4.2.2 Población y Viviendas

1) Censo de Población y Viviendas

Desde 1961, en la República de Honduras se han efectuado tres censos de población y vivienda, en los años 1961, 1974 y 1988. La población de Honduras aumentó a 4,443,721 habitantes en 1988, aumentando desde los 2,656,948 habitantes que habían en 1974 y los 1.884.765 habitantes de 1961. El crecimiento promedio anual de la población fue de 2.68% durante el período 1961-1974 y de 3.74% durante el período 1974-1988. La densidad poblacional en el país como un todo fue de 40 personas/km^2 en 1988 (*Tabla* 4.4).

La población total de las cuatro Municipalidades de San Pedro Sula, Choloma, La Lima y Puerto Cortes, en las cuales está situada el Área de Estudio, alcanzó a 500,886 habitantes en 1988, presentando un rápido aumento desde los 281,247 habitantes del año 1974 y desde los 137,988 habitantes de 1961. La tasa de crecimiento anual fue de 5,63% durante el período 1961-1974 y 4.2% durante el período 1974-1988. La densidad poblacional llegó a ser de 2.68 personas/km^2 en 1988 (*Tabla* 4.5).

Los censos de población indican que el área de estudio y sus alrededores tienden rápidamente hacia la urbanización desde 1961. En las cuatro Municipalidades identificadas anteriormente, la población urbana llegó a ser un 77% del total de la población en 1988, aumentando desde el 66% en 1974 y desde el 58% de 1961. Especialmente, en la Municipalidad de San Pedro Sula, la población urbana llegó a ser del 88% en 1988 (*Tabla* 4.6).

De acuerdo con el Censo Nacional de Viviendas de 1988, las cuatro Municipalidades anteriores tienen 106,302 casas en total, con una densidad promedio de 57 casas/km^2, distribuyéndose en 77 casas/km^2 en San Pedro Sula, 27 casas/km^2 en Choloma, 85 casas/km^2 en La Lima y 35 casas/km^2 en Puerto Cortes (*Tabla* 4.7)

Además, el Censo de 1988 indica que el tamaño promedio de la familia por casa fue de 4.71 personas, en toda el área de las cuatro Municipalidades, de 4.70 personas/casa en San Pedro Sula, 5.06 personas/casa en Choloma, 4.64 personas/casa en La Lima y de 4.48 personas/casa en Puerto Cortes.

2) Estimaciones de la Población y del Número de Edificios en el Área de Estudio

En la *Tabla* 4.7 se muestra la población y el número de edificios por Municipalidad. Estos valores son las cifras totales por cada municipalidad, no corresponden sólo a los totales de edificio en el Área de Estudio por cada municipalidad. Por lo tanto, para

obtener los datos básicos necesarios para analizar el daño de las posibles inundaciones, el Equipo de Estudio de JICA tuvo que hacer un estudio de reconocimiento de la población en 1992 junto con el estudio del número de edificios en el Área de Estudio.

La población en 1992 en el Área de Estudio se estima en aproximadamente 520,000 personas, consistentes de 384,000 personas en el área de San Pedro Sula, 101,000 en el área de Choloma, 20,000 en La Lima y 15,000 en el área de Puerto Cortes.

Del total de la población en el Área de Estudio en 1992, la población urbana estimada es de 467,000 personas, correspondiendo al 90% del total. El resto de la población se distribuye en 48,000 personas (9%) y 5,000 personas (1%) en áreas rurales y montañosas, respectivamente.

Se estima el número total de edificios en el Área de Estudio en 107,000 en 1992. Su distribución por regiones es aproximadamente la misma de la distribución de la población. En la *Tabla* 4.8 se muestra la distribución detallada de la población y la de edificios.

En el Área de Estudio, la población existente en 1992 en la cuenca del Río Choloma, tendrá la mayor prioridad en la ejecución del proyecto. Se estima que es de alrededor de 58,500 en total, consistente de 54,500 habitantes en el área central de la ciudad, 3,400 en las tierras altas y 500 en la zona de tierras bajas. En el mismo año, se estima el número total de edificios en 13,000 en toda la cuenca.

4.2.3 Uso de la Tierra

El Área de Estudio está caracterizada por un valle amplio y fértil y por montañas arboladas. Tiene condiciones favorables para la agricultura, alimentación de ganado y producción forestal. La ciudad de San Pedro Sula, segunda cuidad en tamaño en Honduras, ha crecido basándose en tales condiciones favorables.

El Área de Estudio tiene una superficie de 717 km^2, sus límites administrativos se muestran en la *Fig*. 4.1. En la *Tabla* 4.9 aparece un detalle del uso de la tierra de la cuenca del río. La superficie total de cada cuenca de río se presenta a continuación:

		Unidad: Km^2
(1)	Cuenca baja Chamelecón	25
(2)	Canal cuabanos	125
(3)	Río Choloma	104
(4)	Cuenca media de Chamelecón	39
(5)	Río Blanco/Canal San Roque	186

(6)	Río El Sauce	118
(7)	Río El Sauce (viejo)/Canal Chotepe	100
(8)	Cuenca superior del Chamelecón	11
(9)	Aeropuerto La Lima	9
	Total	717

La *Fig.* 4.2 ilustra la situación actual del uso de la tierra en el área de estudio. Desde el punto de vista del uso de la tierra, el Área de Estudio se puede dividir en dos zonas, tierras altas y tierras bajas, teniendo como límite la carretera troncal norte-sur. (CA-5).

La zona de tierras altas, en la cual está ubicada la parte occidental del Área de Estudio, está cubierta por bosques tropicales de zona lluviosa, consistente de pinos, cedros y árboles de hoja grande (caoba, mango, almendras, palmeras, aguacate, etc.) El área de toda la zona de tierras altas se estima en alrededor de 304 km^2, ó 42% del Área de Estudio.

Por otra parte, las tierras bajas, en las cuales se ubica la parte oriental del Área de Estudio, están siendo usadas principalmente para pasturas con pastos naturales o cultivados con fines de alimentación de ganado, excepto por las áreas urbanas.

Fuera de la zona baja, el área a lo largo del Río Chamelecón forma una tierra agrícola mezclada, compuesta de aldeas pequeñas y campos de caña de azúcar, pasturas, bananas, maíz, arroz, varios vegetales y matorrales, etc. El área total de la zona de tierras bajas se estima en alrededor de 413 km^2, o 58% del Área de Estudio (*Tabla* 4.10).

Las áreas urbanas principales están ubicadas en tres ciudades, de San Pedro Sula, Choloma y La Lima. Las dos primeras ciudades se extienden tanto en las zonas de tierras altas como en la de tierras bajas las que tienen como límite la carretera nacional CA-5. La ciudad La Lima queda en la parte meridional de la zona de tierras bajas. Además de ellas, la ciudad San Pedro Sula y sus áreas de alrededor forman una gran zona industrial junto con zonas comerciales y residenciales. Adicionalmente, el Grupo de Estudio de JICA, investigó el uso detallado de la tierra en las ciudades de San Pedro Sula y Choloma, tomando en consideración que la situación del uso de la tierra en tales ciudades es un factor importante en el análisis del daño de las inundaciones potenciales. Los detalles están escritos en el Informe de Soporte B.

