613
61.7
SSS

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

SECRETARIA DE COMUNICACIONES
OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE
LA REPUBLICA DE HONDURAS

EL ESTUDIO DE PLAN MAESTRO
SOBRE
EL CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTACION
EN
LA CUENCA PILOTO, CHOLOMA, SAN PEDRO SULA, CORTES
EN
LA REPUBLICA DE HONDURAS

JICA LIBRARY
1119560[9]
27608

INFORME FINAL

INFORME PRINCIPAL

ENERO 1994

PACIFIC CONSULTANTS INTERNACIONAL, TOKIO
ASOCIADO CON
KOKUSAI KOGYO CO., LTD., TOKIO

La estimación de costo fue hecha en base a los niveles de precios prevalecientes en junio de 1993, expresado en Lempiras de acuerdo con la siguiente tasa de cambio.

US$ 1.00 = Lps. 6.20 = Yen 110.00

(Junio, 1993)

国際協力事業団
27608

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Honduras, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de plan maestro sobre el Control de Erosión y Sedimentación en la Cuenca Piloto, Choloma, San Pedro Sula, Cortes, y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a la República de Honduras un equipo de estudio encabezado por el Sr. Hajime Tanaka de Pacific Consultants International y compuesto de miembros de la misma compañía y Kokusai Kogyo Co., Ltd., cuatro veces entre agosto de 1992 y noviembre de 1993.

El equipo de estudio sostuvo discusiones con los funcionarios concernientes del Gobierno de Honduras y realizó investigaciones de campo en el área de estudio. Después de su regreso al Japón, el equipo realizó más estudios y se preparó el presente informe. La versión en español de este Informe fue realizada como documento de consulta en base a la traducción de la respectiva versión en inglés.

Espero que este informe contribuya a promover el proyecto e intensificar las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a los funcionarios concernienetes del Gobierno de la República de Honduras por su estrecha cooperación brindada al equipo de estudio.

Enero de 1994

Kensuke Yanagiya
Presidente
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

ESTUDIO DE PLAN MAESTRO SOBRE EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTACION EN LAS CUENCAS PILOTOS DE LOS RIOS CHOLOMA, SAN PEDRO SULA Y CORTES EN LA REPUBLICA DE HONDURAS

SINOPSIS DEL ESTUDIO

1 El área de estudio (aproximadamente 717 km cuadrados) está situada en la parte noroeste del Valle Sula, el cual está localizado en la parte noroeste de Honduras. El Valle Sula es el área más importante de producción agrícola e industrial del país. Sin embargo, el área es vulnerable a los problemas de sedimentación e inundación. Los daños más severos que se registraron fueron los causados por el huracán Fifí en 1974. Desde entonces, el área de estudio, especialmente las cuencas de los ríos (Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce), ha sido afectado por problemas de densa sedimentación. Este estudio ha formulado un plan maestro para el control de la erosión, sedimentación e inundación en el área.

2 Plan Maestro para el Control de la Erosión y la Sedimentación

2.1 La producción y descarga de diseño de sedimentos, están planificados basados en una escala de producción de sedimentos causada por el paso del huracán Fifí en 1974. El plan de estructuras para el control de la erosión y sedimentación consiste de: presas de control, presas de consolidación, trabajos en las cauces, áreas de retardamiento de arena y bordos de guía.

Las inundaciones de diseño están planificadas en base a una inundación en un período de retorno de 50 años. El plan de estructura para la mitigación de inundaciones consiste de trabajos en los cauces, bordes y trabajos de protección.

Como medidas no estructurales para el control de la erosión y deslizamientos, es necesario establecer un sistema de alerta de flujo de deslizamientos e inundaciones yun sistema de evacuación. Con el objetivo de formular las bases de este sistema se han preparado mapas de áreas de peligro de deslizamiento e inundación.

2.2 Tal como fue planteado en el Plan Maestro, el año de finalización de la implementación del Proyecto es el año 2005.

Los costos proyectados están compuestos de costos directos, costos indirectos y contingencia física, incluyendo a los costos de adquisición de tierras y costos de compensación, costos de administración y costos de ingeniería dentro de los costos indirectos. Las tasas de cambio de monedas extranjeras son Lps. 6.20 = US$ 1.0 = Yen 110.0 (junio, 1993).

1) Río Choloma

(Unidad: millones de Lps.)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos	227.68	124.29	351.97
B	Costos Indirectos	27.32	33.59	60.91
C	Contingencia Física	45.54	24.86	70.40
D	Total	300.54	182.74	483.28

2) Río El Sauce y Río Blanco

(Unidad: millones de Lps.)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos	266.48	152.10	418.58
B	Costos Indirectos	31.98	40.25	72.23
C	Contingencia Física	53.30	30.42	83.72
D	Total	351.76	222.77	574.53

2.3 El período de implementación del proyecto está propuesto en 10 años desde del año de 1996 al año 2005.

2.4 Los valores de EIRR de los proyectos pilotos son estimados a continuación:

Proyectos Pilotos	Río Choloma	Río Blanco	Río El Sauce	Río El Sauce y Blanco
EIRR (%)	15.3	4.3	14.3	13.0

2.5 La construcción de estructuras de control de erosión y sedimentación surtirá efectos positivos en relación al medio ambiente, ya que el proyecto está dirigido hacia la mitigación de desastres y al control de la erosión y la sedimentación. No se anticipan efectos adversos significativos.

2.6 De acuerdo al resultado de la evaluación del proyecto, el Río Choloma fue identificado como el área prioritaria y más representativa para un Estudio de Factibilidad.

3 Estudio de Factibilidad en el Río Choloma

3.1 Los planes de largo plazo y planes urgentes fueron proyectados como sigue:

Estructuras	Plan de largo plazo (Año objetivo 2005)	Plan urgente (Año objetivo 1997)
(Control de la erosión y sedimentación)		
-Presa de control (sitio)	10	2
-Presa de consolidación (sitio)	17	2
-Bordo de guía (sitio)	1	1
(Mejoramiento del río)		
-Mejoramiento del canal (km)	7.57	3.43
-Bordo (km)	15.13	6.86
-Muros de contención (km)	4.80	3.43
-Protección de pilares del puente de la carretera nacional (metros cuadrados)	16,800.00	11,400,00
-Reconstrucción del puente de la carretera nacional	1	0
-Reconstrucción del puente del ferrocarril (sitio)	1	1

3.2 Costo del Proyecto

(1) Plan de Largo Plazo

(Unidad: millones de Lps.)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos	227.82	138.10	365.92
B	Costos Indirectos	27.34	35.43	62.77
C	Contingencia Física	45.56	27.62	73.18
D	Total	300.72	201.15	501.87

2) Plan Urgente

(Unidad: millones de Lps.)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos de Construcción	66.68	36.65	103.33
B	Costos Indirectos	8.00	9.92	17.92
C	Contingencia Física	13.34	7.33	20.67
D	Total	88.02	53.90	141.92

3.3 La implementación y la coordinación total del proyecto estará a cargo del Ministerio de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte (SECOPT) y la ejecución del proyecto será responsabilidad de la Dirección General de Obras Públicas.

- El plan urgente se comenzará en el año 1995 y será completado para el año 1997.
- El plan de largo plazo será finalizado para el año 2005.

3.4 La evaluación del proyecto está basada en términos de la eficiencia económica, social y ambiental.

Con el paso del huracán Fifí en 1974, la zona de Choloma fue severamente afectada con daños materiales y personales, con víctimas de 2,500 muertos y 20,000 afectados. Además, el puente nacional fue arrastrado por la corriente del río, paralizando totalmente el transporte terrestre. Esto causó graves trastornos sociales.

Con la implementación del proyecto las poblaciones del área del proyecto no serán afectadas por inundaciones y sedimentos de la ecala de los causados por el huracán Fifí y se podrán reducir los daños directos e indirectos.

Mas aún, el ambiente a la largo del río Choloma será mejorado, resaltando de este modo el ambiente natural.

El valor EIRR para el plan de largo plazo es de 15.3%. El plan urgente tendrá una alta eficiencia económica, debido a que está planificado para eliminar los desastres de sedimentación e inundación en el área urbana de Choloma, que es el área con mayor densidad poblacional en la cuenca del Río Choloma.

4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

1) El plan de estructura propuesto en el Plan Maestro para las cuencas de los ríos pilotos es factible en términos técnicos, económicos y ambientales.

2) Se llegó a la conclusión de que el plan urgente propuesto para el Río Choloma es factible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Una pronta implementación del plan urgente proveerá con seguridad de muchos beneficios socio-económicos, que no se limitarán únicamente al área de Choloma.

4.2 Recomendaciones

1) Es recomendable que el Río Choloma reciba una alta prioridad por parte del Gobierno, para la temprana implementación del plan urgente.

2) Estudios más profundos en el Río El Sauce y el Río Blanco deberán llevarse a cabo.

3) La red de observación hidrológica tanto en el área de estudio como en el Valle Sula deberá ser mejorada y reforzada, no sólo para la mitigación de inundaciones sino también para el desarrollo de los recursos hidráulicos.

4) Los mapas de las áreas con peligro de flujo de escombros e inundaciones, que están preparados en el Estudio del Plan Maestro, deberán ser referidos por la autoridades responsables de la administración y desarrollo de la tierra.

5) Los canales existentes corriente abajo del Río Choloma, tales como, el Canal Copen-Higuero-Cuabanos y también aquel del Río Chamelecón, requieren ser mejorados con la finalidad de proteger el área corriente abajo del Río Choloma de las inundaciones, ya que actualmente sus capacidades de conducción serían insuficientes para las descargas de avalanchas esperadas.

6) El equipo de ingeniería del SECOPT deberá ser reforzado en el campo de control de sedimentos e inundaciones, con la finalidad de hacer frente a los problemas de mitigación de sedimentos e inundaciones en el país y para las actividades de operación y mantenimiento en el futuro.

SUMARIO

SUMARIO

1 INTRODUCCION

1.1 Este es un sumario del Informe Final preparado para un Estudio del Plan Maestro sobre el Control de la Erosión y Sedimentación en la Cuenca Piloto de los Ríos Choloma, San Pedro Sula y Cortés en la República de Honduras (RDH), el cual consiste de un plan maestro para el área de estudio y un estudio de factibilidad en el área prioritaria identificada en el plan maestro.

1.2 El área de estudio (aproximadamente 717 km cuadrados) está situado en la parte noroeste del Valle Sula el cual está localizado en la parte noroeste del país. El Valle Sula, el cual yace en la zona más al norte de la cuenca del Río Ulua (Area de captación: 19,900 km cuadrados) y la cuenca del Río Chamelecón (área de captación: 3,200 km cuadrados), es el área más importante de producción agrícola e industrial del país. El Gobierno de Honduras (GDH) da una alta prioridad a la estabilidad del Valle Sula.

1.3 En 1974 el huracán Fifí causó severos daños por inundaciones en el Valle Sula. Causó miles de colapsos de pendientes de colinas en el área de estudio ubicado en las montañas Merendón. Los flujos de escombros e inundaciones produjeron grandes pérdidas de vidas humanas y daños severos en el área de estudio. Durante la inundación no menos de 10,000 muertes fueron reportadas en el área de estudio. Luego del paso del huracán Fifí el área de estudio ha afrontado grandes problemas de sedimentación e inundaciones.

1.4 En respuesta a la solicitud del GDH, el Gobierno del Japón (GDJ) ha decidido conducir un Estudio de Plan Maestro sobre el Control de la Erosión y Sedimentación en la Cuencas Pilotos. La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), una agencia oficial responsable de los programas de cooperación técnica del GDJ, fué asignada para emprender el estudio en cooperación con las autoridades concernientes al GDH. El estudio fue iniciado en agosto de 1992. El estudio consiste de dos fases, tal como se indica a continuación:

Fase 1: Estudio del Plan Maestro (desde agosto de 1992 hasta marzo de 1993)

Los objetivos del estudio son los siguientes:

- Llevar a cabo un Estudio del Plan Maestro de las medidas de control de la erosión y sedimentación para las cuencas pilotos, p.e. del Río Choloma, Río

Blanco y Río El Sauce y para recomendar qué hacer en el área restante del área de estudio.

- Identificar un área de prioridad para un Estudio de Factibilidad.

- Transferencia de tecnología al personal contraparte a través del entrenamiento en el trabajo durante el curso del estudio.

Fase 2: Estudio de Factibilidad (desde abril de 1993 hasta diciembre de 1993)

- Llevar a cabo un Estudio de Factibilidad de las medidas de control de la erosión y sedimentación para el área de prioridad identificada en la fase 1.

- Llevar a cabo el entrenamiento en el trabajo del personal contraparte.

SECOPT ha asignado al equipo de estudio, cinco personas a tiempo completo en la fase 1 y cuatro personas en la fase 2.

2 AREA DE ESTUDIO Y DAÑOS POR INUNDACIONES

2.1 El área de estudio abarca la montaña Merendón y el terreno del Valle Sula. Las montañas del Merendón se elevan desde el Valle Sula a una altura máxima de 1,700 metros sobre el nivel del mar y desarrolla una topografía muy empinada. La forma del terreno del área de estudio está compuesta de vertientes acantiladas, corrientes empinadas, abanicos aluviales y conos en la desembocadura del valle y en las planicies aluviales.

2.2 La geología del área de estudio está compuesta de rocas metamórficas del Paleozoico y de granito de la era Cretácea-Neoceno que interpenetra la roca Paleozoica. Los conos aluviales y los abanicos aluviales desarrollados ampliamente en las áreas piedmont y también una fina capa de despósitos piroclásticos volcánicos se distribuyen sobre las suaves pendientes y en la cima de la parte sur de las Montañas Merendón, pero áreas muy limitadas.

2.3 El clima de esta área de estudio está caracterizado por dos estaciones, es decir, estación húmeda y estación seca. Las precipitaciones anuales son de aproximadamente 1,200 mm en La Mesa de La Lima, la cual está localizada en el borde sur del área de estudio y 2,800 mm en Puerto Cortés en el área costera que se encuentra en las afueras de su

borde norte. Aunque la cantidad de precipitaciones en el área de estudio varía mucho localmente, los datos hidrológicos disponibles son aún muy limitados.

Existen varias estaciones pluviométricas y limnimétricas de ríos en y alrededor del área de estudio, pero la estación pluviométrica de La Mesa es la única que tiene comparativamente un largo período de observación, desde 1944 hasta 1991, y no se encuentran datos disponibles de las cuencas de los ríos pilotos.

2.4 Las desastrozas inundaciones han sido causadas por huracanes o depresiones tropicales. Notables inundaciones fueron reportadas en 1897, 1916, 1935, 1945, 1954, 1969, 1974, 1976, 1979, 1988, 1990 y 1993. El huracán Fifí del año de 1974 causó los daños más catastróficos en el área de estudio y de acuerdo con el estudio en el campo, debido al huracán Fifí, la mayor parte del terreno del valle fue sumergido, durante un promedio de 10 días. Las áreas inundadas durante el paso del huracán Fifí, la más grande inundación ocurrida, la inundación del año 1990 como una gran inundación actual e inundaciones anuales son estudiadas basadas en los datos disponibles y en las investigaciones de campo, incluyendo encuestas. De acuerdo con el estudio, las áreas en peligro de las inundaciones de 1974 y 1990 son de 340 km cuadrados y de 190 km cuadrados respectivamente.

2.5 Durante el paso del huracán Fifí del 18 al 19 de setiembre de 1974, La Mesa y Puerto Cortés registraron las precipitaciones diarias máximas de 340 mm y 280 mm, respectivamente. Una precipitación diaria de 340 mm se estima como una gran tormenta, la más grande en un período de retorno de 200 años, pero la de 280 mm en Puerto Cortés es estimada como una tormenta con un período de retorno de 20 a 30 años.

Sin embargo las intensidades de las precipitaciones en un corto período de duración fueron comparativamente bajos. Las seis (6) horas disponibles de lluvia sobre La Mesa fue de 140 mm, considerada como una precipitación con un período de retorno de 50-70 años y también la máxima intensidad de precipitaciones por hora en La Mesa es estimada en cerca de 66 mm, la cual es una tormenta con una frecuencia de 30 años.

La descarga pico por la simulación del huracán Fifí están tasadas en la misma escala de las inundaciones que fueron calculadas por las precipitaciones diarias, con un período de retorno de 50 años para toda la cuenca.

3 POBLACION Y USO DE LA TIERRA

3.1 La población de Honduras en el año de 1988 fue de 4,443,721, en el año de 1974 de 2,656,948 y en el año de 1961 de 1,884,765. El crecimiento anual promedio fue de 2.68% y 3.74% para el período de 1961-1974 y de 1974-1988, respectivamente. La densidad poblacional promedio en el país es de 40 personas por km cuadrado.

El área de estudio ha sido desarrollada muy rápidamente. La población total de las municipalidades de San Pedro Sula, Choloma, La Lima y Puerto Cortés fue de 500,886 en 1988, de 281,247 en 1974 y de 137,988 en 1961, con una tasa de crecimiento anual promedio del 5.63% para el período de 1961-1974 y de 4.21% para el período de 1974-1988. La población urbana conformó el 77% del total de la población en el año de 1988.

