apure (57.200 km²) y del Portuguesa (54.600 km²) son casi iguales en su confluencia, aunque las características de los ríos son muy diferentes. El canal principal del Apure es más ancho con cauces interconectados en ciertos lugares, al mismo tiempo que el del Portuguesa es más estrecho y con meandros.

4.2.2 Análisis de la Precipitación

La precipitación mensual fue estudiada en estaciones seleccionadas. Los patrones de precipitación anual de la cuenca se caracterizan por la estación de las lluvias que la distinguen, comenzando en abril o mayo y terminando en octubre o noviembre. Dentro de la estación de las lluvias la precipitación se distribuye bastante uniformemente con picos dobles o simples como se resume abajo.

Estación	Situación	Estación de lluvias	Mes de precipitación pico
San Cristóbal/Estanque	Tierra alta, oeste	Abr. - Nov.	Julio
El Corozo/Palmita	Tierra alta, central	Abr. - Nov.	Junio/oct.
Las Vegas/Charcot	Tierra alta, este	Abr. - Nov.	Junio
El Baúl/Carretera	Tierra alta, este	Mayo - Oct.	Junio/agos.
Santa Lucía	Tierra baja, central	Mayo - Oct.	Julio
El Samán de Apure	Tierra baja, este	Abr. - Oct.	Junio/agos.

Las precipitaciones mensuales medias de la cuenca fueron estudiadas para estimar el porcentaje de escurrimiento. Para el cálculo se seleccionaron siete (7) subcuencas y treintainueve (39) estaciones pluviométricas. Para caracterizar la precipitación de la cuenca, se estimó la precipitación anual media de la cuenca para 24 años, desde 1967 a 1990, que está mostrada abajo.

Estación base	Prom. (mm/año)	Máx (mm/año)	Mín. (mm/año)
1) Curso principal del Apure			
a) Pte. Remolino	2.082	2.532	1.614
b) Bruzual	1.892	2.323	1.456
c) El Samán	1.851	2.282	1.442
d) San Fernando	1.608	2.003	1.282
2) Río Portuguesa			
a) El Baúl	1.310	1.677	1.018
b) El Jobalito	1.505	1.963	1.180
c) Camaguán	1.423	1.790	1.134

En la confluencia de los ríos Apure y Portuguesa la precipitación media anual de la cuenca del curso principal del Apure es de 1.815 mm. (en El Samán), mientras que en el Portuguesa es de solamente 1.423 mm. (en Camaguán), lo cual es el 75% del Apure principal.

4.2.3 Características de Esgurrimiento

(1) Caudales

La Fig. 4.2.3 muestra comparativamente los gráficos de caudales diarios de las estaciones ubicadas en la parte superior, media e inferior. Las curvas aplanadas del hidrógrafo de esgurrimiento pueden verse en la figura. En la parte superior montañosa el hidrógrafo de esgurrimiento fluctúa en períodos de corta duración reflejando el patrón de precipitación. A medida que se va aguas abajo el hidrógrafo fluctúa semanal, mensualmente o más.

(2) Relación de esgurrimiento anual

Las relaciones de esgurrimiento anual de cuatro (4) estaciones en el río Apure y de tres (3) estaciones en el río Portuguesa fueron estimadas a partir de las precipitaciones medias de la cuenca y del esgurrimiento anual registrado. El resultado de la estimación está mostrado en la Fig. 4.2.4.

La relación de esgurrimiento promedio del curso principal del Apure varía de 0,84 en Puente Remolino a 0,41 en San Fernando, disminuyendo hacia aguas abajo. La relación de esgurrimiento del río Portuguesa varía de 0,14 en El Baúl a 0,20 en Camaguán, aumentando levemente aguas abajo.

La relación de esgurrimiento del río Portuguesa es considerablemente pequeña. Esto puede estar originado en la baja precipitación de la cuenca y pérdidas ocasionadas por la evaporación y posiblemente por el movimiento de aguas subterráneas.

(3) Correlación de caudales

Se estudió la correlación de caudales entre estaciones adyacentes de medición para verificar los registros y suministrar datos básicos para la distribución de dichos caudales. Los gráficos de correlación están mostrados en la Fig. 4.2.5.