4.2.4 Agricultura e Industria

Honduras es un país tradicionalmente agrícola que produce de prácticamente todos los tipos de cultivos tropicales. El país está dividido en siete regiones agrícolas. El Área

de Estudio está ubicado en la Región Norte (Región N° 3). Entre las regiones, la región N° 3 ocupa una posición elevada en la producción agrícola. En el año agrícola de 1992/1993, produjo 2,791,870 quintales de maíz, 92,970 quintales de granos (frijoles) y 339,280 quintales de arroz.

El Área de Estudio ocupa una posición importante en la producción de bananas y caña de azúcar, los cuales son los principales productos de exportación de Honduras. En la actualidad, las plantaciones en el área de estudio se estiman en 600 hectáreas de bananas y 2.700 hectáreas de caña de azúcar.

Además de los cultivos agrícolas, en los departamentos de Cortes y en el Área de Estudio se encuentra una extensa industria ganadera, la cual es operada usando los amplios campos de pastizales de la zona. El número de animales en el Departamento de Cortes era de 83,400 cabezas en 1984 y de 39,500 cabezas en 1986, lo cual corresponde al 35% y al 19% del número total de animales en el país.

La ciudad de San Pedro Sula y sus áreas cercanas forman la mayor zona industrial del país. Produce necesidades diarias variadas y materiales primarios industriales en fábricas de pequeña y mediana escala, cuyo número se ha estimado en 1.500 en 1992.

4.2.5 Precios y Salarios

Los precios al por mayor y al consumidor en San Pedro Sula muestran tasas de aumento de entre un 19% y 16% anual, durante el período de 1987 a 1992. Tal elevada tasa de aumento tiene una influencia desfavorable en el mejoramiento del nivel de vida de sus habitantes.

El Gobierno controla desde 1981 el salario mínimo, para asegurar un nivel de vida para los trabajadores. El salario mínimo en julio de 1991 en San Pedro Sula variaba desde los Lps. 9.20 a Lps. 18.40 al día, dependiendo del sector industrial y de la escala de la compañía.

TABLAS

TABLA 4.1 PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI) Y PRODUCTO NACIONAL BRUTO (PNB), 1987 - 1991

Unit : Million Lempiras

Items	1987	1988	1989	1990	1991	Average Annual Growth Rate (%) 1987- 1991
Contribution of each sector to GDP						
Agriculture, Forestry & fishery	1,518	1,630	1,951	2,503	3,262	21.1
Mining & Quarrying	105	115	158	194	269	26.5
Manufacturing Industry	1,055	1,230	1,389	1,823	2,424	23.1
Construction	311	343	464	574	623	19.0
Electricity, Gas & Water	236	242	276	353	476	19.2
Transportation & Communications	509	560	648	703	770	10.9
Wholesale & Retail	952	1,019	1,089	1,289	1,857	18.2
Banking, Insurance & Real Estate	482	554	712	826	1,145	24.1
Dwelling Property	612	670	721	790	906	10.3
Public Administration & Defence	439	472	773	814	1,050	24.4
Other Services	964	1,062	1,075	1,290	1,507	11.8
GDP at constant factor cost (1978 = 100)	7,183	7,897	9,256	11,159	14,289	18.8
GDP at market prices	8,128	8,913	10,334	12,540	16,406	19.2
GDP at market prices in real terms	4,674	4,896	5,161	5,165	5,281	3.1
Net factor payments from abroad	(404)	(466)	(622)	(947)	(1,132)	
GNP	7,724	8,447	9,712	11,593	15,274	18.6
Per capita GNP (in Lempiras)	1,791	1,895	2,109	2,437	3,107	14.8
Per capita real GNP (in lempiras)	1,024	1,033	1,051	1,019	1,015	(0.2)

Source : Honduras en Cifras, 1987-1989 y 1989-1991, Banco Central de Honduras
Note : Figures in parenthesis () mean a negative.

TABLA 4.2 BALANZA DE PAGOS INTERNACIONALES, 1989 - 1991

Unit : Million of US$

Items	1989	1990	1991
1. Trade balance	48.5	(21.9)	(55.6)
(1) Exports	883.4	847.8	807.9
(2) Imports	834.9	869.7	863.5
2. Service account	(314.8)	(323.6)	(322.1)
3. Transfer account	72.0	233.1	157.9
4. Current account	(194.3)	(112.4)	(219.8)
5. Capital account	257.6	217.7	142.4
6. Errors & Omissions	(65.0)	(67.6)	105.4
7. Balance of Payments	(1.7)	37.7	28.0

Source : Banco Central de Honduras
Note : Figures in parenthesis () mean a negative.

TABLA 4.3 INGRESOS Y EGRESOS DEL GOBIERNO CENTRAL, 1987 - 1991

Unit : Million Lempiras

Particulars	1987	1988	1989	1990	1991	Average Annual Growth Rate (%) 1987-1991
Revenue	2,402.7	2,754.5	2,995.7	3,471.9	4,643.7	17.9
Current revenue	1,327.6	1,439.6	1,532.4	2,061.5	2,911.2	21.7
Tax revenue	1,122.5	1,183.2	1,295.8	1,852.9	2,529.3	22.5
Income tax	298.1	340.8	366.6	430.7	623.6	20.3
Tax on property	10.3	12.1	14.4	15.6	20.0	18.0
Tax on production, domestic trade and transaction	370.0	415.6	459.0	690.2	956.0	26.8
Import duties	348.8	347.9	389.0	497.9	691.1	18.6
Export duties	94.3	65.3	65.7	217.3	237.1	25.9
Other taxes	1.0	1.5	1.1	1.2	1.5	10.7
Non-tax revenue	33.4	34.9	16.4	23.2	81.7	25.1
Transfers	46.7	63.8	64.6	59.9	186.1	41.3
Other revenue	125.0	157.7	155.6	125.5	114.1	(2.3)
Capital revenue	1,134.0	1,496.1	1,486.5	1,300.0	1,410.0	5.6
Internal debt	740.7	935.6	1,126.1	352.6	235.2	(24.9)
External debt	287.1	442.3	298.2	867.5	1,010.3	37.0
Transfers	106.2	118.2	62.2	79.9	164.5	11.6
Other revenue	(58.9)	(181.2)	(23.2)	110.4	322.5	-
Expenditure	2,402.7	2,754.5	2,995.7	3,471.9	4,643.7	17.9
Current expenditure	1,507.4	1,650.7	1,873.6	2,244.2	2,693.9	15.6
Consumption	1,326.9	1,480.0	1,669.6	1,968.8	2,294.7	14.7
Current transfers	180.5	170.7	204.0	275.4	399.2	21.9
Capital expenditure	357.6	417.7	407.0	824.0	780.7	21.6
Direct investment	273.6	309.0	332.7	273.5	512.8	17.0
Indirect investment	84.0	108.7	74.3	550.5	267.9	33.6
Pre-investment	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Net lending	92.6	37.2	2.0	(43.7)	146.9	12.2
Amortization of public debt	445.1	648.9	713.1	447.4	1,022.2	23.1
Internal	377.0	526.0	608.1	309.7	519.7	8.4
External	68.1	122.9	105.0	137.7	502.5	64.8

Source : Banco Central de Honduras
Note : Figures in parenthesis () mean a negative.