El número promedio de integrantes por familia fue de 4.71 personas en la totalidad del área de las cuatro municipalidades.

3.2 El terreno del área de estudio está caracterizado por un valle amplio y fértil de montañas boscosas proporcionando así las condiciones favorables para la agricultura, ganadería y silvicultura.

La región montañosa, la cual está ubicada en la parte oeste del área de estudio, está cubierta por bosques tropicales los cuales consisten de pinos, cedros y árboles de hojas anchas (caoba, mango, almendra, palmas, paltas, etc.). El área de la zona montañosa es estimada en unos 304 km cuadrados o 42% del área de estudio. El área de bosques cubren del 67% al 77% del área de montañas de San Pedro Sula, pero sólo el 9% de aquel de Choloma. El área montañosa de San Pedro Sula ha sido conservada por la municipalidad para recursos acuáticos y con propósitos de control de la erosión, mientras que el área montañosa del Choloma es utilizada extensamente para los propósitos agrícolas. Por otro lado, en la zona de tierras bajas en donde yace la parte este del área de estudio, el uso principal es el de pastizales naturales y cultivos para la ganadería, excepto en las áreas urbanas.

Fuera de las zonas de tierras bajas, el área a lo largo del Río Chamelecón forma un terreno agrícola mixto el cual está compuesto de villas en pequeña escala y campos de caña de azúcar, pastizales, bananas, maíz, variados vegetales y matorrales, etc. El área total de la zona de tierras bajas es estimado en cerca de 413 km cuadrados, 58% del área de estudio.

Las áreas urbanas más grandes están localizadas en las siguientes tres ciudades: San Pedro Sula, Choloma y La Lima. La ciudad de San Pedro Sula y sus áreas aledañas forman una gran zona industrial así como también comercial y zonas residenciales.

4 ESTRUCTURAS EXISTENTES

4.1 Así como instalaciones de control de la erosión y sedimentación, SECOPT desarrolló también un plan de instalaciones para la cuenca del Río Choloma y construyó una presa de control (Presa Takemoto) en 1984 en la cuenca del Río Choloma.

4.2 Así como instalaciones para la mitigación de las inundaciones, existen también variados tipos de estructuras construídas en el área de estudio. Ellos son los siguientes:

(1) Bordos a lo largo del Río Chamelecón

Existen 54.1 km de bordos de inundación a lo largo de la ribera izquierda del Río Chamelecón. Ellos han sido construídos localmente por diferentes agencias, tal como la municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT.

(2) Bordos a lo largo de los Tributarios

Luego del paso del huracán Fifí, cerca de 5 km de bordos fueron construídos a lo largo del Río Choloma. Los canales de bordos en el Río Blanco (21.2 km) y en el Río El Sauce (44.1 km) fueron construídos por la municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT, con la finalidad de proteger el área urbana de San Pedro Sula. Los canales de bordos son evaluados para tener la capacidad de flujo suficiente contra las descargas de inundaciones de diseño. También existe un dique anular alrededor del Aeropuerto Lima construído por SECOPT.

5 PRECIPITACIONES E INUNDACIONES DE DISEÑO

5.1 El patrón de lluvias es estudiado basado en los datos recolectados a partir de las dos estaciones de La Mesa y El Modelo, las cuales están ubicadas una cerca de la otra y sus montos de precipitaciones anuales son similares. El patrón de precipitación en el cual ocurre la máxima intensidad de lluvias en la etapa final de las precipitaciones se aplica para el análisis de las inundaciones, debido a que proporciona la mayor cantidad de descarga entre los tres patrones estudiados.

5.2 Para el análisis de las inundaciones, la Fórmula Racional y el Método de la Unidad Hidrográfica de Nakayasu son aplicados con las razones siguientes:

(1) La Fórmula Racional es apropiada para estimar una descarga pico de una cuenca comparativamente pequeña de menos de 200 km cuadrados. El método es aplicado para el cálculo de una descarga pico en el diseño de los trabajos de control de la erosión y de escombros.

(2) El Método de la Unidad Hidrográfica de Nakayasu es ampliamente utilizada para la planificación de los trabajos en los ríos en Japón. El método se aplica para el análisis de las inundaciones de las cuencas de los ríos pilotos que posee una condición topográfica similar a aquellas en Japón. Mediante este método, es posible estimar no sólo una descarga pico, sino también un esbozo de la hidrografía de la inundación.

(3) El método de la función de almacenamiento también es útil para el estudio, pero no existe datos de descarga necesarios para calibrar la hidrografía necesaria estimada por el método.

6 PRODUCCION Y DESCARGA DE SEDIMENTOS

6.1 El huracán Fifí causó miles de colapsos de pendientes de colinas y flujos de escombros, tanto en la cuenca del Río Choloma como en la cuenca del Río Blanco. Las marcas de los flujos de escombros son identificados en la mayoría de las corrientes de segundo orden. Debido al estudio del área de muestreo de 16.4 km cuadrados seleccionado en la cuenca del Río Choloma, las áreas de pendientes colapsadas fueron identificadas en 9.68% del área total de pendientes durante el paso del huracán Fifí y la profundidad del colapso fue estimada en cerca de 1.0~2.0 metros en el Río La Jutosa, pero menor en el Río Choloma. Sin embargo las materias colapsadas parecen ya haber sido descargadas corriente abajo como flujos de escombros o flujos de sedimentos.

Basada en las fotografías aéreas y en la investigación de campo, el área de depósito de sedimentos y la profundidad de la sedimentación causada por el paso del huracán Fifí fueron identificados para el Río Choloma y el Río Blanco. El balance de sedimentos causados por el paso del huracán Fifí fue estimado para el Río Choloma.

El balance de sedimentos de cada cuenca de río piloto fue estimado basado en lo siguiente:

- Volumen de sedimentos producidos a partir del área colapsada,
- Volumen de sedimentos erosionados del curso del río,
- Depósitos inestables relacionados a la producción de sedimentos.

También las áreas que probablemente poseen un alto potencial de producción de sedimentos son identificados a través de las fotografías aéreas e investigaciones en el campo.

7 PLAN MAESTRO PARA EL CONTROL DE LA EROSION, SEDIMENTACION E INUNDACION

7.1 El Plan Maestro para las estructuras de control de la erosión y sedimentación están planificadas en base a la escala del huracán Fifí de 1974. El plan de estructuras propuesto tiene por finalidad el reducir la descarga excesiva de sedimentos hasta la descarga de sedimentos permisible en los puntos de control de diseño, mediante el control de la cantidad de producción y descarga de sedimentos mediante estructuras óptimas de control de la erosión y sedimentación, tales como presas de control, presas de consolidación, trabajos en los cauces, áreas de retardamiento de arena y malecones. Las estructuras propuestas y sus ubicaciones son mostradas en la *Fig.* S.1.

Como parte de las medidas no estructurales, las áreas de daños posibles son identificadas y propuestas para el área de estudio.

7.2 El Plan Maestro de las estructuras para la mitigación de las inundaciones están planificadas en base a las descargas de inundaciones para un período de retorno de 50 años, que es aproximadamente la misma escala que la de las inundaciones causadas por el paso del huracán Fifí. Los canales pilotos son tasados en base a su capacidad de flujo y son estudiados óptimos trabajos de mitigación de inundaciones. Para la mejora del canal, una sección transversal compuesta es planificada considerando un fácil mantenimiento. La sección del canal de bajo nivel de agua está diseñada para tener una capacidad de flujo de una vez en 2 a 3 años de período de retorno de inundación. El Río Blanco está propuesto que desemboque en el Río El Sauce y reanudar su canal

anterior. Las descargas de diseño de cada río piloto y las estructuras propuestas son mostrasdas en la *Fig.* S.1.

7.3 Se realiza la simulación de la descarga de sedimentos y la variación del lecho del río en los ríos pilotos para los tramos de río dentro y fuera del proyecto. De acuerdo con los resultados de la simulación, el Río Choloma será mejorado en el balance de descarga de sedimentos y pasará a estar casi en la condición de estabilidad dinámica mediante las mejoras del río. El Río Blanco necesitará una administración adecuada de las excavaciones de arena del lecho del río. El Río El Sauce con o sin el Río Blanco, necesitará observaciones periódicas de los tramos corriente abajo, debido a que existe una tendencia de disposición de sedimentos en dichos tramos.

7.4 Medidas no estructurales tales como sistemas de alarma y evacuación en caso de inundaciones serán requeridos para las personas que viven fuera de las cuencas del río piloto a ser protegido de los flujos de escombros e inundaciones. Como parte de las medidas no estructurales, las áreas de peligro por flujos de escombros son identificados en el área de estudio. El mapa de zonas peligrosas muestra que el área con peligro por flujos de escombros cubre alguna de las partes del área construída de San Pedro de Sula.

7.5 Los costos del proyecto están compuestos por los costos directos, costos indirectos y contingencias físicas, incluyendo la adquisición de tierras y costos de compensación, costos administrativos, costos de O&M y de ingeniería como costos indirectos. Los costos directos de los costos de construcción base están estimados basados en el diseño preliminar de las estructuras propuestas y al plan de construcción tentativo. Los costos indirectos están estimados como porcentajes de los costos de construcción base. El precio y los costos unitarios están estimados basados en los precios prevalecientes en el mercado en junio de 1993 y las tasas de cambio de las monedas extranjeras son Lps. 6.20 = US$ 1.0 = Yen 110.0.

Los costos del proyecto están resumidos a continuación:

1) Río Choloma

(Unidad: millones de Lps)

		Item	F/C	L/C	Total
A		Costos Directos			
	1)	Mejoramiento del Río	46.06	12.87	58.93
	2)	Control de Sedimentos	181.62	111.42	293.04
	3)	Subtotal	227.68	124.29	351.97

B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	1.07	1.07
	2) Administración	0.00	17.60	17.60
	3) Servicios de Ingeniería	27.32	14.92	42.24
	4) Subtotal	27.32	33.59	60.91
C	Contingencia Física	45.54	24.86	70.40
D	Total	300.54	182.74	483.28

2) Río El Sauce con el Río Blanco

(Unidad: millones de Lps)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos			
	1) Mejoramiento del Río	64.61	30.52	95.13
	2) Control de Sedimentos	201.87	121.58	323.45
	3) Subtotal	266.48	152.10	418.58
B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	1.07	1.07
	2) Administración	0.00	20.93	20.93
	3) Servicios de Ingeniería	31.98	18.25	50.23
	4) Subtotal	31.98	40.25	72.23
C	Contingencia Física	53.30	30.42	83.72
D	Total	351.76	222.77	574.53

7.6 La implementación del programa para el proyecto está basado en el programa de construcción para el período de 1996 a 2005.

7.7 La evaluación del proyecto está basada principalmente en la evaluación económica. En el Estudio del Plan Maestro, la evaluación económica es realizada con la finalidad de encontrar un plan económico óptimo entre los planes alternativos para los proyectos de control de la erosión y sedimentación de los ríos pilotos. Los efectos económicos del proyecto son examinados haciendo una comparación entre los valores actuales de los

costos y beneficios económicos, por medio de la Tasa Interna Económica de Retorno (EIRR).

La evaluación económica del proyecto está basada en la comparación de los costos con los beneficios. Los beneficios son derivados de la reducción de los daños por inundación anual. La reducción de los daños por inundación anual fue evaluado para un período de retorno de 2, 5, 30, 50, y 100 años, tomando en consideración los siguientes puntos:

- Daños a edificios y casas,
- Daños a las facilidades públicas,
- Pérdidas económicas por la suspensión de las actividades comerciales,
- Gastos de emergencia.

La vida del proyecto es tomada económicamente en 50 años luego del inicio de los trabajos de construcción.

7.8 La evaluación económica para la cuenca del Río Choloma fue conducida para cada uno de los cinco (5) períodos de retorno mencionado anteriormente. Como resultado fue seleccionado el diseño para un período de retorno de 50 años, debido a que produjo la más alta eficiencia económica.

De acuerdo a la evaluación económica del proyecto con un período de retorno de 50 años, los valores de EIRR de los proyectos fueron estimados para los ríos pilotos, incluyendo el proyecto combinado del Río Blanco y del Río El Sauce. Estos son indicados a continuación:

Tasa Interna Económica de Retorno (EIRR)

Período de Retorno (años)

	Río Choloma	Río Blanco	Río El Sauce	Ríos Blanco & El Sauce
EIRR (%)	15.3	4.3	14.5	13.0

(1) Con relación a los proyectos en el Río Choloma y el Río El Sauce, los valores de EIRR de los proyectos con un período de retorno de 50 años indican 15.3% y 14.5%, respectivamente, los cuales son tasas comparativamente elevadas para un proyecto de protección contra inundaciones, es decir, estos proyectos están considerados económicamente viables.

(2) El proyecto del Río Blanco con un período de retorno de 50 años muestra un EIRR de 4.3% el cual es económicamente poco viable, debido a un bajo potencial de propiedades inundadas.

(3) Sin embargo, el EIRR del proyecto combinado de protección contra las inundaciones de ambos ríos, del Río Blanco y del Río El Sauce sería de 13.0%. Esto muestra que el proyecto combinado es económicamente factible, considerando que el costo de oportunidad de capital en Honduras estaría entre 10% y 12%.

7.9 Los impactos ambientales del proyecto serán casi en su totalidad benéficos ya que el proyecto está destinado a la mitigación de inundaciones mediante el control de la erosión y la sedimentación. Las facilidades de control contra inundación y sedimentación contribuirán al mejoramiento del medio ambiente del área. La mitigación de las inundaciones mejorarán el uso potencial de las tierras del área a una variedad de usos benéficos tales como desarrollos urbanos, industriales y agrícolas. Además se obtendrá la protección mejorada de la utilización de tales tierras existentes. No se anticipa efectos adversos causados por el proyecto.

Como efectos indirectos debido a la mejora del uso potencial de la tierra, se anticipa el incremento de la descarga de polución a las aguas aledañas debido al desarrollo de las áreas urbanas, industriales y agrícolas. Por lo tanto, la medida para el mejoramiento de la calidad del agua es necesaria.

7.10 De acuerdo con el resultado de la evaluación del proyecto en las medidas que son requeridos en cada cuenca, el Plan Maestro para el Río Choloma será la más efectiva y se le identifica como el área prioritaria para un Estudio de Factibilidad.

8 F/S EN LAS ESTRUCTURAS URGENTES PARA EL RIO CHOLOMA

8.1 Las estructuras urgentes para el control de la erosión y sedimentación están seleccionadas del Plan Maestro, el cual consiste de diez (10) presas de control, tres obras de consolidación y un malecón. Entre estas estructuras, las estructuras seleccionadas para una rápida implementación están listadas a continuación:

- Presa de control (No. 1) en el 25.72 km del Río Majane,
- Presa de control (No. 9) en el 26.535 km del Río La Jutosa,

- Presa de consolidación (No. 1) en el 18.885 km del Río Choloma,
- Presa de consolidación (No. 7) en el 21.235 km del Río Choloma,
- Malecón en la presa de consolidación (No. 1).

El mapa de ubicación de las estructuras urgentes propuestas es mostrado en la *Fig.* S.2.

Los efectos de las estructuras urgentes están tasados en el balance de sedimentos. Las estructuras urgentes controlarían el 34% de la descarga de sedimentos de diseño.

8.2 Las estructuras urgentes para la mitigación de inundaciones son seleccionadas del plan maestro, el cual está planificado para el tramo desde la conjunción del Canal San Roque con la presa de consolidación (No. 1), consistiendo de la mejora del canal (7.57 km), bordos (15.13 km), muros de contención (4.8 km), rehabilitación de dos puentes y trabajos de protección.

El plan urgente está formulado para el tramo entre Sta. CH-023 y la presa de consolidación propuesta No. 1. El plan urgente tiene por finalidad proteger el área urbana de Choloma, incluyendo la futura área urbana planificada por la municipalidad de la ciudad de Choloma. El concepto de diseño es el mismo que para el plan maestro. Las estructuras urgentes propuestas son resumidas a continuación:

-	Mejora del canal	:	3.43 km
-	Bordos	:	6.86 km
-	Muros de contención	:	3.43 km
-	Protección de la base para el puente de la carretera nacional	:	11,400 m^2
-	Reconstrucción del puente del ferrocarril	:	uno (160 m x 5.0 m)

8.3 Costo del Proyecto

El costo del proyecto ha sido estimado basado en los diseños preliminares con las mismas condiciones que las del plan maestro. Las tasas de cambio de las monedas extranjeras aplicadas son de Lps. 6.20 = US$1.0 = Yen 110.0. Los costos del proyecto tanto para el proyecto total (largo plazo) como para el proyecto urgente son estimados tal como se indica a continuación:

1) COSTO DEL PROYECTO PARA EL PLAN A LARGO PLAZO

(Unidad: millones de Lps)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos			
	1) Mejoramiento del Río	48.65	29.31	77.96
	2) Control de Sedimentos	179.17	108.79	287.96
	3) Subtotal	227.82	138.10	365.92
B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	0.54	0.54
	2) Administración	0.00	18.32	18.32
	3) Servicios de Ingeniería	27.34	16.57	43.91
	4) Subtotal	27.34	35.43	62.77
C	Contingencia Física Ax20%	45.56	27.62	73.18
D	Total	300.72	201.15	501.87

2) COSTO DEL PROYECTO PARA EL PLAN URGENTE

(Unidad: millones de Lps)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos			
	1) Mejoramiento del Río	24.82	13.24	38.06
	2) Control de Sedimentos	41.86	23.41	65.27
	3) Subtotal	66.68	36.65	103.33
B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	0.33	0.33
	2) Administración	0.00	5.19	5.19
	3) Servicios de Ingeniería	8.00	4.40	12.40
	4) Subtotal	8.00	9.92	17.92
C	Contingencia Física Ax20%	13.34	7.33	20.67
D	Total	88.02	53.90	141.92

8.4 Para la implementación del proyecto, la coordinación total del mismo será provista por SECOPT y la ejecución del proyecto será de responsabilidad del DGOP. La otra agencia de implementación será la Municipalidad de Choloma. El programa de implementación para el proyecto está basado en lo siguiente:

- Los trabajos urgentes serán iniciados en el año de 1995 y completados en el año de 1997.