En la figura, los caudales de la estación aguas abajo fueron graficadas en el eje horizontal. La figura también contiene una línea que muestra la relación de las áreas de

drenaje. Si el escurrimiento es proporcional al área de drenaje, los gráficos de correlación estarían localizados sobre la línea de área de drenaje. Los gráficos de correlación anual forman una línea circular en el sentido horario, exceptuando la correlación entre las estaciones de Camaguán y San Fernando donde los bucles en el sentido contrario a las agujas del reloj fueron constatados durante algunos años.

4.3 Análisis de Inundación

El análisis de la inundación fue realizado para suministrar datos hidrológicos e hidráulicos para la planificación de mitigación de inundaciones mencionado en el Capítulo IV. Este consiste en el análisis del escurrimiento de la inundación y del análisis de la misma para hacer frente a las condiciones hidrológicas e hidráulicas del área de estudio. Los detalles del análisis de inundación están descritos en el Informe de Apoyo: Parte D.

4.3.1 Metodología para el Análisis

Los objetivos del análisis del escurrimiento de la inundación son construir un modelo de escurrimiento de la inundación de la cuenca del río Apure, basado en los datos hidrológicos disponibles y para estimar el escurrimiento probable de la inundación en los planes seleccionados para control de la misma.

La cuenca del río Apure está dividida a groso modo en áreas montañosas donde se observa un escurrimiento rápido y en áreas bajas llanas donde se observa un enlentecimiento significativo del escurrimiento comparado con la cuenca superior. El área sujeta a la planificación de control de inundaciones presenta en la actualidad una área vasta de inundación. Debido a estas características, es difícil simular correctamente el fenómeno actual de toda la cuenca por medio del método hidrológico normal exclusivamente.

Para resolver el fenómeno mencionado de escurrimiento y para evaluar el efecto de los planes que permiten la inundación, se empleó el Método Modelo de Embalse para el análisis de la inundación en el área de estudio para control de la misma. Mientras que el Método de Función de Almacenamiento es empleado para el análisis del escurrimiento de la corriente en el área restante de la cuenca del río Apure.

El análisis del escurrimiento de la inundación por medio del método de función de almacenamiento mencionado, está descrito en la Sección 4.3.2, y el análisis de inundación por medio del método modelo de embalse está en la Sección 4.3.2.

4.3.2 Análisis del Escurrimiento de la Inundación

(1) Modelo del sistema de la cuenca y del río

La cuenca del río Apure está básicamente dividida en la cuenca del curso principal del Apure y la cuenca del río Portuguesa, el mayor tributario del Apure, aguas arriba de San Fernando. Estas están divididas a su vez en subcuencas para el análisis del escurrimiento de la inundación, tomando en consideración la topografía, el sistema del río, puntos base, etc.

Las subcuencas están divididas como lo muestra la Fig. 4.3.1. La cuenca está dividida en 107 subcuencas y 71 canales. El área de captación de la cuenca del río Apure principal es de 57.200 km² y la de la cuenca del Portuguesa es de 54.600 km².

(3) Análisis de las precipitaciones

1) Patrón de Duración de las precipitaciones

El patrón de duración de las precipitaciones fue determinado en ocho (8) meses desde abril a noviembre por las razones abajo mencionadas.

El tamaño de toda la cuenca es de aproximadamente 120.000 km². El volumen de las precipitaciones en la estación de las lluvias desde abril a noviembre es la causa principal de las inundaciones habituales en el área aguas abajo debido a la insuficiente capacidad de descarga. La duración de la inundación aguas abajo es de cuatro (4) meses generalmente, desde junio a septiembre, y el nivel máximo de las aguas se registra en julio o agosto todos los años.

2) Patrón de las precipitaciones

Las precipitaciones probables son producidas por el aumento o reducción de la precipitación real. En el estudio, las precipitaciones en 1981, que fueron las mayores de la cuenca del río Portuguesa, incluyendo al área de estudio para mitigación de inundaciones, fueron empleadas como la precipitación real. El patrón empleado es el que va de abril a setiembre.

3) Distribución horaria de las precipitaciones

La distribución horaria de las precipitaciones fue asumida teniendo un patrón concentrado central debido a la disponibilidad limitada de datos sobre