TABLA 4.4 SUPERFICIE Y POBLACION DE HONDURAS

Administrative Unit	Area (km2)	Census Population			Annual Population Growth Rate (%)		Population Density (persons/km2)		
		1961	1974	1988	1961-1974	1974-1988	1961	1974	1988
Honduras	112,088	1,884,765	2,656,948	4,443,721	2.68	3.74	16.8	23.7	39.6
Department									
1. Atlantida	4,251	92,914	148,285	238,741	3.66	3.46	21.9	34.9	56.2
2. Colon	8,875	41,904	77,750	149,677	4.87	4.79	4.7	8.8	16.9
3. Comayagua	5,196	96,442	136,619	239,859	2.72	4.10	18.6	26.3	46.2
4. Copan	3,203	126,183	151,859	219,455	1.43	2.66	39.4	47.4	68.5
5. Cortes	3,954	200,099	369,616	662,772	4.83	4.26	50.6	93.5	167.6
6. Choluteca	4,211	149,175	193,336	295,484	2.01	3.08	35.4	45.9	70.2
7. El Paraiso	7,218	106,823	140,793	254,295	2.15	4.31	14.8	19.5	35.2
8. Francisco Morazan	7,946	284,428	453,597	828,274	3.66	4.39	35.8	57.1	104.2
9. Gracias a Dios	16,630	10,905	20,738	34,970	5.07	3.80	0.7	1.2	2.1
10. Intibuca	3,072	73,138	81,815	124,681	0.87	3.06	23.8	26.6	40.6
11. Islas de la Bahia	261	8,961	13,194	22,062	3.02	3.74	34.3	50.6	84.5
12. La Pas	2,331	60,600	66,046	105,927	0.66	3.43	26.0	28.3	45.4
13. Lempira	4,290	111,546	127,782	177,055	1.05	2.36	26.0	29.8	41.3
14. Ocotepeque	1,680	52,540	51,038	74,276	(0.22)	2.72	31.3	30.4	44.2
15. Olancho	24,351	110,744	151,436	283,852	2.44	4.59	4.5	6.2	11.7
16. Santa Barbara	5,115	146,909	186,106	278,868	1.84	2.93	28.7	36.4	54.5
17. Valle	1,565	80,907	91,901	119,965	0.98	1.92	51.7	58.7	76.7
18. Yoro	7,939	130,547	195,037	333,508	3.14	3.91	16.4	24.6	42.0

Source : Censo Nacional de Poblacion y Vivienda, 1961, 1974 y 1988, Direccion General de Estadistica y Censos

TABLA 4.5 SUPERFICIE Y POBLACION DEL DEPARTAMENTO Y MUNICIPALIDADES RELACIONADAS CON EL AREA DE ESTUDIO

Department and Municipalities	Area (km2)	Census Population			Annual Population Growth Rate (%)		Population Density (persons/km2)		
		1961	1974	1988	1961-1974	1974-1988	1961	1974	1988
Department of Cortes	3,954	200,099	369,616	662,772	4.83	4.26	50.6	93.5	167.6
Munici. related to Study Area	1,871	137,988	281,247	500,886	5.63	4.21	73.8	150.3	267.7
San Pedro Sula	905	95,464	200,881	326,943	5.89	3.54	105.5	222.0	361.3
Choloma	459	13,566	36,258	66,802	7.86	4.46	29.6	79.0	145.5
La Lima	116	-	-	45,778	-	-	-	-	394.6
Puerto Cortes	391	28,958	44,108	61,363	3.29	2.39	74.1	112.8	156.9
Other Municipalities	2,083	62,111	88,369	161,886	2.75	4.42	29.8	42.4	77.7
Omoa	383	9,782	13,946	22,539	2.77	3.49	25.5	36.4	58.8
Pimienta	61	2,557	3,877	6,414	3.25	3.66	41.9	63.6	105.1
Potrerillos	88	5,036	9,097	12,267	4.65	2.16	57.2	103.4	139.4
San Antonio de Cortes	227	7,247	9,697	16,018	2.27	3.65	31.9	42.7	70.6
San Francisco de Yojoa	97	4,877	6,422	10,655	2.14	3.68	50.3	66.2	109.8
San Manuel	139	7,087	8,761	17,157	1.64	4.92	51.0	63.0	123.4
Santa Cruz de Yojoa	726	14,575	21,238	42,668	2.94	5.11	20.1	29.3	58.8
Villanueva	362	10,950	15,331	34,168	2.62	5.89	30.2	42.4	94.4

Source : Poblacion y Vivienda por Departmento y Municipio, Censo 1961, 1974 y 1988, Secretaria de Planificacion, Coordinacion y Presupusto

TABLA 4.6 CENSO DE POBLACION DE AREAS URBANAS Y RURALES DEL DEPARTAMENTO DE CORTES (1/2)

Department and Municipalities	1961			1974			1988		
	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total
Honduras	573,542	1,311,223	1,884,765	989,617	1,667,331	2,656,948	1,893,339	2,550,382	4,443,721
Dep. Cortes	94,474	105,625	200,099	208,083	161,533	369,616	425,813	236,959	662,772
Munici. related to Study Area	80,280	57,708	137,988	185,969	95,278	281,247	386,693	114,193	500,886
San Pedro Sula	58,632	36,832	95,464	150,991	49,890	200,881	287,350	39,593	326,943
Choloma	4,600	8,966	13,566	9,161	27,097	36,258	39,054	27,748	66,802
La Lima	-	-	-	-	-	-	28,703	17,075	45,778
Puerto Cortes	17,048	11,910	28,958	25,817	18,291	44,108	31,586	29,777	61,363
Other Municipalities	14,194	47,917	62,111	22,114	66,255	88,369	39,120	122,766	161,886
Omoa	904	8,878	9,782	1,308	12,638	13,946	1,392	21,147	22,539
Pimienta	1,605	952	2,557	1,708	2,169	3,877	3,290	3,124	6,414
Potrerillos	2,895	2,141	5,036	5,405	3,692	9,097	8,913	3,354	12,267
San Antonio de Cortes	1,710	5,537	7,247	2,352	7,345	9,697	3,259	12,759	16,018
San Francisco de Yojoa	750	4,127	4,877	945	5,477	6,422	1,576	9,077	10,655
San Manuel	1,164	5,923	7,087	2,208	6,553	8,761	3,563	13,594	17,157
Santa Cruz de Yojoa	1,210	13,365	14,575	1,848	19,390	21,238	5,144	37,524	42,668
Villanueva	3,956	6,994	10,950	6,340	8,991	15,331	11,981	22,187	34,168