- Los trabajos restantes serán completados allá por el año 2,005.

8.5 Proyecto

La evaluación del proyecto está basado en términos de efectividad económica, social y ambiental. Sin embargo, los beneficios sociales y ambientales seran grandes como se especifica en el plan maestro.

De acuerdo a la evaluación económica, el proyecto a largo plazo propuesto para el Río Choloma será viable por los beneficios relacionados con el control de sedimentos y a la mitigación de las inundaciones. El valor EIRR para el proyecto es de 15.3%.

De acuerdo con las pruebas de sensibilidad del EIRR aún en el caso de un incremento de 10% en el costo económico y una disminución de10% en el beneficio económico, el proyecto tiene un valor de EIRR mayor a 12%, lo cual excede el costo de oportunidad del capital en Honduras, estimado entre 10% y 12%. Por lo tanto, se concluye que el proyecto tendrá una alta eficiencia económica.

El plan de las estructuras urgentes proporcionará una mayor eficiencia económica, debido a que está planificada para eliminar los desastres causados por los sedimentos e inundaciones del área urbana de Choloma que es el área de mayor densidad poblacional en la cuenca del Río Choloma.

Además, el plan producirá un alto beneficio económico. El área de Choloma sufrió un grave daño causado por el huracán Fifí en 1974.

En esta época, la población de Choloma era de aproximadamente 30,000 habitantes, de los cuales 2,500 perdieron la vida y 20,000 fueron heridos durante la inundación causada por el huracán. El puente de la carretera nacional fue también arrastrado y el vital sistema de transporte fue paralizado.

De acuerdo con el censo nacional de 1988, la población de Choloma ha aumentado a aproximadamente 67,000 habitantes y se espera que aumente a 100,000 en 1993.

Con la implementación de las facilidades urgentes, el área urbana de Choloma estará segura contra daños de sedimentos e inundaciones. El puente de la carretera nacional también estará seguro y el transporte entre el puerto de cortés y las principales ciudades, incluyendo a la capital, estarán asegurados. Los beneficios sociales serán muy altos.

A través de la implementación del proyecto, además de los beneficios directos tangibles precedentes, se pueden esperar muchos beneficios intangibles. Entre ellos un beneficio intangible impreso sería la eliminación de varios factores intangibles negativos para el desarrollo social y económico en y alrededor del área inundada y la mejora del potencial de desarrollo del área.

9 CONCLUSION Y RECOMENDACION

9.1 Conclusiones

1) Se concluye que el plan de estructura propuesto en el Plan Maestro para el control de la erosión y sedimento será factible en términos técnicos, económicos y ambientales. Con el proyecto, las tres cuencas pilotos estarán a salvo de los daños causados por flujos de escombros e inundaciones de la escala de aquellos causados por el paso del huracán Fifí en 1974 que es considerado como el flujo de escombros e inundación más severa jamás antes registrada. De acuerdo con la evaluación económica, los valores de EIRR de los proyectos del Río Choloma, Río El Sauce y el Río Blanco son de 15.3%, 14.5% y de 4.3%. Aunque el valor de EIRR del Río Blanco es bajo, se convierte en 13.0% cuando el Río Blanco reanuda su curso original y desemboca en el Río El Sauce como se propuso en el Plan Maestro. Debido al preliminar impacto del impuesto ambiental, los efectos adversos por el proyecto son anticipados como insignificantes, debido a que el plan propuesto es en sí un plan de mejora ambiental destinado a la mitigación de desastres.

2) Se decide que el plan urgente propuesto en el Estudio de Factibilidad también es factible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. El valor de EIRR del plan de factibilidad con estructuras urgentes es de 15.3%. Simultáneamente las estructuras urgentes propuestas, probablemente tendrán un impacto social muy grande, debido a una implementación temprana de las estructuras urgentes proporcionará, con seguridad, muchos beneficios intangibles socio-económicos que no están limitados al área del

Choloma. Las estructuras urgentes propuestas están compuestas por dos presas de control, trabajos de consolidación, malecones y trabajos de mejoras.

9.2 Recomendaciones

A continuación se resumen las recomendaciones procedentes del estudio:

1) El Gobierno deberá asignar una alta prioridad al plan urgente propuesto en el Estudio de Factibilidad para la cuenca del Río Choloma para una temprana implementación.

2) Estudios más amplios del Río El Sauce y del Río Blanco serán importantes para una rápida implementación. De acuerdo a la evaluación del proyecto, el Proyecto del Río El Sauce con el Río Blanco será factible en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. El proyecto tendrá un impacto social muy grande, debido a que la ciudad de San Pedro Sula y una parte de la ciudad de La Lima que tiene una densidad poblacional alta así como también una gran importancia socio-económica, están ubicadas en estas dos cuencas.

3) Las mejoras de la red de observación hidrológica será una acción fundamental no sólo para la mitigación de las inundaciones, sino también para el desarrollo de los recursos acuáticos. Los datos hidrológicos servirán de base para la planificación de contramedidas óptimas para los daños causados por la sedimentación e inundación. El número de estaciones para la medida de precipitaciones pluviales y del nivel del agua aún es muy limitado no sólo en las cuencas piloto, sino también en el Valle Sula. Se requiere incrementar el número de estaciones de medición hidrológica tanto para el Río Chamelecón como para el Río Ulua.

4) Como una parte de las medidas no estructurales para la mitigación de la sedimentación e inundaciones, las áreas con peligro de futuros flujos de escombros e inundaciones que están preparadas en el Estudio del Plan Maestro, deberían ser referidos mediante las autoridades que son responsables de la administración y desarrollo de tierras.

5) Mejoras de los canales corriente abajo existentes del Río Choloma, tales como, el Canal Copen-Higuero-Cuabanos y también aquel del Río Chamelecón serán requeridas para la eliminación de los daños causados por inundaciones del área corriente abajo del Río Choloma, debido a que su capacidad de transporte puede ser extremádamente pequeña para cumplir con las descargas esperadas de inundación.

6) Se recomienda mejoras institucionales del SECOPT en el campo de control de sedimentación e inundación; con la finalidad de hacer frente a los problemas de mitigación de sedimentación e inundación en el país, actividades adecuadas de operación y mantenimiento (O&M) serán esenciales después de la implementación de las estructuras. A lo largo de las estructuras de control de sedimentación e inundación existentes en los ríos pilotos, hay muchos sitios que requieren de actividades adecuadas de O&M locales.

Area/River	Flood Control Facilities/Works	Main Feature	Area/River	Sediment Control Facilities/Works	Main Feature	Remarks
1.Rio Choloma	1).Embankment	15.6 km	1.Rio Choloma *Rio Majina & Rio La Jutosa	1) Sabo (Check) Dam	10 pls	
	2).Revetment	4.8 km		2) Consolidation Dam	17 pls	
	3). Channel Improvement	7.8 km		3) Training Levee	1,325 m	
	4).Bridge improvement	2pls				
	5).Land Acquision	91.0 ha				
2.Rio Blanco-Canal San Roque With Rio El Sauce 2.1. Rio Blanco	1).Embankment *Left Bank Only	1.5 km	2.1 Rio Blanco *Rio Chiquito Rio Del Zapotal & Rio De Armenta	1) Sabo (Check) Dam	9 pls	
	2).Land Acquision	4.2 ha		2) Consolidation Dam	7 pls	
				3) Channel Works	1 pls	
				4) Training Levee	4,080 m (3pls)	
2.2 Diversion Canal (2.6 km) *Rio Blanco-El.Sauce	1).Embankment	5.2 km				
	2). Channel Improvement	2.6km				
	3).Diversion Weir	1 Pls				
	4).Land Acquision	56.7 ha				
2.3 El.Sauce 1).Left Bank	1).Embankment	5.5 km	2.3 El Sauce * Rio Santa Ana & Rio Piedras	1) Sabo (Check) Dam	14 pls	
2).Right Bank	1).Embankment *Heighining	7.5 km		2) Consolidation Dam	0	
	2). Channel Improvement	7.5km		3) Channel Works Ground Sill Riverbed Gindle	2 pls (12 pls) (4pls)	
	3).Revetment	2.0 km				
	4).Bridge	1				
	5).Land Acquision	117.8 ha				

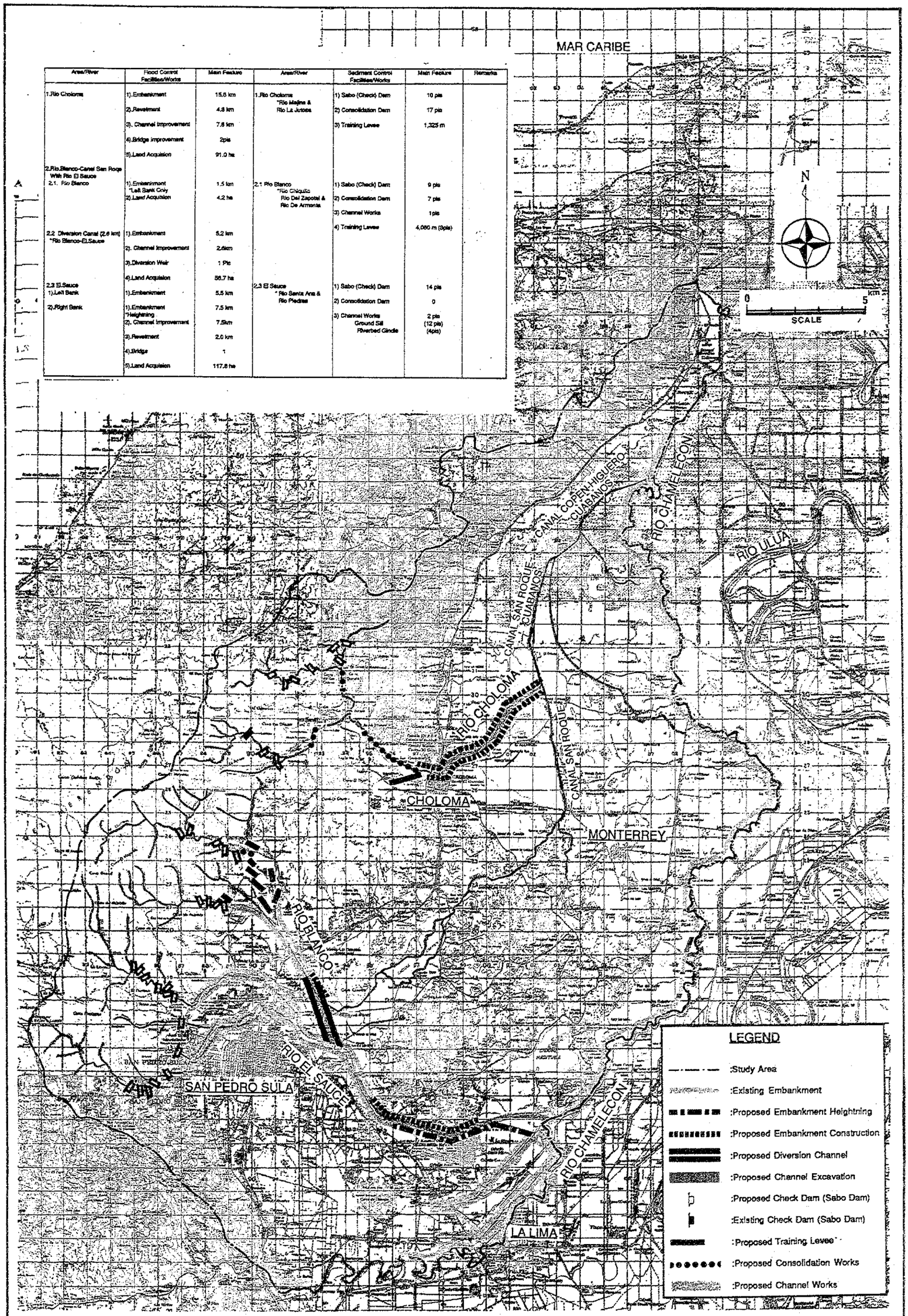


FIG.S.1 PLAN MAESTRO PROPUESTO

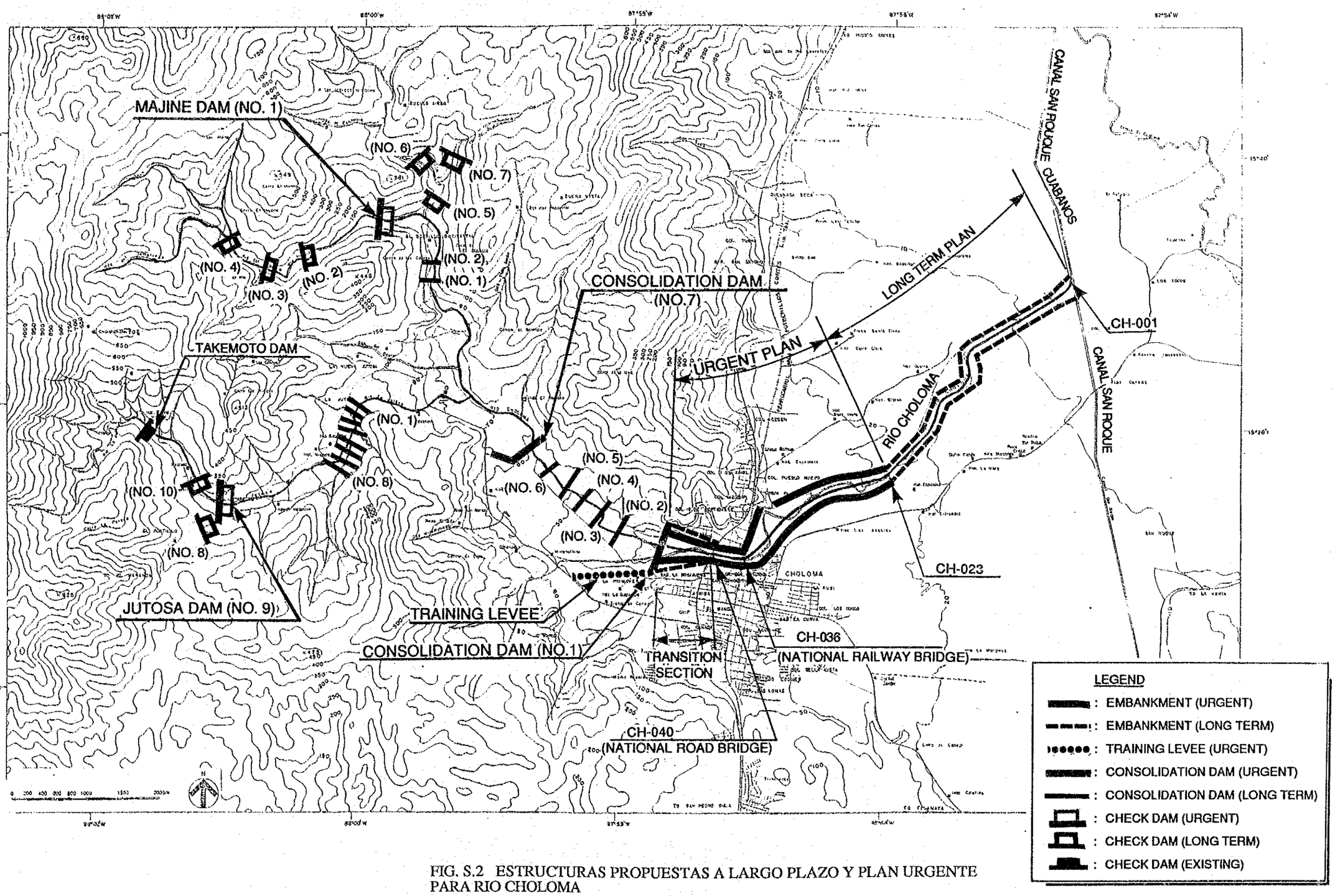


FIG. S.2 ESTRUCTURAS PROPUESTAS A LARGO PLAZO Y PLAN URGENTE PARA RIO CHOLOMA

TABLA DE CONTENIDO

Prefacio
Sinopsis del Estudio
Sumario
Tabla de Contenido
Lista de Tablas
Lista de Figuras
Abreviaturas

CAPITULO 1 INTRODUCCION 1-1
1.1 Antecedentes 1-1
1.2 Objetivos del Estudio 1-3
1.3 Area de Estudio 1-4
1.4 Acercamiento General 1-4
1.5 Trabajos de Campo Suplementarios 1-4
1.6 Instalación de las Miras del Nivel de Aguas del Río y Pluviómetros Automáticos 1-5

CAPITULO 2 CONDICIONES GENERALES 2-1
2.1 Geografía 2-1
2.2 Condiciones Geológicas 2-1
2.3 Meteorología e Hidrología 2-2
2.4 Aspecto del Medio Ambiente 2-2
2.5 Mapa Topográfico Disponible 2-4
2.6 Fotografía Aérea Disponible 2-4

CAPITULO 3 ESTUDIO HIDROLOGICO 3-1
3.1 Generalidades 3-1
3.2 Datos de Precipitación y Nivel de Ríos 3-1
3.2.1 Datos de Precipitación 3-1
3.2.2 Niveles de los Ríos y Datos de Caudal 3-1
3.3 Análisis de Precipitación 3-2
3.3.1 Precipitación Promedio 3-2
3.3.2 Precipitación Máxima 3-2
3.3.3 Análisis de Frecuencia 3-2
3.3.4 Patrón de Precipitación del Huracán Fiff 3-2
3.3.5 Patrones de Precipitación en el Area de Estudio 3-3
3.3.6 Intensidad de Precipitación y Duración 3-3
3.3.7 Evaluación del Hurrican Fiff 3-4

3.4 Análisis de Escorrentía de Inundaciones 3-4
3.4.1 Método de Análisis de Escorrentía 3-4
3.4.2 Simulación de la Inundación del Huracán Fiff 3-6
3.4.3 Distribución Probable de la Descarga 3-6

CAPITULO 4 ESTUDIO SOCIO ECONOMICO 4-1
4.1 Entorno Nacional Socio Economico 4-1
4.1.1 Producto Doméstico Bruto (GDP) y Producto Nacional Bruto (GNP) 4-1
4.1.2 Comercio Exterior 4-1
4.1.3 Balance de Pagos Internacionales 4-1
4.1.4 Finanzas Gubernamentales 4-2
4.1.5 Estrategia de Desarrollo Integral Nacional 4-2
4.2 Condiciones Socio-Económicas en el Area de Estudio 4-2
4.2.1 Ubicación y Administración 4-2
4.2.2 Población y Viviendas 4-3
4.2.3 Uso de la Tierra 4-4
4.2.4 Agricultura e Industria 4-5
4.2.5 Precios y Salarios 4-6

CAPITULO 5 INUNDACIONES Y ESTUDIO DE DAÑOS POR INUNDACIONES 5-1
5.1 Generalidades 5-1
5.2 Condiciones de Inundaciones 5-2
5.2.1 Inundación de 1974 (Huracán Fiff) 5-2
5.2.2 Inundación de 1990 (Huracán Gilbert) 5-2
5.2.3 Inundación Anual 5-3
5.3 Análisis de Daños Causados por Inundaciones 5-3
5.3.1 Generalidades 5-3
5.3.2 Propiedades en el Area de Inundación Potencial 5-4
5.3.3 Cálculos de los Daños causados por una Probable Inundación 5-5
5.3.4 Promedio Anual de Daños por Inundaciones 5-7

CAPITULO 6 ESTUDIO DE PRODUCCION DE SEDIMENTOS 6-1
6.1 Generalidades 6-1
6.2 Sistemas de Ríos en las Areas Montañosas 6-1
6.2.1 Topografía y Geografía 6-1
6.2.2 Análisis de Orden de Corrientes 6-3

6.3 Escorrentía de Sedimento por el Huracán Fiff 6-4
6.3.1 Colpaso de Laderas 6-4
6.3.2 Fluctuación del Lecho del Río 6-5
6.3.3 Balance de Sedimento 6-7
6.4 Depósitos Inestables en Relación a la Producción de Sedimento 6-8
6.4.1. Areas de Colpaso Pasadas 6-8
6.4.2. Depósitos Inestables del Lecho del Río (Vbu) 6-8
6.4.3. Depósitos Inestables a lo Largo del Curso del Río (Vcu) 6-9

CAPITULO 7 MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTOS 7-1
7.1 Generalidades 7-1
7.2 Concepto Básico 7-1
7.2.1 Área de Planificación 7-1
7.2.2 Escala de Diseño de la Descarga de Sedimento 7-1
7.2.3 Punto de Control de Diseño 7-2
7.3 Producción y Descarga de Sedimentos de Diseño 7-3
7.3.1 Producción de Sedimento de Diseño (V10) 7-3
7.3.2 Descarga de Sedimento de Diseño (V30) 7-5
7.3.3 Descarga de Sedimento Permisible de Diseño (V40) 7-6
7.3.4 Exceso de Descarga de Sedimento de Diseño (V50) 7-6
7.4 Plan de Estructuras para el Control de Erosión 7-6
7.4.1 Concepto Básico 7-6
7.4.2 Plan de Localización de Estructuras 7-8
7.5 Area de Peligro Potencial por Flujo de Avalanchas 7-11

CAPITULO 8 SEDIMENTOLOGIA 8-1
8.1 Generalidades 8-1
8.2 Condiciones de Flujo de Sedimento en los Ríos 8-1
8.2.1 Patrón de los Flujos de Sedimento de los Ríos 8-2
8.2.2 Materiales del Lecho de Río de los Ríos 8-3
8.3 Balance de Descarga de Sedimento de los Ríos 8-3
8.3.1 Simulación de Sedimento del Plan Maestro de Estudio 8-4
8.3.2 Simulación de Sedimento del Estudio de Factibilidad 8-7

CAPITULO 9 MEDIDAS PARA MITIGACION DE INUNDACIONES 9-1
9.1 Generalidades 9-1
9.2 Condiciones Existentes de los Ríos 9-2

9.3 Medidas para la Mitigación de Inundaciones 9-4
9.3.1 Concepto Básico 9-4
9.3.2 Medidas Estructurales 9-5

CAPITULO 10 TRABAJOS DE LADERAS 10-1
10.1 Generalidades 10-1
10.2 Uso de la Tierra y Rango de Pendientes 10-2
10.3 Trabajos de Laderas 10-2
10.3.1 Area Piloto para los Trabajos de Laderas 10-2
10.3.2 Trabajos de Laderas Propuestos 10-3

CAPITULO 11 PLAN MAESTRO 11-1
11.1 Generalidades 11-1
11.2 Medidas Estructurales 11-2
11.2.1 Medidas de Control de la Erosión y Sedimentación 11-2
11.2.2 Estructuras para la Mitigación de las Inundaciones 11-4
11.3 Medidas No Estructurales 11-6
11.4 Estimación del Costo 11-7
11.4.1 Condiciones Básicas 11-7
11.4.2 Costo del Proyecto 11-9
11.5 Programa de Implementación 11-10
11.5.1 Generalidades 11-10
11.5.2 Componente Propuesto 11-11
11.6 Evaluación del Proyecto 11-11
11.6.1 Condiciones de la Evaluación 11-11
11.6.2 Costos Económicos 11-12
11.6.3 Beneficio Económico 11-12
11.6.4 Evaluación Económica de los Proyectos Alternativos 11-13
11.6.5 Impactos Socio-Económicos Intangibles 11-14
11.6.6 Impacto Ambiental 11-16
11.6.7 Evaluación del Proyecto 11-17

CAPITULO 12 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL RIO CHOLOMA 12-1
12.1 Generalidades 12-1
12.2 Medidas de Control de Erosión y Sedimentación 12-1
12.2.1 Conceptos Básicos 12-1
12.2.2 Plan de Estructura 12-2
12.2.3 Estructuras Urgentes 12-5

12.3 Medidas de Mitigación de Inundación 12-8
12.3.1 Concepto Básico 12-8
12.3.2 Plan de Estructura 12-10
12.3.3 Estructuras Urgentes 12-12
12.4 Estimación de Costos 12-13
12.4.1 Condiciones Básicas 12-13
12.4.2 Costo del Proyecto 12-13
12.5 Programa de Ejecución 12-15
12.5.1 Generalidades 12-15
12.5.2 Condiciones Básicas 12-16
12.5.3 Programa de Implementación 12-16
12.6 Evaluación del Proyecto 12-17
12.6.1 Evaluación Económica 12-17
12.6.2 Impactos Ambientales del Proyectos 12-19
12.6.3 Evaluación del Proyecto 12-20

CAPITULO 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 13-1
13.1 Conclusiones 13-1
13.2 Recomendaciones 13-1

Apéndice A Lista de Participantes
Apéndice B Minutas de Reunión
Apéndice C Lista de Referencia de los Datos Recolectados

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2.1 Temperatura Promedio Mensual (La Mesa) 2-6

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Datos Disponibles de Precipitaciones Diarias (1)~(2) 3-7
Tabla 3.2 Niveles Máximos de Agua y Descarga Anuales (Río Ulua y Río Chamelecon) 3-9
Tabla 3.3 Precipitaciones Promedio Mensual en La Mesa 3-10
Tabla 3.4 Precipitaciones Promedio Mensual en El Modelo 3-11
Tabla 3.5 Precipitaciones Promedio Mensual en Puerto Cortés 3-12
Tabla 3.6 Precipitaciones Promedio Mensual en Omoa 3-13
Tabla 3.7 Precipitaciones Diaria Mensuales en La Mesa (1)~(2) 3-14
Tabla 3.8 Precipitaciones Diaria Mensuales en Puerto Cortés 3-16
Tabla 3.9 Precipitaciones de 6 Horas Máxima Mensual en La Mesa (1)~(2) 3-17
Tabla 3.10 Precipitaciones de 1 Hora y 2 Horas Máximas Anuales en La Mesa 3-19
Tabla 3.11 Resultados de Análisis de Frecuencia (Precipitación Diaria en La Mesa y Puerto Cortés) 3-20
Tabla 3.12 Resultados de Análisis de Frecuencia (Precipitación de 6 Horas en La Mesa) 3-21
Tabla 3.13 Resultados de Análisis de Frecuencia (Precipitación de 1 y 2 Horas en La Mesa) 3-22
Tabla 3.14 Area de Captación de Sub-cuenca 3-23
Tabla 3.15 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 100 Años) 3-24
Tabla 3.16 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 50 Años) 3-25
Tabla 3.17 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 30 Años) 3-26
Tabla 3.18 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 10 Años) 3-27

Tabla 3.19 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 5 Años) 3-28
Tabla 3.20 Resultados de Simulación de Escorrentía por el Método del Hidrograma Unitario (Período de Retorno de 2 Años) 3-29
Tabla 3.21 Descarga de Inundación Pico Probable del Patrón C de Precipitaciones (Sistema Actual de Ríos) 3-30
Tabla 3.22 Descarga de Inundación Pico Probable del Patrón C de Precipitaciones (Sistema Alternativo de Ríos) 3-31
Tabla 3.23 Descarga Pico Simulada del Huracán Fiff 3-32

CAPITULO 4

Tabla 4.1 Producto Bruto Interno (PBI) y Producto Nacional Bruto (PNB), 1987 - 1991 4-7
Tabla 4.2 Balanza de Pagos Internacionales, 1989 - 1991 4-7
Tabla 4.3 Ingresos y Egresos del Gobierno Central, 1987 - 1991 4-8
Tabla 4.4 Superficie y Población de Honduras 4-9
Tabla 4.5 Superficie y Población del Departamento y Municipalidades Relacionadas con el Area de Estudio 4-10
Tabla 4.6 Censo de Población de Areas Urbanas y Rurales del Departamento de Cortés (1/2) - (2/2) 4-11
Tabla 4.7 Población, Número de Viviendas y Tamaño Promedio de las Familias en el Departamento de Cortés 4-12
Tabla 4.8 Estimaciones de Población y Número de Edificios en el Area de Estudio en 1992 4-12
Tabla 4.9 Uso del Suelo por la Cuenca del Río en el Area de Estudio en 1992 4-13
Tabla 4.10 Uso del Suelo en el Area de Estudio en 1992 4-13

CAPITULO 5

Tabla 5.1 Inundación de 1974 5-9
Tabla 5.2 Eventos y Tópicos Principales durante los Días del Fiff en Choloma 5-10
Tabla 5.3 Inundación de 1990 5-11
Tabla 5.4 Inundación anual 5-12
Tabla 5.5 Número de Edificios y Suelos Agrícolas Sumergidos por la Descarga Probable de la Inundación (1/2)~(2/2) 5-13

Tabla 5.6 Tasa Promedio de Edificaciones y Bienes Raíces (Basado en los precios de 1993) 5-15
Tabla 5.7 Costo Unitario de Producción y Cosecha Unitaria de la Producción Agrícola (Basado en los precios de 1993) 5-15
Tabla 5.8 Tasa de Daños a Propiedades Sumergidas por Inundaciones (1/2)~(2/2) 5-16
Tabla 5.9 (1/3) Resumen de Daños por Inundaciones en la Cuenca del Río Choloma 5-18
Tabla 5.9 (2/3) Resumen de Daños por Inundaciones en la Cuenca del Río Blanco 5-19
Tabla 5.9 (3/3) Resumen de Daños por Inundaciones en la Cuenca del Río El Sauce 5-20

CAPITULO 6

Tabla 6.1 Derrumbamientos Existentes 6-11
Tabla 6.2 Porcentaje de Areas Colapsadas Existentes 6-12
Tabla 6.3 Depósitos en el Cauce del Río 6-13
Tabla 6.4 Volúmen de Depósitos Inestables 6-14

CAPITULO 7

Tabla 7.1 Producción de Sedimentos en Areas Nuevas y Areas Derrumbadas en Expansión 7-12
Tabla 7.2 Cálculo de Descarga de Inundación 7-13
Tabla 7.3 Producción de Sedimentos Debido a la Erosión de la Ribera del Río 7-14
Tabla 7.4 Producción de Sedimentos de Diseño 7-15
Tabla 7.5 Sedimentos Básicos de Diseño 7-16
Tabla 7.6 Balance de Sedimentos Propuesto 7-17
Tabla 7.7 (1) Estructuras Propuestas (Río Choloma) 7-18
Tabla 7.7 (2) Estructuras Propuestas (Río Blanco) 7-19
Tabla 7.7 (3) Estructuras Propuestas (Río Santa Ana) 7-20
Tabla 7.7 (4) Estructuras Propuestas (Río Piedras) 7-21

CAPITULO 9

Tabla 9.1 Instalaciones Existentes para el Control de Inundaciones y Escombros (1)-(2) 9-12
Tabla 9.2 Cálculos de Nivel de Agua para Descarga Probable (1)-(3) 9-14
Tabla 9.3 Estructuras Alternativas Propuestas 9-17

CAPITULO 10

Tabla 10.1 Uso del Suelo en la Cuenca Alta 10-6
Tabla 10.2 Distribución de la Gradiente al lado de la Montaña en el Area de Estudio 10-7
Tabla 10.3 Clasificación de Gradientes en el Area de Pasto (m^2) 10-8

CAPITULO 11

Tabla 11.1 Facilidades Propuestas de Plan Maestro 11-19
Tabla 11.2 Precio Unitario de Materiales Típicos 11-20
Tabla 11.3 Salarios de la Mano de Obra 11-21
Tabla 11.4 Costo del Terreno 11-22
Tabla 11.5 Resumen del Costo Unitario de Construcción 11-23
Tabla 11.6 Costo de Construcción del Río Choloma (P/M) 11-24
Tabla 11.7 Costo de Construcción del Río Blanco y el Río El Sauce (P/M) 11-25
Tabla 11.8 Costo de Construcción del Río Blanco (P/M) 11-26
Tabla 11.9 Costo de Construcción del Río El Sauce (P/M) 11-27
Tabla 11.10 Resumen de Costos Económicos de Construcción de los Proyectos de Choloma, Blanco y El Sauce (Período de Retorno : 50 Años) 11-28
Tabla 11.11 Resumen de Costos Económicos de Construcción de los Proyectos de Choloma, Período de Retorno : 2, 5, 30, 50 y 100 Años) 11-28

CAPITULO 12

Tabla 12.1 Balance de Sedimentos Propuestos (Cuenca del Río Choloma) 12-22
Tabla 12.2 Estucturas Propuestas de Control de la Erosión (Cuenca del Río Choloma) (1)~(2) 12-23
Tabla 12.3 Balance de Sedimentos de las Estructuras Urgentes 12-25
Tabla 12.4 Costo de Construcción del Río Choloma (E/F-Plan a Largo Plazo) 12-26
Tabla 12.5 Costo de Construcción para la Evaluación Económica del Río Choloma (E/F-Frecuencia de Inundación de 50 Años) 12-27
Tabla 12.6 Programa de Desembolsos del Río Choloma (E/F-Plan a Largo Plazo) 12-28