TABLA 4.6 CENSO DE POBLACION DE AREAS URBANAS Y RURALES DEL DEPARTAMENTO DE CORTES (2/2)

Department and Municipalities	Population Distribution of Urban and Rural Areas						Average Annual Growth Rate (%)					
	1961		1974		1988		1961-1974			1974-1988		
	Urban	Rural	Urban	Rural	Urban	Rural	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total
Honduras	30.4	69.6	37.2	62.8	42.6	57.4	4.29	1.87	2.68	4.74	3.08	3.74
Dep. Cortes	47.2	52.8	56.3	43.7	64.2	35.8	6.26	3.32	4.83	5.35	2.77	4.26
Munici. related to Study Area	58.2	41.8	66.1	33.9	77.2	22.8	6.68	3.93	5.63	5.37	1.30	4.21
San Pedro Sula	61.4	38.6	75.2	24.8	87.9	12.1	7.55	2.36	5.89	4.70	(1.66)	3.34
Choloma	33.9	66.1	25.3	74.7	58.5	41.5	5.44	8.88	7.86	10.91	0.17	4.46
La Lima	-	-	-	-	62.7	37.3	-	-	-	-	-	-
Puerto Cortes	58.9	41.1	58.5	41.5	51.5	48.5	3.26	3.36	3.29	1.45	3.54	2.39
Other Municipalities	22.9	77.1	25.0	75.0	24.2	75.8	3.47	2.52	2.75	4.16	4.50	4.42
Omoa	9.2	90.8	9.4	90.6	6.2	93.8	2.88	2.75	2.77	0.45	3.75	3.49
Pimienta	62.8	37.2	44.1	55.9	51.3	48.7	0.48	6.54	3.25	4.79	2.64	3.66
Potrerillos	57.5	42.5	59.4	40.6	72.7	27.3	4.92	4.28	4.65	3.64	(0.68)	2.16
San Antonio de Cortes	23.6	76.4	24.3	75.7	20.3	79.7	2.48	2.20	2.27	2.36	4.02	3.65
San Francisco de Yojoa	15.4	84.6	14.7	85.3	14.8	85.2	1.79	2.20	2.14	3.73	3.67	3.68
San Manuel	16.4	83.6	25.2	74.8	20.8	79.2	5.05	0.78	1.64	3.48	5.35	4.92
Santa Cruz de Yojoa	8.3	91.7	8.7	91.3	12.1	87.9	3.31	2.90	2.94	7.59	4.83	5.11
Villanueva	36.1	63.9	41.4	58.6	35.1	64.9	3.69	1.95	2.62	4.65	6.66	5.89

Source : Poblacion y Vivienda por Departamento y Municipio, Censo 1961, 1974 y 1988, Secretaria de Planificacion, Coordinacion y Presupuesto

Note : Figures in parenthesis () mean a negative.

TABLA 4.7 POBLACION, NUMERO DE VIVIENDAS Y TAMAÑO PROMEDIO DE LAS FAMILIAS EN EL DEPARTAMENTO DE CORTES

Department and Municipalities	Area (km2)	Population			Total Number of Houses(*)			Family Size (persons/house)			Average Number of Houses per km2		
		1961	1974	1988	1961	1974	1988	1961	1974	1988	1961	1974	1988
Honduras	112,088	1,884,765	2,656,948	4,443,721	325,492	526,566	906,698	5.79	5.05	4.90	2.90	4.70	8.09
Dep. Cortes	3,954	200,099	369,616	662,772	35,968	72,475	139,905	5.56	5.10	4.74	9.10	18.33	35.38
Munici. related to Study Area	1,871	137,988	281,247	500,886	24,930	54,467	106,302	5.54	5.16	4.71	13.32	29.11	56.82
San Pedro Sula	905	95,464	200,881	326,943	16,752	38,254	69,526	5.70	5.25	4.70	18.51	42.27	76.82
Choloma	459	13,566	36,258	66,802	2,638	7,099	13,204	5.14	5.11	5.06	5.75	15.47	28.77
La Lima	116	-	-	45,778	-	-	9,872	-	-	4.64	-	-	85.10
Puerto Cortes	391	28,958	44,108	61,363	5,540	9,114	13,700	5.23	4.84	4.48	14.17	23.31	35.04
Other Municipalities	2,083	62,111	88,369	161,886	11,038	18,008	33,603	5.63	4.91	4.82	5.30	8.65	16.13
Omoa	383	9,782	13,946	22,539	1,957	2,972	4,940	5.00	4.69	4.56	5.11	7.76	12.90
Pimienta	61	2,557	3,877	6,414	479	784	1,337	5.34	4.95	5.19	7.85	12.85	20.28
Potrerillos	88	5,036	9,097	12,267	953	1,834	2,453	5.28	4.96	5.00	10.83	20.84	27.88
San Antonio de Cortes	227	7,247	9,697	16,018	1,281	2,043	3,244	5.66	4.75	4.94	5.64	9.00	14.29
San Francisco de Yojoa	97	4,877	6,422	10,655	828	1,490	2,122	5.89	4.31	5.02	8.54	15.36	21.88
San Manuel	139	7,087	8,761	17,157	1,184	1,571	3,477	5.99	5.58	4.93	8.52	11.30	25.01
Santa Cruz de Yojoa	726	14,575	21,238	42,658	2,475	4,315	8,542	5.89	4.92	5.00	3.41	5.94	11.77
Villanueva	362	10,950	15,331	34,168	1,881	2,999	7,588	5.82	5.11	4.50	5.20	8.28	20.96

Source : Poblacion y Vivienda por Departamento y Municipio, Censo 1961, 1974 y 1988, Secreteria de Planificacion, Coordinacion y Presupuesto

Note : (*) Collective buildings are not included in number of houses.

TABLA 4.8 ESTIMACIONES DE POBLACION Y NUMERO DE EDIFICIOS EN EL AREA DE ESTUDIO EN 1992

Municipalities	Population				Number of Buildings			
	Urban	Rural	Mountain	Total	Urban	Rural	Mountain	Total
San Pedro Sula	378,632	2,506	2,420	383,558	79,957	480	484	80,921
Choloma	68,819	29,833	2,870	101,522	15,149	4,325	574	20,048
La Lima	19,927	0	0	19,927	4,429	0	0	4,429
Puerto Cortes	0	15,288	0	15,288	0	1,721	0	1,721
Total	467,378	47,627	5,290	520,295	99,535	6,526	1,058	107,119