Tabla 12.7 Costo de Construcción del Río Choloma (E/F-Plan de Emergencia) 12-29
Tabla 12.8 Flujo Anual de los Costos y Beneficios Económicos en el Río Choloma, Período de Retorno : 50 Años) 12-30

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Fig. 1.1. El Area de Estudio 1-6
Fig. 1.2 Mapa de Localización de Investigación Longitudinal y Seccional Transversal de Río 1-7
Fig. 1.3 Sitios de Muestreo para la Investigación de los Materiales de Lecho de Río Para Río Choloma, Río Blanco, Río El Sauce 1-8
Fig. 1.4 Mapa de Localización del Levantamiento Topográfico, Levantamiento Longitudinal y Sección Transversal del Río 1-9
Fig. 1.5 Localización del Levantamiento Topográfico y Secciones Tansversales 1-10
Fig. 1.6 Localización de Estudio de Nivelación 1-11
Fig. 1.7 Mapa de Localización de los Sitios de Investigación Geológica 1-12
Fig. 1.8 Sitios para Instalación de Pluviómetros y Miras de Nivelación de Río 1-13

CAPITULO 2

Fig. 2.1 Mapa Topográfico General del Area de Estudio 2-7
Fig. 2.2 Mapa Geológico 2-8
Fig. 2.3 (1) Area Cubierta por Mapa Topográfico Escala en 1 : 2,000 2-9
Fig. 2.3 (2) Area Cubierta por Mapa Topográfico Escala en 1 : 10,000 2-10
Fig. 2.3 (3) Area Cubierta por Mapa Topográfico Escala en 1 : 50,000 2-11
Fig. 2.4 Area Cubierta por Fotografías Aéreas (1)~(7) 2-12

CAPITULO 3

Fig. 3.1 Mapa de Localización de las Estaciones Hidrométricas (Precipitación y Nivel de Agua del Río) 3-33
Fig. 3.2 Análisis de Frecuencia de Precipitación Diaria en La Mesa 3-34

Fig. 3.3 Análisis de Frecuencia de Precipitación Diaria en Puerto Cortés 3-35
Fig. 3.4 Análisis de Frecuencia de Precipitación para 6 Horas en La Mesa 3-36
Fig. 3.5 Distribución de Precipitaciones Horarias del Huracán Fiff en Tela 3-37
Fig. 3.6 Razón de Precipitación Acumulada del Huracán Fiff en La Mesa y Tela 3-38
Fig. 3.7 Distribución de Precipitación Horaria Estimada del Huracán Fiff en La Mesa 3-39
Fig. 3.8 Registro de Distribución de Precipitaciones Horarias en La Mesa (1)~(2) 3-40
Fig. 3.9 Registro de Distribución de Precipitaciones Horarias en el Modelo 3-42
Fig. 3.10 Curva de Duración y Profundidad de Precipitación Acumulada 3-43
Fig. 3.11 Curva de Duración e Intensidad de Precipitación 3-44
Fig. 3.12 Sub División de la Cuenca de Drenaje 3-45
Fig. 3.13 Modelo de Sistema del Río para la Simulación de Escorrentía (Sistema de Río Actual) 3-46
Fig. 3.14 Modelo de Sistema del Río para la Simulación de Escorrentía (Sistema de Alterno) 3-47
Fig. 3.15 Patrones de Precipitación para Simulación de Escorretía 3-48
Fig. 3.16 Distribución de Descarga Pico Probable-Sistema Actual del Río (Patrón de Precipitación C) 3-49
Fig. 3.17 Distribución de Descarga Pico Probable - Sistema Alterno del Río (Patrón de Precipitación C) 3-50
Fig. 3.18 Diferencia del Hidrograma por el Patrón de Precipitación 3-51
Fig. 3.19 Hidrograma Probable de Inundación (Patrón Precipitación C) 3-52
Fig. 3.20 Diferencia del Hydrógrafo Mediante Alternativas 3-53
Fig. 3.21 Flujo Hidrógrafo Simulado del Huracán Fifi 3-54
Fig. 3.22 Distribución de Descarga Pico (Inundación en 50 Años/Sistema Actual de Ríos) 3-55
Fig. 3.23 Distribución de Descarga Pico (Inundación en 50 Años/Sistema Alternativo de Ríos) 3-56

CAPITULO 4

Fig. 4.1 Límites Administrativos del Area de Estudio 4-14

Fig. 4.2 Uso Actual de la Tierra en el Area de Estudio 4-15

CAPITULO 5

Fig. 5.1 Mapa de las Zonas Estudiadas en el Area del Río El Sauce y Río Blanco 5-21
Fig. 5.2 Mapa de los Puntos Estudiados en el Area del Río Choloma 5-22
Fig. 5.3 Mapa de Inundación en 1974 5-23
Fig. 5.4 Mapa de Inundación en 1990 5-24
Fig. 5.5 Mapa de Inundación Anual 5-25

CAPITULO 6

Fig. 6.1(1) Orden de Corriente (Río Choloma) 6-15
Fig. 6.1(2) Orden de Corriente (Río Blanco) 6-16
Fig. 6.1(3) Orden de Corriente (Río Santa Ana) 6-17
Fig. 6.1(4) Orden de Corrente (Río Piedras) 6-17
Fig. 6.2(1) Sistema de Río (Río Choloma) 6-18
Fig. 6.2(2) Sistema de Río (Río Blanco) 6-18
Fig. 6.2(3) Sistema de Río (Río Santa Ana) 6-19
Fig. 6.2(4) Sistema de Río (Río Piedras) 6-19
Fig. 6.3 Deslizamientos de Laderas Ocurridos en 1974 6-20
Fig. 6.4(1) Espesor de Sedimentos (Río Choloma Inundación de 1974) 6-21
Fig. 6.4(2) Espesor de Sedimentos (Río Blanco Inundación de 1974) 6-22
Fig. 6.5 Balance de Sedimentos del Río Choloma (Inundación de 1974) 6-23
Fig. 6.6(1) Distribución de los Depósitos Inestables Existentes (Río Choloma) 6-24
Fig. 6.6(2) Distribución de los Depósitos Inestables Existentes (Río Blanco) 6-25
Fig. 6.6(3) Distribución de los Depósitos Inestables Existentes (Río Santa Ana y Río Piedras) 6-26
Fig. 6.6(4) Distribution de los Depósitos Inestables Existentes (Parte Sur del Area de Estudio) 6-27
Fig. 6.6(5) Distribucion de los Depósitos Inestables Existentes (Parte Norte del Area de Estudo) 6-28

CAPITULO 7

Fig.7.1 Punto de Control 7-22

Fig.7.2 Concepto de Diseño para la Producción de Sedimentos 7-23
Fig.7.3 Coeficiente de la Teoría del Régimen Hidráulico 7-23
Fig.7.4 (1) Ubicación de las Facilidades de Control de Erosión y Secuencia de Prioridad (Río Choloma) 7-24
Fig.7.4 (2) Ubicación de las Facilidades de Control de Erosión y Secuencia de Prioridad (Río Blanco) 7-25
Fig.7.4 (3) Ubicación de las Facilidades de Control de Erosión y Secuencia de Prioridad (Río Santa Ana) 7-26
Fig.7.4 (4) Ubicación de las Facilidades de Control de Erosión y Secuencia de Prioridad (Río Piedras) 7-26
Fig.7.5 (1) Perfil Longitudinal de la Disposición de Facilidades de Control de Erosión (Río Choloma) 7-27
Fig.7.5 (2) Perfil Longitudinal de la Disposición de Facilidades de Control de Erosión (Río Blanco) 7-28
Fig.7.5 (3) Perfil Longitudinal de la Disposición de Facilidades de Control de Erosión (Río El Sauce) 7-29
Fig.7.6 Area Peligrosa con Potencial para el Flujo de Escombros (1) - (4) 7-30

CAPITULO 8

Fig.8.1 Patrones de Flujo de Sedimentos del Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce..... 8-11
Fig.8.2 Sitios de Muestreo de los materiales del lecho del río. Investigaciones para el Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce..... 8-12
Fig.8.3 Variación Longitudinal del Diámetro de los Materiales del Lecho del Río (1/3)-(3/3) 8-13
Fig.8.4 Combinación del Mejoramiento del Río y Control de Sedimentación y Erosión para Caso 1-2 Río Choloma (con Proyecto) 8-16
Fig.8.5 Combinación del Mejoramiento del Río y Control de Sedimentación y Erosión para Caso 2-2 Río Blanco (con Proyecto) 8-17
Fig.8.6 Combinación del Mejoramiento del Río y Control de Sedimentación y Erosión para Caso 3-2 Río El Sauce (con Proyecto) 8-18
Fig.8.7 Combinación del Mejoramiento del Río y Control de Sedimentación y Erosión para Caso 4-1 Plan de Derivación del Río Blanco 8-19

Fig.8.8 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Choloma (Caso 1-1 sin Proyecto) 8-20
Fig.8.9 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Choloma (Caso 1-2 con Proyecto) 8-21
Fig.8.10 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Blanco (Caso 2-1 sin Proyecto) 8-22
Fig.8.11 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río El Sauce (Caso 3-1 sin Proyecto) 8-23
Fig.8.12 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Santa Ana/Bermejo (Caso 3-1 sin Proyecto) 8-24
Fig.8.13 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Piedras (Caso 3-1 sin Proyecto) 8-25
Fig.8.14 Resultados de Simulación del Río El Sauce (Caso 3-2 sin Proyecto) 8-26
Fig.8.15 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Santa Ana/Bermejo (Caso 3-2 sin Proyecto) 8-27
Fig.8.16 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Piedras (Caso 3-2 sin Proyecto) 8-28
Fig.8.17 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Blanco (Caso 4-1 con Derivación) 8-29
Fig.8.18 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río El Sauce (Caso 4-1 con Derivación) 8-30
Fig.8.19 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Santa Ana/Bermejo (Caso 4-1 con Derivación) 8-31
Fig.8.20 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Piedras (Caso 4-1 con Derivación) 8-32
Fig.8.21 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Choloma (E/F Caso 1 sin Proyecto) 8-33
Fig.8.22 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Choloma (E/F-Caso 2 con Proyecto a Largo Plazo) 8-34
Fig.8.23 Resultados de Simulación de Sedimentos del Río Choloma (E/F-Caso 3 con Proyecto Urgente) 8-35

CAPITULO 9

Fig.9.1 Sistema de Río del Area de Estudio 9-18
Fig.9.2(1) Sistema de Río del Río Choloma y los Canales Aguas Abajo 9-19
Fig.9.2(2) Sistema de Río del Río Blanco y Canal San Roque 9-20
Fig.9.2(3) Sistema de Río del Río El Sauce 9-21

Fig.9.3(1) Perfil Longitudinal del Río Choloma y de los Canales Aguas Abajo 9-22
Fig.9.3(2) Perfil Longitudinal del Río Blanco y Canal San Roque 9-23
Fig.9.3(3) Perfil Longitudinal del Río El Sauce 9-24
Fig.9.4 Estructuras Existentes para Control de Inundación y Plan de Estructuras 9-25
Fig.9.5 Area de Inundación Estimada por Escala de Inundación 9-26
Fig.9.6 Diseño Longitudinal Seccional del Río Choloma 9-27
Fig.9.7 Estructuras y Mitigación de Inundaciones Propuestas y Diseño de Secciones Transversales del Río Choloma 9-28
Fig.9.8 Rasgos Principales de Alternativas del Sistema de Río 9-29
Fig.9.9 Diseño Longitudinal Seccional del Río Blanco (Alternativa 1) 9-30
Fig.9.10(1) Diseño Longitudinal Seccional del Río Blanco y Río El Sauce (Alternativa 1, Alternativa 2) 9-31
Fig.9.10(2) Diseño Longitudinal Seccional del Canal de Desviación 9-32
Fig.9.11 Estructuras de Mitigación de Inundación Propuestas del Río Blanco y Río El Sauce (Alternativa 1) 9-33
Fig.9.12 Estructuras de Mitigación de Inundación Propuestas del Río Blanco y Río El Sauce (Alternativa 2) 9-34

CAPITULO 10

Fig. 10.1 Mapa de Uso de la Tierra 10-9
Fig. 10.2 Mapa de Gradientes (Cuenca Superior) 10-10
Fig. 10.3 Mapa de Localización del Area de Trabajos de Laderas 10-11
Fig. 10.4 Condiciones Topográficas del Area Piloto de Trabajo 10-12
Fig. 10.5 Condiciones del Uso de la Tierra en el Area de Trabajos de Laderas Piloto 10-13
Fig. 10.6 Plan General de Acequias y Trincheras de Contorno de Laderas 10-14
Fig. 10.7 Plan General de Trabajos de Ladera 10-15

CAPITULO 11

Fig. 11.1 Plan Maestro Propuesto 11-29

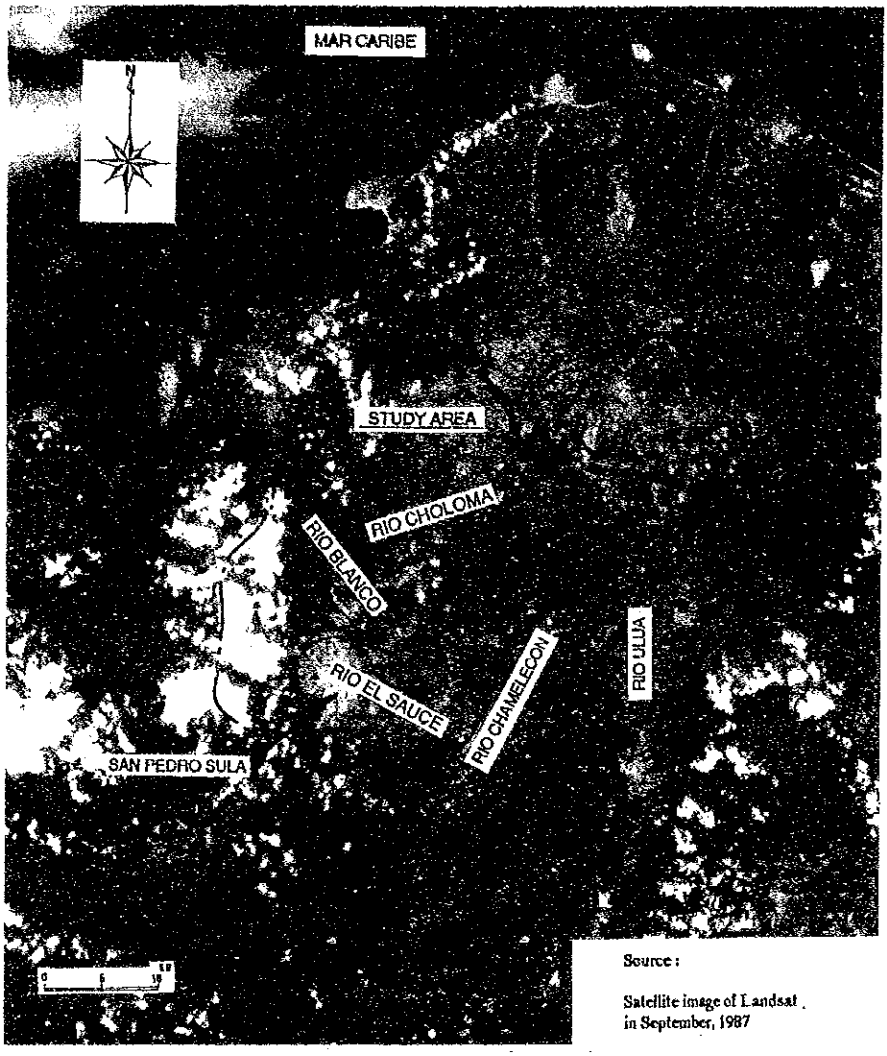
CAPITULO 12

Fig. 12.1 Ubicación de las Facilidades de Control de Erosión 12-31
Fig. 12.2 Sección de Diseño Longitudinal de las Facilidades de Control de la Erosión (1) - (3) 12-32

Fig. 12.3 Balance de Sedimentos en la Cuenca del Río Choloma 12-35
Fig. 12.4 Curso Histórico Corriente Principal del Río Choloma 12-36
Fig. 12.5 Curso Histórico de la Corriente Principal (Cerca de la Presa de Consolidación Nº 1) 12-37
Fig. 12.6 Localización de Obras de Consolidación (Río La Jutosa) 12-38
Fig. 12.7 Diseño Longitudinal Seccional de Obras de Consolidación (Río La Jutosa) 12-39
Fig. 12.8 Localización de Obras de Consolidación (Río Choloma) (1) - (3) 12-40
Fig. 12.9 Diseño Longitudinal Seccional de Obras de Consolidación (Río Choloma) 12-43
Fig. 12.10 Resultados de los Cálculos de Flujos No-Uniformes (1) - (4) 12-44
Fig. 12.11 Presa de Consolidación Nº 1 Propuesta 12-46
Fig. 12.12 Dique Guia Propuesto 12-47
Fig. 12.13 Presa de Consolidación Nº 7 Propuesta 12-48
Fig. 12.14 Presa de Chequeo Nº 1 Propuesta (Presa Majaine) 12-49
Fig. 12.15 Presa de Chequeo Nº 9 Propuesta (Presa Jutosa) 12-50
Fig. 12.16 División de la Cuenca del Río Choloma 12-51
Fig. 12.17 Modelo de Sistema de Río para la Cuenca del Río Choloma 12-52
Fig. 12.18 Hidrograma de Inundación Simulado del Río Choloma 12-53
Fig. 12.19 Distribución de Descarga Pico del Río Choloma (Inundación en 50 años)) 12-54
Fig. 12.20 Perfil del Río Choloma (Existente) (1) - (2) 12-55
Fig. 12.21 Mejoramiento del Río Propuesto para el Río Choloma (1) - (4) 12-57
Fig. 12.22 Diseño del Perfil del Río Choloma (1) - (2) 12-61
Fig. 12.23 Diseño de las Secciones Transversales del Río Choloma 12-63
Fig. 12.24 Estructuras Propuestas a Largo Plazo y Plan Urgente para el Río Choloma 12-64
Fig. 12.25 Diseño de las Secceiones Transversales del Río Choloma (1)-(3) 12-65
Fig. 12.26 Seccieon del Muro de Contención Estándar (Albañilería Húmeda y Guijarro) 12-68
Fig. 12.27 Trabajos Propuestos para la Rehabilitación del Puente de la Carretera 12-69
Fig. 12.28 Reconstrucción Propuesta del Puente del Ferrocarril 12-70

ABREVIATURAS

BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica
COHDEFOR	Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
COPECO	Comité Permanente de Emergencia y Contingencia
DGOP	Dirección General de Obras Públicas de SECOPT
DIMA	División Municipal de Aguas de San Pedro Sula
FAO	Organización para la Alimentación y Agricultura
PIB	Producto Interno Bruto
PNB	Producto Nacional Bruto
GDH	Gobierno de Honduras
GDJ	Gobierno de Japón
HARZA-CINSA	Consorcio de Consultores que llevaron a cabo el Plan Maestro del Valle de Sula en 1979
INA	Instituto Nacional Agrario
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
JRD	Junta Regional de Desarrollo
SECPLAN	Secretaría de Planificación, Coordinación y Presupuesto
SECOPT	Secretaría de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte
SHC	Servicio Hidrológico Climatológico
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
TRRC	Tela Railroad Company
UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



Source :

Satellite image of Landsat in September, 1987

AREA DE ESTUDIO Y VALLE DE SULA

CAPITULO 1
INTRODUCCION

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Este el Informe Final preparado para el Estudio de Plan Maestro sobre el Control de la Erosión y Sedimentación en la Cuenca Piloto, Choloma, San Pedro Sula, Cortés en la República de Honduras. Este informe cubre los resultados del estudio realizado de Agosto de 1992 hasta Octubre de 1993.

El área de estudio está ubicado en la parte norte de Honduras. Esta cubre un área de 717 kilómetros cuadrados en el Valle Sula y se extiende a través de cuatro Municipalidades: San Pedro Sula, Choloma, La Lima y Puerto Cortés los cuales están incluídos en el Departamento de Cortés. El área de estudio está caracterizado por la existencia de amplios y fértiles valles rodeados por montañas acantiladas, proporcionando una condición favorable para la producción agrícola. En efecto, en esta zona la agricultura está bien desarrollada, especialmente en las plantaciones de bananos y caña de azúcar, lo mismo ocurre con la ganadería.

San Pedro de Sula es la segunda ciudad más grande de Honduras y está formada por las zonas industriales y comerciales más grandes del país. De igual forma, en años recientes, la ciudad de Choloma y áreas aledañas se han desarrollado rápidamente como una gran zona industrial. El área produce variados productos de primera necesidad y materias primas industriales en fábricas de pequeña y mediana escala, las cuales fueron estimadas en un número de 1,500 en el año de 1992. La población total de las cuatro municipalidades se incrementó rápidamente de 281,247 en 1974 a 500,866 en el año de 1988.

Además, por el área de estudio atraviesan las carreteras nacionales (CA-5, CA-13) y el ferrocarril nacional, así como también muchos caminos regionales se distribuyen en esta área. El volumen de tráfico diario fue estimado en cerca de 7,400 vehículos entre San Pedro Sula y Choloma y de aproximadamente 8,200 vehículos entre San Pedro Sula y La Lima, de acuerdo al estudio de tráfico realizado en 1991. La ruta CA-5 conecta la ciudad de Tegucigalpa con Puerto Cortés a través de San Pedro Sula y Choloma. Es un camino troncal para el transporte de pasajeros ya sea por negocio o turismo, exportación e importación de bienes en Puerto Cortés y mercedería para el uso doméstico.

Sin embargo el área de estudio es extremadamente vulnerable a los problemas de erosión, sedimentación e inundación. Debido a los desastres de sedimentación e

inundación, el área de estudio ha sufrido severos flujos de sedimento e inundaciones de los ríos pilotos.

Debido al huracán Fifi, infraestructuras tales como carreteras del estado conectando el principal puerto de Puerto Cortés a las grandes ciudades incluyendo a Tegucigalpa, estuvieron dañadas por un tiempo.

En 1974, el huracán Fifi causó daños catastróficos de sedimentación e inundación al valle Sula. La mayor parte del suelo del valle estuvo sumergido durante un promedio de 10 días. Cuantiosas casas fueron arrastradas por la inundación y no menos de 10,000 muertos fueron reportados en las áreas de San Pedro Sula y Choloma. También causó miles de colapsos de pendientes de colinas en las áreas de la montaña Merendón y en las áreas de San Pedro Sula y Choloma.

El huracán Fifi causó severos flujos de escombros y sedimentos los cuales enterraron pueblos, arrastraron el puente de la carretera nacional y el puente del ferrocarril así como también dañaron el área urbana. Se reportaron tanto como 2,500 personas desaparecidas por los flujos de avalancha y 20,000 personas fueron dañadas o heridas por las inundaciones en el área de Choloma.

De acuerdo a la interpretación de las fotografías aéreas tomadas poco después del paso del huracán Fifi y a la investigación en el campo, se identificó que el huracán Fifi causó el colapso de aproximadamente el 10% de las pendientes montañosas en la cuenca del Río Choloma. Los depósitos de sedimentos causados por las inundaciones debido al huracán fueron estimados en cerca de 6,500,000 metros cúbicos en la cuenca del Río Choloma. Desde ese entonces una gran cantidad de sedimentos proveniente de las montañas han estado bloqueando los cauces de los ríos y causando inundaciones corriente abajo.

El Gobierno de Honduras (GDH) ha puesto una gran prioridad a la estabilización y desarrollo del valle de Sula. El Presidente, Rafael Leonardo Callejas, estableció la comisión del valle de Sula en 1990 por orden ejecutiva para mejorar el desarrollo del valle de Sula. El Presidente también apoya la legislación que establecerá la autoridad del valle de Sula.

GDH solicitó al Gobierno de Japón (GDJ) conducir un estudio de desarrollo en las medidas de control de la erosión y sedimento. En respuesta al pedido de GDH, GDJ decidió llevar a cabo un Estudio de Plan Maestro sobre el control de erosión y sedimentación en la Cuenca Piloto, Choloma, San Pedro Sula y Cortés. La Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), que es la agencia oficial responsable de la implementación de los programas de cooperación técnica del GDJ, fue asignada a

tomar el estudio con la cooperación de SECOPT y otras autoridades del GDH. El alcance del trabajo fue acordado entre SECOPT y la misión de JICA el 16 de diciembre de 1991.

El estudio consiste de dos fases con sus respectivos períodos y objetivos, tal como se indican a continuación:

Fase 1: Estudio de Plan Maestro (de agosto de 1992 a marzo de 1993)

Fue llevado a cabo el estudio del plan maestro sobre el control de la erosión y la sedimentación para las cuencas piloto de los Ríos Choloma, Blanco y El Sauce y se propuso un plan óptimo para la mitigación de los problemas de sedimentación e inundación en el área de estudio, propuesta en el informe interino (marzo de 1993). Entre las tres cuencas pilotos, la cuenca del Río Choloma fue identificada como el área prioritaria para un estudio de factibilidad.

La Dirección General de Obras Públicas (DGOP) de SECOPT asignó un grupo de cinco personas contrapartes a tiempo completo durante el estudio en Honduras

Fase 2: Estudio de Factibilidad (de mayo a diciembre de 1993)

El estudio de factibilidad para el Río Choloma ha sido conducido desde mayo de 1993. Durante el estudio ha sido propuesto un plan urgente para una rápida implementación.

DGOP asignó al equipo de estudio cuatro personas contrapartes a tiempo completo durante el estudio en Honduras.

1.2 Objetivos del Estudio

Los objetivos del estudio se resumen a continuación:

(1) Formular un Plan Maestro de las medidas de control de la erosión y sedimentación para las cuencas piloto y sus áreas inundadas y recomendar medidas de control para las áreas aledañas al área de estudio.

(2) Conducir un estudio de factibilidad de las medidas urgentes de control de erosión y sedimento para el área de prioridad que se identificó en el Plan Maestro.

(3) Transferir tecnología al personal contraparte por medio de entrenamiento práctico durante el transcurso del estudio.

1.3 Area de Estudio

El área de estudio cubre aproximadamente 717 kilómetros cuadrados de la parte oeste del valle de Sula. El área está compuesta en mayor parte por las cuencas tributarias del Río Chamelecón, incluyendo el Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce.

El área de estudio consiste de las montañas del Merendón y el suelo del Valle de Sula. Las principales ciudades son San Pedro Sula, La Lima y Choloma que son los centros principales de agricultura, industria y actividad comercial en el Valle de Sula. El área de estudio se muestra en la *Fig.* 1.1

1.4 Acercamiento General

El estudio se ha efectuado con la colaboración de las contrapartes de DGOP y otras autoridades gubernamentales. A fin de crear medidas óptimas para mitigar los daños de sedimentación e inundación se realizaron inspecciones en el campo y se hicieron estudios sobre la situación de los daños causados por los flujos de avalanchas e inundaciones, incluyendo la del huracán Fifi.

1.5 Trabajos de Campo Suplementarios

Con la finalidad de suplementar los datos e información disponibles junto con la investigación en el campo se ha realizado la siguiente inspección en el campo:

(1) Etapa del Plan Maestro (Fase 1)

- Estudio longitudinal y seccional transversal en los Ríos Choloma, Río Blanco y en el Río El Sauce.

- Inspección de la composición del lecho del río en tres sitios a lo largo de los Ríos Choloma, Blanco y El Sauce.

- Inspección encuesta acerca de los daños causados por las corrientes de flujos de avalanchas e inundaciones actuales.

  Los tramos de río en donde fueron conducidas las inspecciones, están mostrados en las *Figs.* 1.2 y 1.3.

(2) Etapa de Estudio de Factibilidad (Fase 2)

- Estudio de levantamiento topográfico de la cuenca del Río Choloma

- Estudio longitudinal y seccional transversal del Río en la cuenca del Río Choloma

- Estudio de nivelación en el área de inundación, corriente abajo del Río Choloma.

- Investigación geológica en las estructuras urgentes en la cuenca del Río Choloma.

- Estudio ecológico y de calidad de agua en el área de estudio.

Las áreas de inspección topográfica, las áreas de inspección de río y las áreas de inspección de lugar, son mostradas en las *Figs.* 1.4~1.6 respectivamente. El dato para las inspecciones está basado en la marca topográfica J-159 (EL37.4337 m) que se encuentra en la esquina sur-oeste del puente de la carretera nacional (Puente Choloma). En la *Fig.* 1.7 se muestran los sitios de la investigación geológica.

Los resultados de las inspecciones serán recopilados en el libro de datos.

1.6 Instalación de las Miras del Nivel de Aguas del Río y Pluviómetros Automáticos

Con la finalidad de mejorar la red de observación hidrológica existente, han sido instalados nueve (9) miras del nivel de aguas de río y seis (6) pluviómetros automáticos en la etapa de Estudio del Plan Maestro. Sus ubicaciones se muestran en la *Fig.* 1.8.