TABLA 4.9 USO DEL SUELO POR LA CUENCA DEL RIO EN EL AREA DE ESTUDIO EN 1992

Unit : Sq. km

Classification	Chamelecon (lower)	Cuahanos Canal	Rio Choloma	Chamelecon (middle)	Rio Blanco & Sanroque Canal	Rio El Sauce	Rio El Sauce & Chotepe Canal	Chamelecon (upper)	La Lima Airport	Total
Banana	0	3	0	5	1	2	3	0	1	15
Corn/Rice	0	3	0	1	0	0	2	2	0	8
Vegetable *)	1	0	0	4	3	0	13	3	0	24
Other crops	6	7	0	10	10	4	0	0	0	37
Cultivated pasture	2	24	5	9	32	31	7	1	0	111
Natural pasture	2	45	14	6	46	6	18	2	0	139
Mountain area **)	9	29	61	0	31	6	3	0	0	139
Brushwood	0	5	6	0	21	7	2	1	0	42
Forest	4	5	9	0	26	46	10	0	0	100
Built-up area	1	1	8	2	7	7	41	2	7	76
Water bodies	0	3	2	2	9	9	1	0	0	26
Total	25	125	105	39	186	118	100	11	8	717

Note : *) Includes citrics and sugar-cane
**)Includes agricultural and pasture lands

TABLA 4.10 USO DEL SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO EN 1992

Unit : Sq. km

Classification	1) Highland	2) Lowland	Total	Share (%)
Banana	0	15	15	2
Corn/Rice	0	8	8	1
Vegetable *)	0	24	24	3
Other crops	0	38	38	5
Cultivated pasture	4	106	110	16
Natural pasture	0	139	139	19
Mountain area **)	139	0	139	19
Brushwood	38	4	42	6
Forest	99	1	100	14
Built-up area	21	55	76	11
Water bodies	3	23	26	4
Total	304	413	717	100

Note : 1) Western part of the Study Area
2) Eastern part of the Study Area
*) Includes citrics and sugar-cane
**)Includes agricultural and pasture lands

FIGURAS

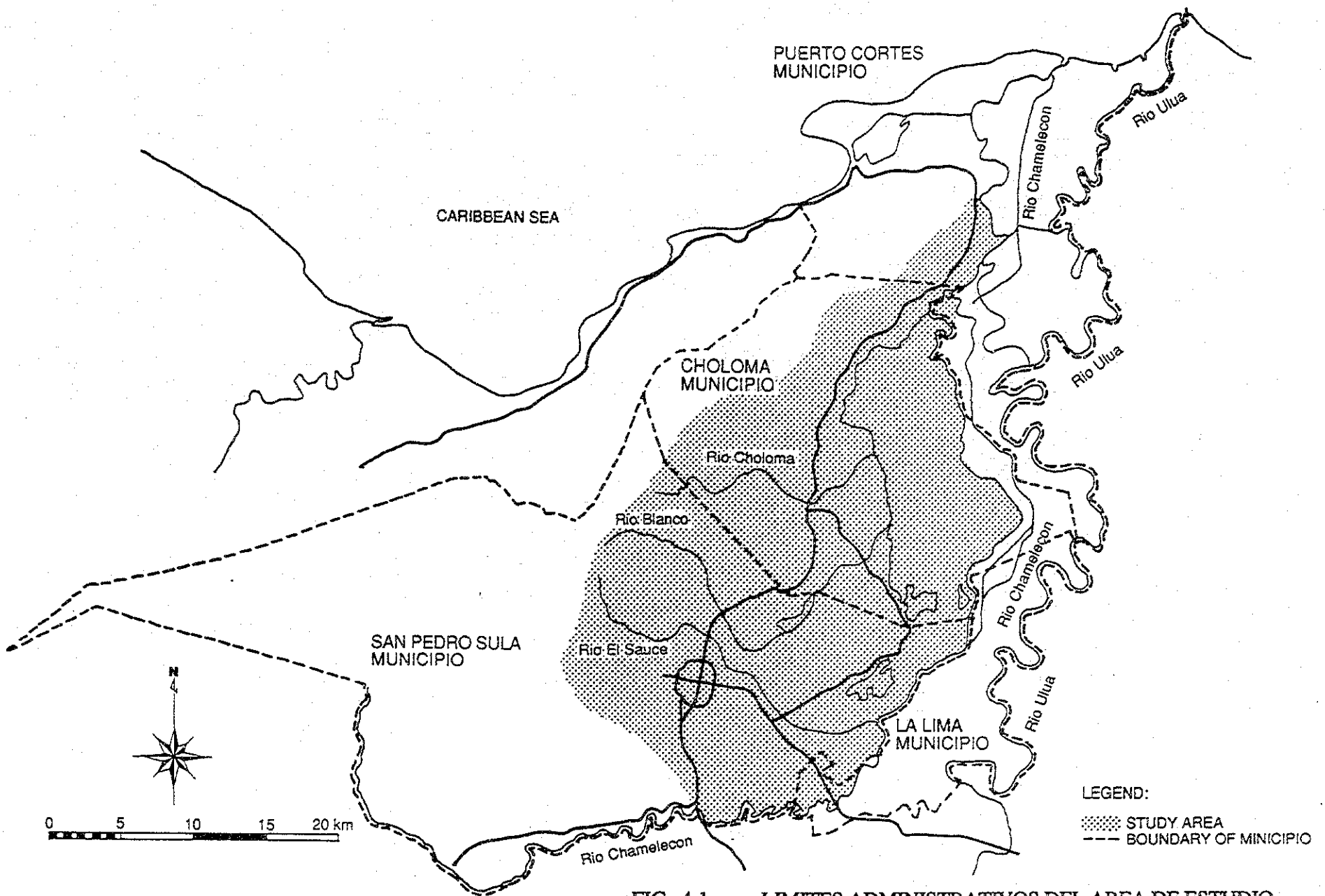


FIG. 4.1 LIMITES ADMINISTRATIVOS DEL AREA DE ESTUDIO

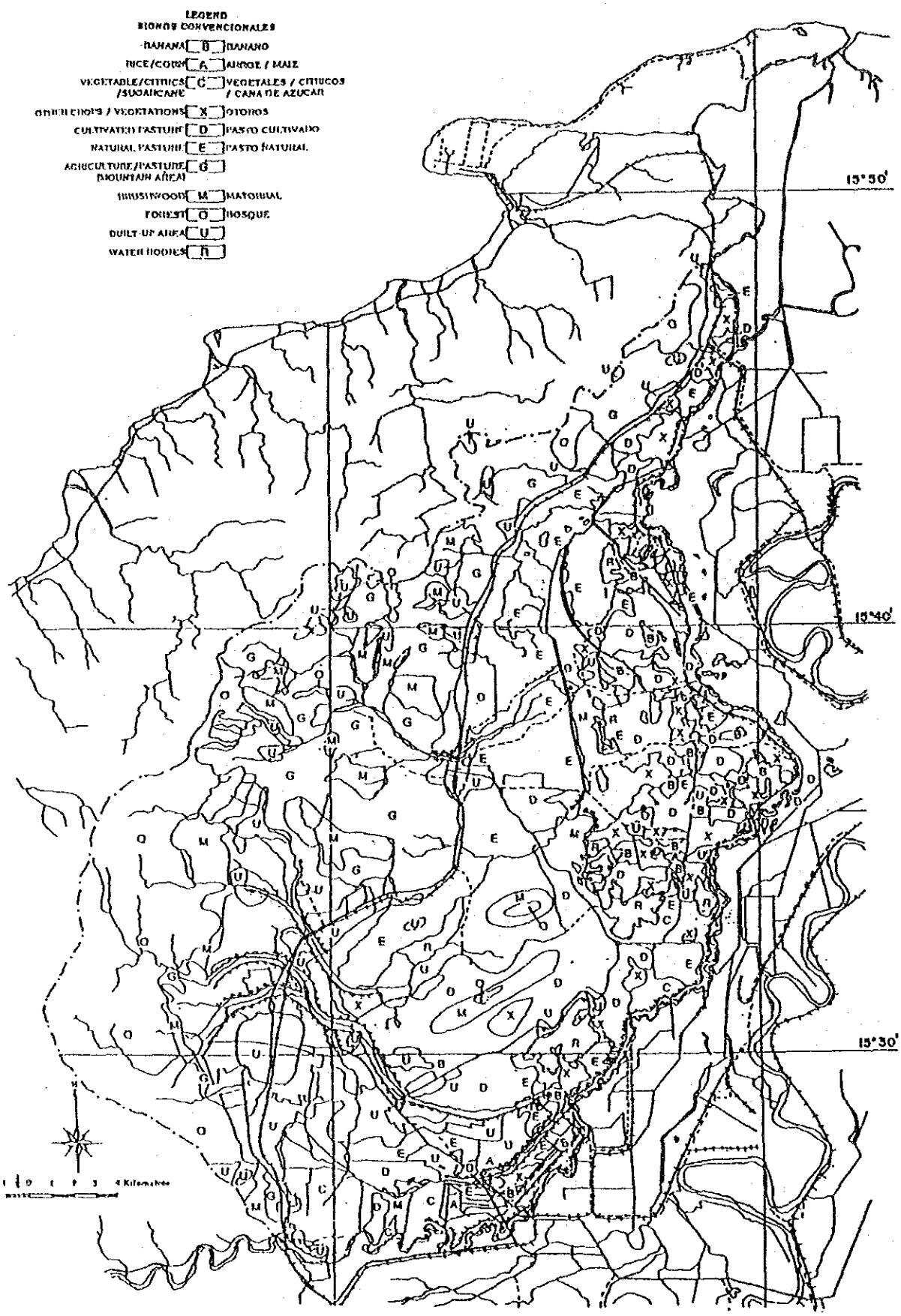


FIG. 4.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA EN EL AREA DE ESTUDIO

LA PRENSA (SEPTIEMBRE DE 1974)

INUNDACION DEL RIO CHOLOMA POR EL HURACAN " FIFI " EN 1974
(PUENTE DE LA CARRETERA NACIONAL DESTRUIDO)

CAPITULO 5
INUNDACIONES Y ESTUDIO DE DAÑOS POR INUNDACIONES

CAPITULO 5 INUNDACIONES Y ESTUDIO DE DAÑOS POR INUNDACIONES

5.1 Generalidades

El Area de Estudio es vulnerable a la erosión, sedimentación e inundaciones. Durante el Huracán Fifi de 1974, el Area de Estudio sufrió las más severas avalanchas e inundaciones que se han registrado.

Para obtener mejor perspectiva acerca de las situaciones de inundaciones, las recientes inundaciones y los daños ocasionados se examinaron y se estudiaron por medio de los datos disponibles y los cuestionarios suplementarios. El levantamiento de los cuestionarios se llevó a cabo desde finales de setiembre 1992 hasta octubre 1992 y otro levantamiento de cuestionarios suplementarios se hizo desde junio 1993 a julio 1993. Estos cuestionarios recolectaron datos en las áreas de peligro que fueron más afectadas por las inundaciones de 1974, 1990 y las anuales. Los cuestionarios tenían como objetivos:

- Esclarecer las condiciones de las inundaciones pasadas como el área, profundidad y duración de las inundaciones y sedimentación,

- Obtener información de los daños de inundación a los edificios, viviendas y otros daños causados por inundaciones,

- Obtener información del uso de la tierra, bienes, pertenencias de viviendas, etc.

Durante la Fase 1, datos e información se recolectaron de 628 viviendas. El área del levantamiento de cuestionarios se presenta en las *Figs.* 5.1 y 5.2. Los mapas de las tres áreas de peligro de inundaciones (en 1974, 1990 y anuales) se prepararon basados en los daños e información recolectada durante los levantamientos de cuestionarios y se muestran en las *Figs.* 5.3~5.5.

Para esta etapa del estudio de factibilidad, las encuestas de cuestionarios suplementarios recolectaron las condiciones de inundaciones en el área de Choloma. Las condiciones de inundación y los datos socio-económicos recolectado se analizarán y serán utilizados para la evaluación del proyecto.

5.2 Condiciones de Inundaciones

5.2.1 Inundación de 1974 (Huracán Fifi)

La mayor parte del suelo del valle estuvo sumergido durante la inundación. El área de la inundación se estima a 340 km cuadrados. De acuerdo a los resultados de las encuestas de cuestionarios, la profundidad de las inundaciones desde el nivel del terreno se estimó cerca de un promedio de 1.08 metros, el espesor de los depósitos de sedimentos se estimaron a un promedio de 0.29 metros y la duración de las inundaciones se estimó a un promedio de diez (10) días (*Tabla* 5.1).

Las ciudades en el fondo del valle como Blanquillo, Choloma, Monterrey, La Lima, Fesitranh, Santa Marta, Calpules y Chamelecón fueron en su mayor parte inundadas por las aguas de crecidas del Río Chamelecón. Las áreas urbanas de Choloma fueron afectadas por el Río Choloma, Calpules, Fesitranh, Santa Marta y Universidad sufrieron de las aguas de crecida de Río Blanco y Río El Sauce.

El área más severamente afectada por el Huracán Fifi se extendió desde la parte norte del valle Santa Ana hasta el valle de Choloma. El huracán causó extensivos deslizamientos en las pendientes de las empinadas montañas de la Cordillera del Merendón, especialmente en las cuencas del Río Choloma y el Río Blanco. Estos deslizamientos causaron grandes arrastres en las cuencas del Río Choloma y del Río Blanco. Unas 2,500 personas desaparecieron en los arrastres de la cuenca del Río Choloma. Aproximádamente 4,000 viviendas fueron dañadas y 20,000 personas fueron heridas o afectadas por las inundaciones del Río Choloma (*Tabla* 5.2).

Severos problemas de sedimentación e inundación han sido causados en el suelo del valle corriente abajo. El suelo del valle está sufriendo fuertes sedimentaciones e inundaciones no sólo provenientes del Río Chamelecón y del Río Ulua, sino también de sus tributarias.

5.2.2 Inundación de 1990 (Huracán Gilbert)

El área total inundada se estimó a 190 km cuadrados. La mayor parte del suelo del valle a lo largo del Río Chamelecón y del Río Choloma fueron inundadas. El promedio de la profundidad de la inundación fue de 0.86 metros, la duración de la inundación fue de ocho (8) días y el espesor de los depósitos de sedimento se estima a un promedio de 0.15 metros. Las áreas de Calpules, Santa Marta, Chamelecón, La Lima, Monterrey y

Blanquito se inundaron. La mayor fuente del agua de inundación se supone que fue del Río Chamelecón. Se reportaron inundaciones procedente de los ríos tributarios en Choloma, Universidad, Calpules, Santa Marta y Monterrey. Las áreas de Universidad, Calpules, Santa Marta y Monterrey fueron inundadas un promedio de 0.55 metros y un promedio de sedimentación de 0.09 metros (*Tabla* 5.3).