FIGURAS

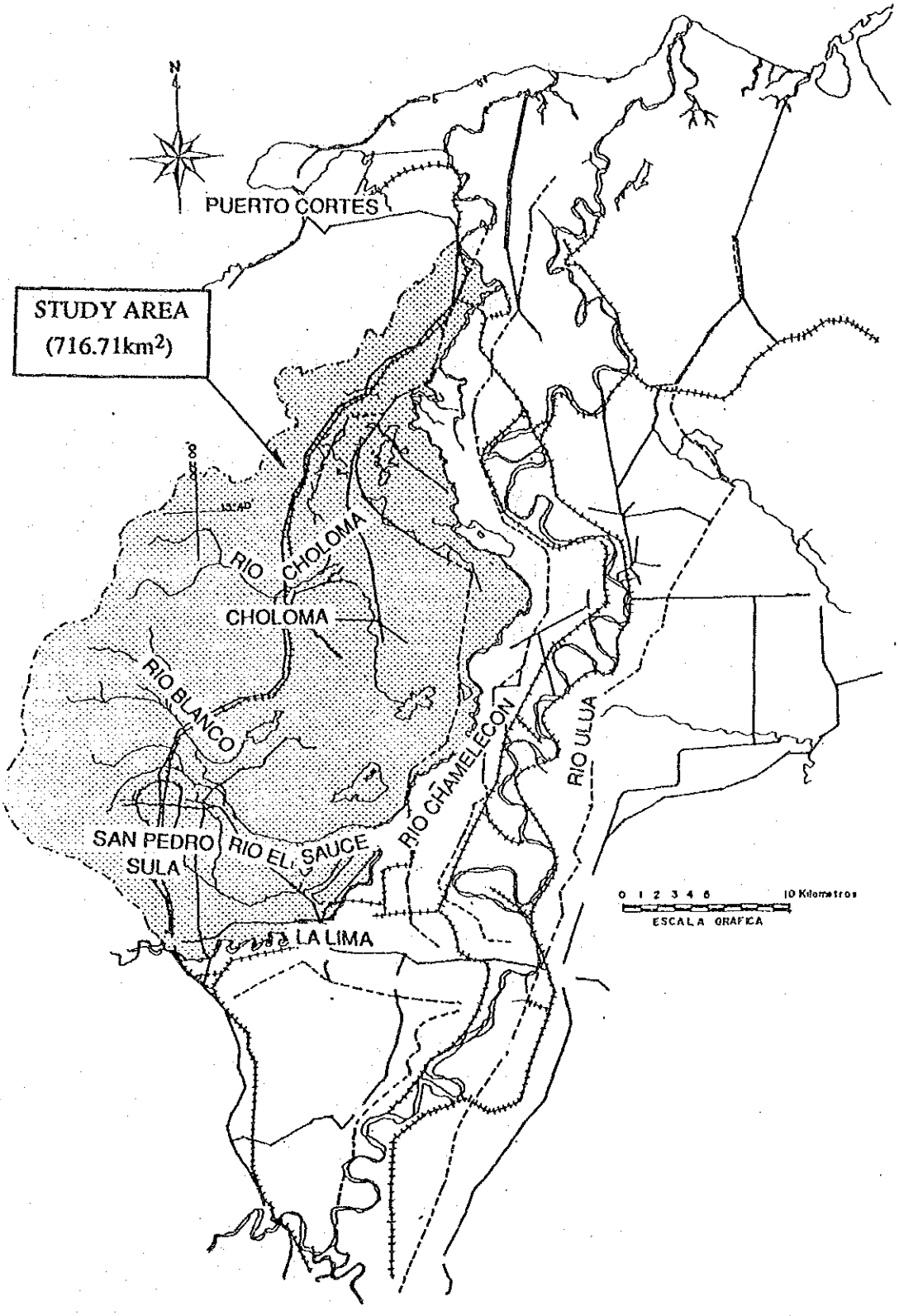


FIG. 1.1. EL AREA DE ESTUDIO

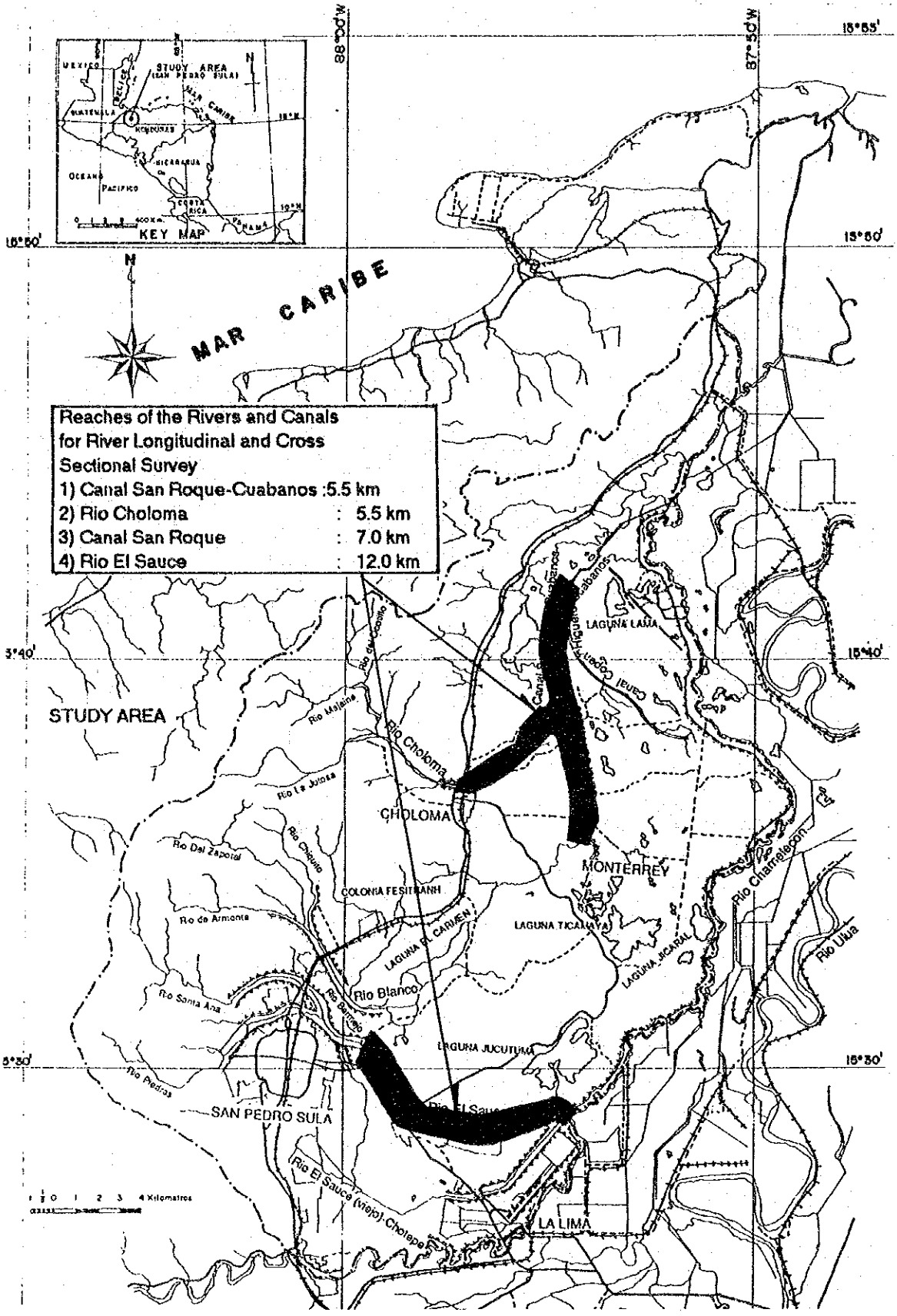


FIG. 1.2 MAPA DE LOCALIZACION DE INVESTIGACION LONGITUDINAL Y SECCIONAL TRANSVERSAL DE RIO

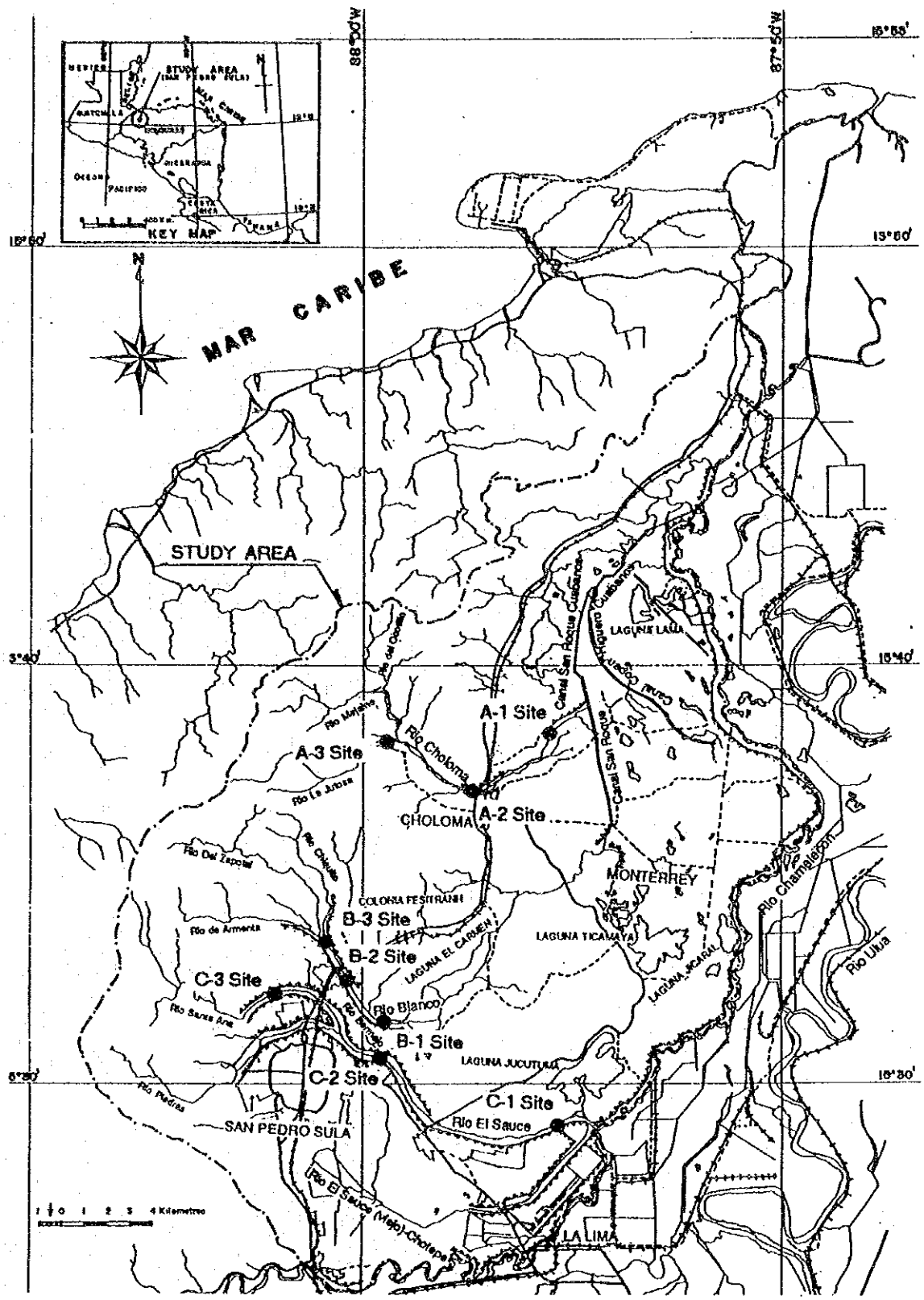


FIG. 1.3 SITIOS DE MUESTREO PARA LA INVESTIGACION DE LOS MATERIALES DE LECHO DE RIO PARA RIO CHOLOMA, RIO BLANCO, RIO EL SAUCE

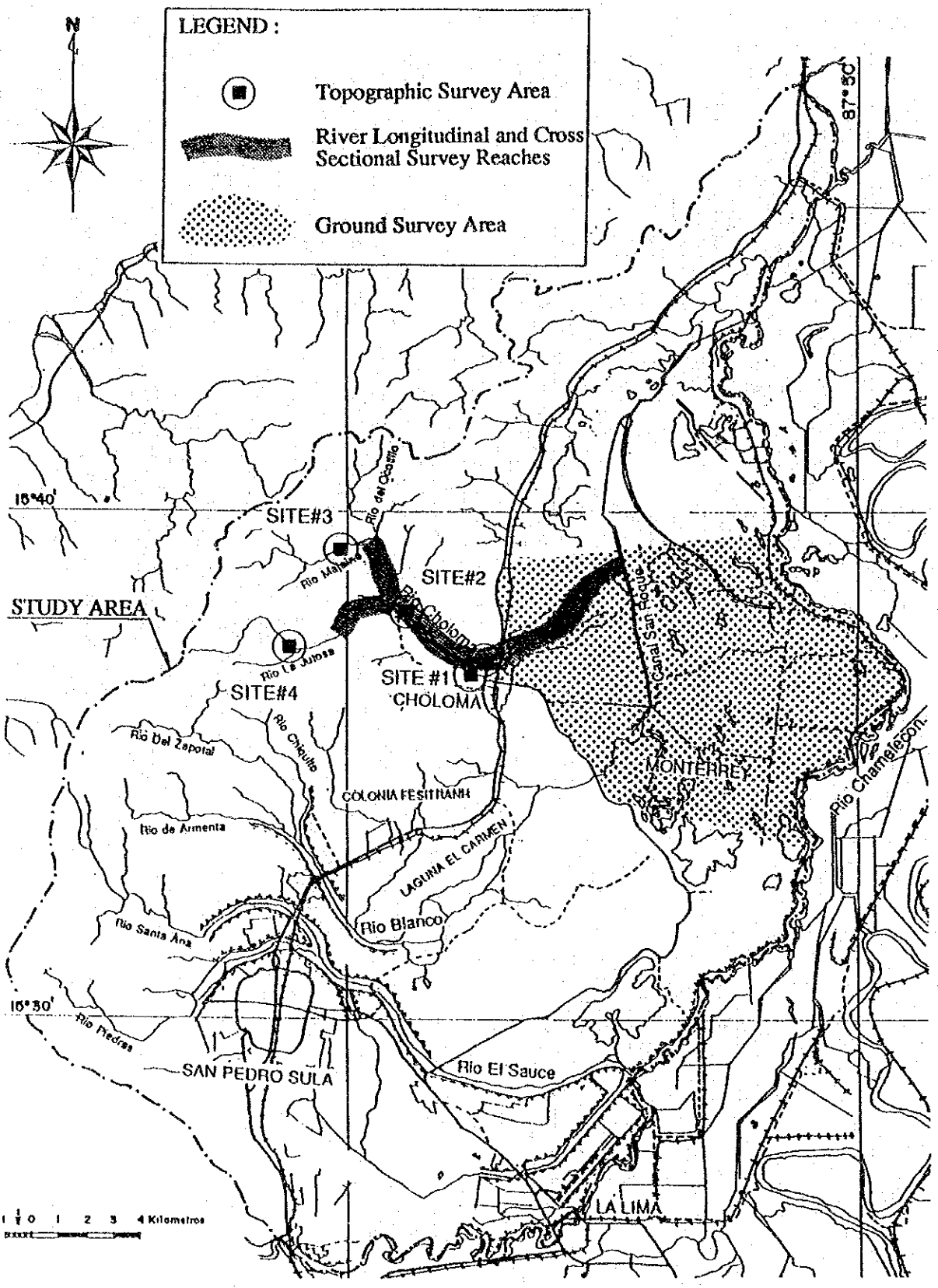


FIG. 1.4 MAPA DE LOCALIZACION DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, LEVANTAMIENTO LONGITUDINAL Y SECCION TRANSVERSAL DEL RIO

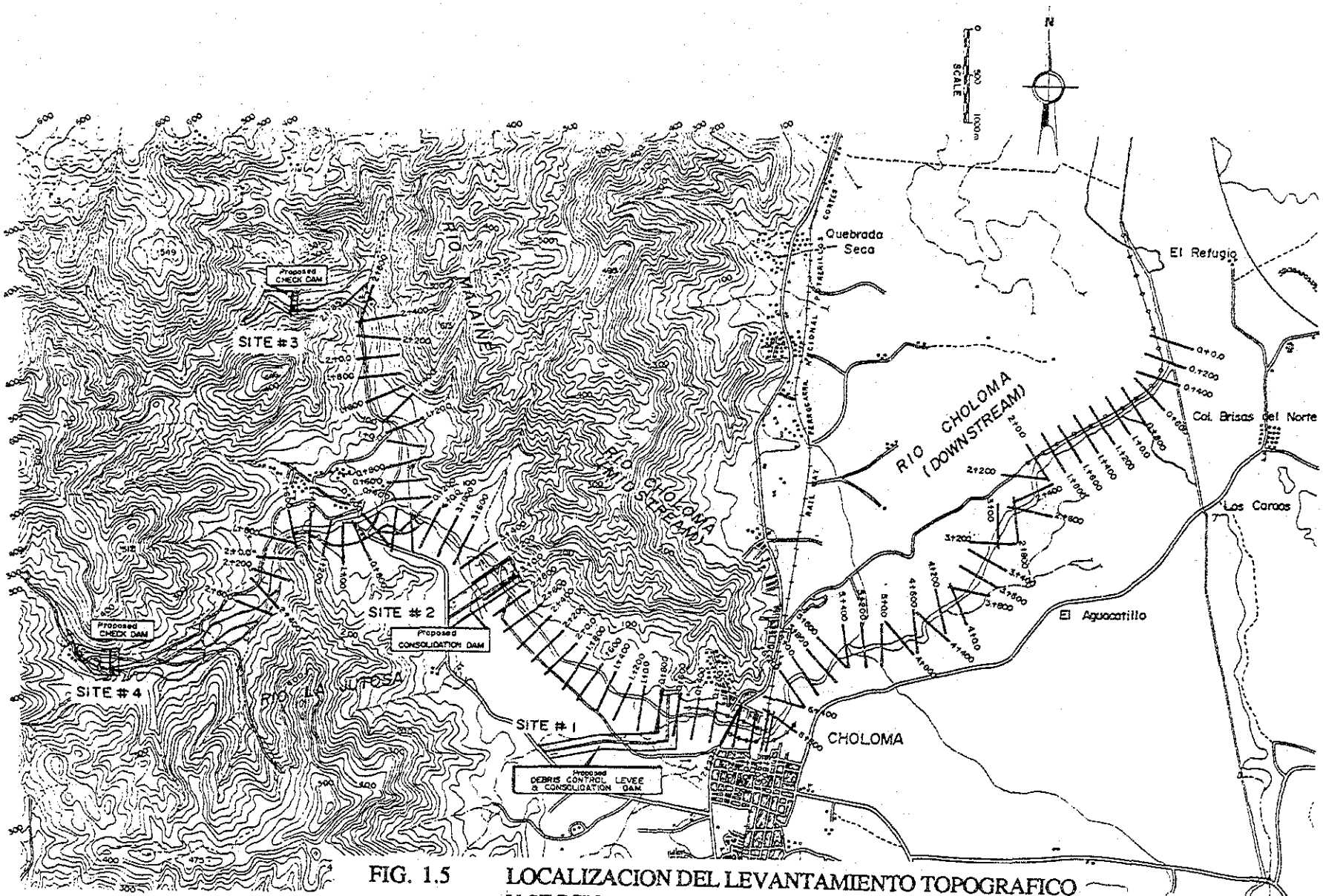


FIG. 1.5 LOCALIZACION DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y SECCIONES TANSVERSALES