5.2.3 Inundación Anual

La parte oeste del área urbana de Choloma y parte de La Lima se inundan anualmente con las aguas de crecida del Río Choloma y del Río Chamelecón respectivamente. El promedio de profundidad de inundación en Choloma es de 0.73 metros y en La Lima es de 0.40 metros.

También la Universidad, Calpules, Santa Marta, Chamelecón, Monterrey y Blanquito son inundadas anualmente. Se reporta que la profundidad de la inundación es cercana a 0.26 metros, el espesor de la sedimentación es de 0.06 metros y la duración de la inundación es cercana a dos (2) días (*Tabla* 5.4).

5.3 Análisis de Daños Causados por Inundaciones

5.3.1 Generalidades

Con la finalidad de evaluar el beneficio esperado por la ejecución del proyecto, se estima un potencial de daño causado por inundaciones para cada descarga probable de inundaciones, utilizando un número y clases de propiedades en el área probable de inundación, tasación de las propiedades y tasas de daños de propiedades sumergidas por las inundaciones. Además de los daños a las propiedades mencionadas, pérdidas económicas tales como pérdidas por suspensión del comercio, pérdidas por interrupción del tránsito y desembolso de los costos de medidas de emergencia son tasadas como daños por inundaciones.

Los daños causados por las inundaciones son en primer lugar estimados para los períodos de retorno (2-, 5-, 30-, 50- y 100- años) de las cuencas de los Ríos Choloma, Blanco y El Sauce y finalmente se calcula un promedio anual de los daños mediante el uso del llamado daño por inundaciones para un período de retorno en los mismos ríos.

De acuerdo con el resultado de los análisis hidrológicos e hidráulicos, el período de retorno de la inundación del Río Choloma corresponde aproximadamente a 50- años para la inundación de 1974 y de 2- años para la inundación de 1990 y las áreas inundadas en dichas cuencas son estimadas en 36 km^2 y 12 km^2 respectivamente y también las áreas de inundación potencial son estimadas en 83 Km^2 para el Río Blanco y de 36 Km^2 para el Río El Sauce.

5.3.2 Propiedades en el Area de Inundación Potencial

1) Distribución de las Propiedades en el Area de Inundación Potencial

Las propiedades en el área de inundación potencial están compuestas principalmente de propiedades generales (edificios y pertenencias de la vivienda en el edificio), cultivos agrícolas, instalaciones públicas y otras. En el estudio actual, las propiedades generales están clasificadas en casas residenciales, granjas, tiendas, iglesias, clínicas, escuelas, oficinas y fábricas. Los cultivos principales plantados en los terrenos agrícolas son maíz, arroz, frijoles, caña de azúcar, bananas, plátanos, vegetales y pastos cultivados y naturales.

Basados en los estudios en campo, el análisis hidráulico y otras informaciones, el número y tipos de propiedades a ser afectadas por probable inundaciones de ríos, son estimados tal como se muestra en la *Tabla* 5.5 y los daños de propiedades a quedar sumergidas en las profundidades de las aguas es proporcionada en las *Tablas* I.2.1, I.2.2 e I.2.3 del Reporte de Soporte I.

2) Tasación de las Propiedades en el Area de Estudio

Se puede estimar el valor del daño de las propiedades sumergidas utilizando el número y la tasación de cada propiedad y una tasa de daño asumida. Basado en la inspección de las propiedades en el Area de Estudio realizada por el Equipo de Estudio, el promedio de tasación de los edificios y bienes caseros a precios de junio de 1993 junto con un promedio de distribución de los bienes caseros sobre el nivel del piso por casa son presentados en la *Tabla* 5.6.

El daño causado a las plantaciones de producción agrícola será definido como una reducción en las utilidades el cual es dado por la sustracción del costo de la cosecha del monto de la producción. Con la finalidad de estimar este daño, los costos unitarios de producción (Lps./ha) y los costos unitarios de la cosecha (Lps./ha) de los principales

productos agrícolas están estimados según estadísticas agrícolas de Honduras y en el estudio en el campo realizado por el Equipo de Estudio. Los resultados son resumidos en la *Tabla* 5.7.

5.3.3 Cálculos de los Daños causados por una Probable Inundación

1) Tasa de Daño por inundaciones

La tasa de daños causados por las inundaciones a los bienes estará relacionado principalmente a la profundidad del agua y a la duración de la inundación en el área inundada. Sin embargo, las inundaciones pasadas del Río Choloma, Río Blanco y el Río El Sauce proporcionan una correlación entre la profundidad del agua y la duración de la inundación. Por eso, en el estudio actual, la profundidad del agua es asumida como un parámetro representativo para la estimación de la tasa de daños.

La tasa de daños a los bienes sumergidos se asume en base de la tasa de daños por inundación aplicada por el Ministerio de Construcción del Japón y tomando en consideración las condiciones del daño causado por la inundación de los tres ríos mencionados en 1974 y 1990 y el daño por inundaciones en otros países tropicales.

La *Tabla* 5.8 proporciona la tasa de daños a los bienes tales como edificios, bienes del hogar y plantaciones agrícolas sumergidos por las inundaciones. La tasa de daño es categorizada en dos condiciones: uno considera un sedimento de escombros, arena y tierra en los bienes sumergidos y la otra no toma en consideración los sedimentos.

Basado en los resultados del análisis del flujo de escombros, arena y tierra en el Area de Estudio, la condición de los sedimentos se aplica a los daños por inundaciones en la cuenca del Río Choloma y algunas partes de las cuencas del Río Blanco y del Río El Sauce. Mientras que la condición de no sedimento es aplicada en las partes restantes de la cuenca del Río Blanco y de la cuenca del Río El Sauce.

2) Cálculos de los Daños por Inundaciones a los Bienes Generales y a las Plantaciones Agrícolas

El daño a edificios sumergidos en el área de inundación puede ser estimado mediante el empleo del número de edificios, tasa promedio por edificio y tasa de daño promedio de edificios.

Los daños de bienes familiares sumergidos será estimado a partir del número de edificios, tasa promedio de bienes familiares por edificio, distribución promedio de los bienes familiares sobre el nivel del piso en un edificio y tasa promedio de daños de bienes familiares sumergidos.

Son realizados cálculos de los montos de los daños a los edificios y bienes familiares por tipo de edificio y por profundidad de inundación y el monto total de los daños es estimado sumando dichos montos.

Los daños a plantaciones de producción agrícola en el área de inundación pueden ser estimados basados en el área de inundación, ganancia de la producción de la cosecha por unidad de área y tasa promedio de daño de las cosechas sumergidas. Este estimado se realiza por tipo de cosecha y por profundidad de la inundación y el monto total del daño a las cosechas agrícolas puede ser estimado sumando los montos de los daños de las cosechas individuales.