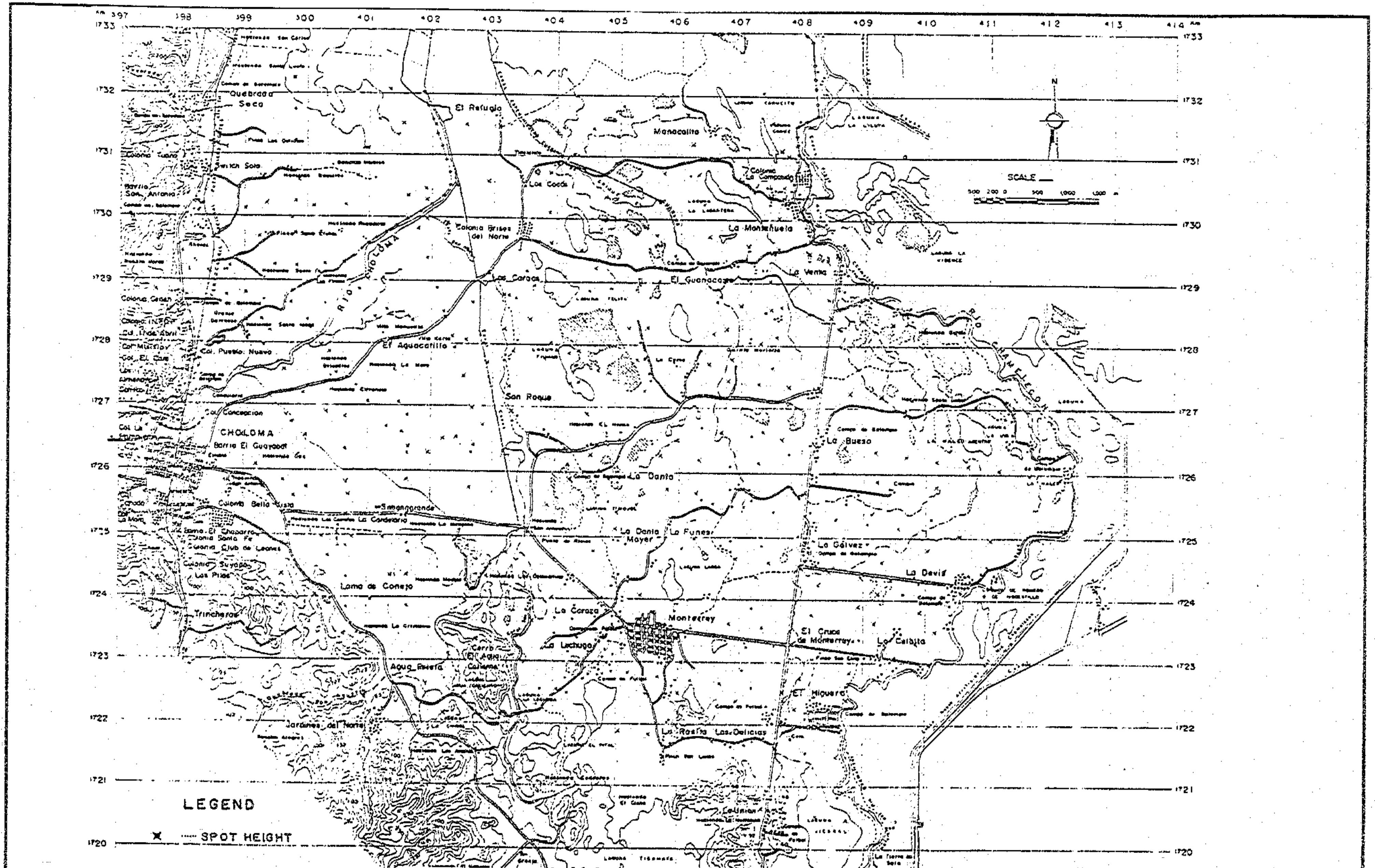


FIG. 1.6 LOCALIZACION DE ESTUDIO DE NIVELACION

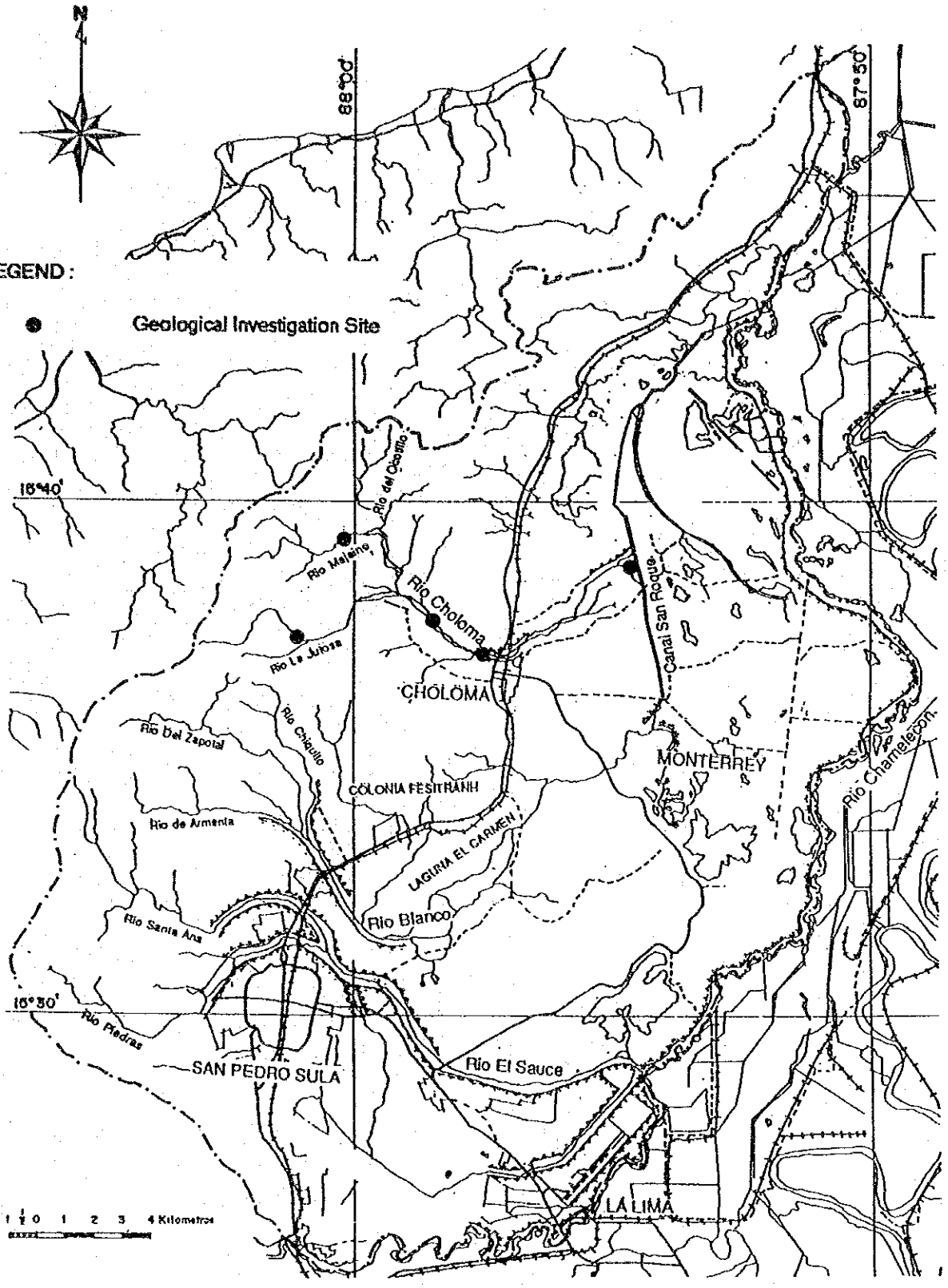


FIG. 1.7 MAPA DE LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE INVESTIGACION GEOLOGICA

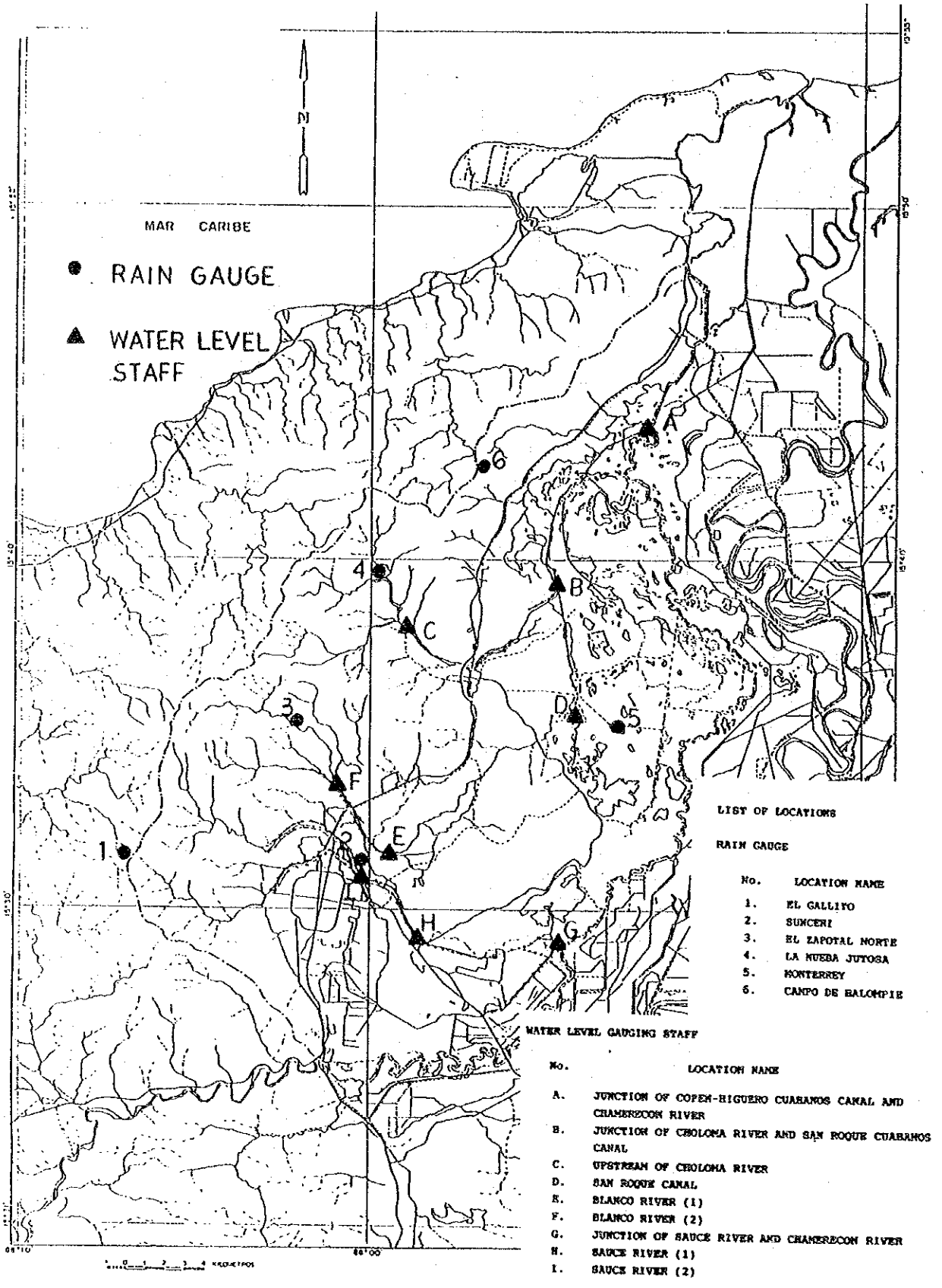


FIG. 1.8 SITIOS PARA INSTALACION DE PLUVIOMETROS Y MIRAS DE NIVELACION DE RIO

RIO CHOLOMA (1992)

RIO SANTA ANA (1992)

CAPITULO 2
CONDICIONES GENERALES

CAPITULO 2 CONDICIONES GENERALES

2.1 Geografía

El Area de Estudio cubre una parte del nor-oeste del Valle de Sula, formada por montañas escarpadas, abanico/conos aluviales y planicies aluviales. Las montañas del Merendón suben desde el Valle de Sula hasta una altura máxima de 1,700 metros sobre el nivel del mar y van formando pendientes muy inclinadas. De acuerdo con esta condición topográfica, los cauces de los ríos son muy inclinados en el área de la montaña, pero pasan a ser suaves en el área de la planicie aluvial. Terrazas aluviales se han formado a lo largo de los ríos en el área montañosa. Conos y abanicos aluviales se han formado en las salidas del valle.

La planicie aluvial consiste de planicies aluviales de faldas de montaña, lomas y planicies aluviales. Los abanicos aluviales se juntan en planicies aluviales de pendiente suave. Lomas de granito se encuentran entre el Río Chamelecón y las áreas urbanas de San Pedro Sula y Choloma. Las áreas urbanas de San Pedro Sula y Choloma están ubicadas en la parte superior de los abanicos aluviales, limitadas por la Cordillera de Merendón por el Oeste y el Norte.

El sistema de ríos en el Area de Estudio está compuesto por el Río Chamelecón y sus tributarios. Entre los tributarios principales se encuentran el Río Choloma, el Río Blanco y el Río El Sauce. (*Fig.* 2.1)

2.2 Condiciones Geológicas

El Area de Estudio está compuesta de roca metamórfica del Paleozoico, granito del Cretáceo Neógeno que interpenetró la roca paleozoica. Se están desarrollando ampliamente conos y abanicos aluviales en las áreas de la falda de la montaña y también una delgada capa de depósitos volcánicos piroclásticos se distribuye sobre las suaves pendientes y las cumbres de la parte sur de la Cordillera Merendón, en áreas muy limitadas. La roca metamórfica que se distribuye en la parte norte del Area de Estudio, y en la parte alta de los Ríos Choloma, Zapotal, y El Sauce, está compuesta principalmente de milonita granítica, migmatita y esquistos y parcialmente de gneis y mármol. El granito intrusivo se distribuye desde la mitad del curso de los Ríos Choloma y Zapotal hasta las bajas colinas de la margen oeste del Río Chamelecón que están localizadas en la parte sur-este del área de estudio.

En la parte nor-oeste del Area de Estudio, la falla de Chamelecón se dirige del NE al SO y entre las montañas al oeste de San Pedro Sula y la planicie, existe una falla normal

aproximadamente en paralelo con la falla de Chamelecón. De acuerdo con la interpretación de la fotografía aérea de partes altas en ambas cuencas de los ríos Choloma y Blanco, los alineamientos de río están desarrollados notablemente en paralelo con esas fallas o cruzándolas a ángulos rectos. Los alineamientos de río han desarrollado una estructura de mosaico, probablemente debido a pequeñas fallas. La distribución de rocas graníticas y las fallas son probablemente las principales razones del alto potencial de producción de sedimento de las cuencas del Río Choloma y el Río Blanco que en otras. Las condiciones geológicas del área de estudio se muestran en la *Fig.* 2.2.

2.3 Meteorología e Hidrológia

El área de estudio está, algunas veces, sujeta a la influencia de huracanes debido a que está ubicada en la extremidad sur del área afectada por huracanes.

El clima está clasificado como del tipo sabana, caracterizado por dos estaciones, estación húmeda y estación seca. La estación húmeda es de junio a diciembre. La precipitación anual es cercana a 1,200 mm en La Mesa - La Lima, la cual está ubicada en el suelo del valle del borde sur del área de estudio, y de 2,800 mm en el Puerto Cortés ubicado en el área costera el cual está cerca a los límites del borde norte. La cantidad de precipitación pluvial varía mucho en el área de estudio, especialmente entre el suelo del valle y las áreas costeras, pero datos meteorológicos e hidrológicos disponibles son aun muy limitados en el área de estudio desde el aspecto técnico.

Las temperaturas promedio mensuales, varían desde 24 grados centígrados en el período diciembre~enero a 28 grados centígrados en el período mayo~junio (*Tabla* 2.1).

2.4 Aspecto del Medio Ambiente

El medio ambiente total en el área de estudio está comprendido por dos (2) tipos de regiones marcadamente distintas, las regiones montañosas como la Montaña Merendón y las regiones bajas que incluyen el medio acuático asociado a las lagunas y terrenos húmedos. La línea de demarcación entre estas dos regiones podría tomarse aproximadamente en donde la carretera nacional atraviesa el área de estudio desde el norte hacia el sur, la cual enlaza San Pedro de Sula con Choloma y Puerto Cortés. El Area de Estudio de 717 km cuadrados está dividida entre el área montañosa de 304 km cuadrados y el área de terreno bajo de 413 km cuadrados.

Los terrenos montañosos de la Montaña Merendón pertenecen esencialmente a las tres asociaciones ecológicas, de bosque subtropical de montaña baja y húmeda, bosque

subtropical llovioso y bosque subtropical húmedo, mientras que la mayor parte del terreno bajo del Valle Sula pertenece a la transición del bosque tropical seco al bosque subtropical. Las áreas de colinas bajas y la base de la montaña Merendón, incluyendo las áreas urbanas de San Pedro Sula, pertenecen a la altamente localizada asociación ecológica de la transición del bosque tropical húmedo al bosque subtropical.

Ambas asociaciones de transición arriba mencionadas han sido grandemente modificadas virtualmente sin bosque primario remanente. La mayoría de los desarrollos urbanos, industriales, agrícolas y ganaderos en el Area de Estudio ocupan las áreas de esas dos (2) asociaciones transicionales del bosque tropical seco al bosque subtropical y la transición del bosque tropical húmedo al bosque subtropical.

Otras asociaciones ecológicas diferentes, el ecosistema distinto que ocupan las tierras bajas del área del Valle Sula son las lagunas y los terrenos húmedos asociados de Jucutuma, Ticamaya, El Carmen, Lama y otros.

En el área de tierra baja se ubican San Pedro Sula y otras áreas urbanas. Aunque la ciudad San Pedro Sula es la segunda más grande de Honduras, cerca a la ciudad capital de la nación, Tegucigalpa, la ciudad San Pedro Sula y sus alrededores, incluyendo Choloma, son las áreas agrícolas e industriales más desarrolladas que ostentan las más grandes zonas industriales del país.

Los problemas relacionados al medio ambiente más importantes identificados son la deforestación, práctica agrícola, polución de agua y falta de algún sistema de administración del medio ambiente. La destrucción de bosques par la práctica agrícola ha sido extendida en la montaña Merendón del Area de Estudio. La deforestación para la agricultura y pastizales para la ganadería no necesariamente causan la erosión del suelo, aunque pueden causar otras consecuencias ambientales no deseadas. Es la práctica agrícola no sustentable, típicamente en terrenos de pendientes, que conducen a la erosión del suelo y al resultante traslado de la tierra cultivada.

La ciudad de San Pedro Sula se ha convertido en una fuente principal de polución de agua a sus alrededores. La causa mayor de la polución del agua es la descarga doméstica e industrial de agua servida no tratada de las áreas construídas de San Pedro Sula, Choloma y sus alrededores. La carga de polución debido a las actividades agrícolas y ganaderas tales como los ranchos ganaderos también deben ser un factor significante. Como resultado, la superficie recibida de agua corriente abajo de la ciudad se encuentra extremadamente contaminada. El efecto de la descarga de aguas servidas no tratadas a los ríos y lagos adyacentes es directamente visible en el Río El Sauce y en el Río Chotepe.