Los detalles de los estimados de los daños descritos arriba se presentan en el Reporte de Soporte I y en la *Tabla* 5.9 se proporciona los estimados de los daños por inundación probable de cada río.

3) Otros Daños y Pérdidas por Inundaciones

Otros daños y pérdidas principales causadas por inundaciones se presentan en 1) daños a instalaciones públicas, 2) pérdida debido a la suspensión del comercio, incluyendo pérdidas económicas debido a la interrupción del tráfico, y 3) costo de medidas de gastos de emergencia.

a) Daños a Instalaciones Públicas

Las instalaciones públicas incluyendo caminos, puentes, ferrocarriles, diques, estructuras agrícolas, electricidad y sistemas de telecomunicación, etc. Los daños causados por inundaciones a dichas instalaciones se estiman basados en los daños reales causados por las inundaciones en 1969 y 1974 y sus montos son asumidos en 15% de la suma total de los daños a los bienes generales y a las cosechas agrícolas.

b) Pérdidas Económicas debido a la Suspensión del Comercio incluyendo la Interrupción del Tránsito

Las fuertes inundaciones en el pasado dañaron gran cantidad de empresas en y alrededor del Area de Estudio. Basado en los registros de las inundaciones de los años 1969 y 1974, las pérdidas económicas por la suspensión del comercio, incluyendo las pérdidas de los comercios debido a la interrupción del tránsito, es asumida en 5% del daño a los bienes generales y a los cultivos agrícolas.

c) Gastos de las Medidas de Emergencia

Basado en los registros de daños causados por inundaciones pasadas, los gastos de las medidas de emergencia por inundaciones son asumidas en 10% del monto total de los daños de los bienes generales y de las cosechas agrícolas.

4) Resumen de los Daños por Período de Retorno

La *Tabla* 5.9 proporciona los datos de daños por inundaciones con períodos de retorno de 2-, 30-, 50- y 100- años para el Río Choloma y con períodos de retorno de 5-, 30-, 50- y 100- años para el Río Blanco y el Río El Sauce. Además dichos daños, los daños por inundación con un período de retorno de 5- años en el Río Choloma son estimados en Lps. 65 millones por la interpolación de los daños con otros períodos de retorno del Río Choloma, con el propósito de mejorar el valor estimado de daños anuales promedios por inundaciones.

5.3.4 Promedio Anual de Daños por Inundaciones

El promedio anual de daños para un período, de un año con descargas inofensivas a cualquier año con descargas probables de inundaciones puede ser estimado utilizando el daño total para cada período de retorno mostrado en la *Tabla* 5.9, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la descarga de inundación.

El resultado se resume a continuación.

Promedio Anual de Daños por Inundaciones (en 1,000 Lps.)

Período de Retorno (años)	Cuenca Choloma	Cuenca Blanco	Cuenca El Sauce	Cuencas Blanco y El Sauce
2	5,882	-	-	-
5	19,161	7,144	17,862	25,006
30	49,392	21,490	29,938	51,428
50	55,855	23,716	31,353	55,069
100	62,747	25,656	32,696	58,352

Luego de la etapa del plan maestro, números y tasas de bienes a ser sumergidos en el área de inundación fueron investigados nuevamente y con más detalle para el estudio de factibilidad y algunas partes de los bienes fueron mejorados.

Como resultado, el promedio anual de daños por inundación se incrementó en cierta forma en conjunto, comparado con los valores anteriores. Sin embargo, tal pequeño incremento en el daño no tendrá ninguna influencia en la conclusión del Plan Maestro.

Se espera que dichos daños por inundaciones serán reducidos mediante la ejecución del proyecto y los daños reducidos serán en beneficio económico del proyecto.

TABLAS

TABLA 5.1 INUNDACION DE 1974

Zone	Water Depth from the Ground Level (cm)	Water Depth from the Floor Level (cm)	Sed. Depth from the Ground Level (cm)	Sed. Depth from the Floor Level (cm)	Duration (days)	Number of Samples	Source of Water
STUDY AREA	106	79	28	1	10	204	
External	108	80	29	1	10	200	
Internal	50	40	9	X	11	4	
EXTERNAL							
A1: Calpules	136	119	15	X	3	5	Rio Blanco
A1: Calpules	146	134	7	X	5	12	Rio Chamelecon
A1: Calpules	73	26	0	X	3	2	Rio El Sauce
A2: Santa Marta	83	33	17	X	4	2	Rio Chamelecon
A2: Santa Marta	108	68	17	X	7	6	Rio Choloma
A2: Santa Marta	104	93	24	13	6	3	Rio El Sauce
A3: Lima	93	70	23	X	3	3	Rio Chamelecon
B1: Universidad	122	86	25	X	6	25	Rio El Sauce
B2: Fesitranh	99	80	33	17	4	34	Rio Chamelecon
B2: Fesitranh	133	103	23	X	5	3	Rio El Sauce
B3: Chamelecon	141	107	31	X	5	11	Rio Chamelecon
C1: Choloma	75	58	25	8	8	5	Rio Chamelecon
C1: Choloma	102	79	36	14	15	31	Rio Choloma
C2: Monterrery	80	65	24	9	18	20	Rio Choloma
C3: Blanquito	100	83	33	2	26	18	Rio Chamelecon
C3: Blanquito	98	53	34	X	8	8	Rio Choloma
C3: Blanquito	97	31	39	X	8	12	Other Rivers
INTERNAL							
A1: Calpules	45	36	18	9	9	2	Rain
B2: Fesitranh	55	45	0	X	13	2	Rain

Note; X=below the level

TABLA 5.2 EVENTOS Y TOPICOS PRINCIPALES DURANTE LOS DIAS DEL FIFI EN CHOLOMA

Memorendam of the1974 flood in Choloma(major sources; newspapers and interview to the residents)

Day	Time	Major events at Choloma City	At La Jutosa/Ocotillo/Majaina/Portillo
17 Sept.(Tue)		Rain began at 10.00 p.m. continuously	Rain began at 10.00 p.m. continuously
18 Sept.(Wed)		Heavy rain with strong wind all the day	Heavy rain with strong wind all the day
		The aliport was closed and all flights were cancelled	
	18.00	General warning by radio, but with no detail information, so that people were not so cautious	General warning by radio, but with no detail information, so that people were not so cautious
		The road(SPS-Pto Cortes) is flooded with water up to 30 cm	
	22.00	Water depth of the road increased by 1 m	
19 Sept.(Thu)	1:00		Flood water with sand and stones came at Ocotillo
		Some people were evacuated to other places	Water higher than the roof of the houses at Ocotillo
	3.00	Flood water hits Choloma city area and the road and railway bridges were washed away in a few minutes	People evacuated to the mountain at Ocotillo/La Jutosa
			25houses(85persons) were damaed at Portillo(14ha)
		Almost all the city area was inunded and 2/3 of the Choloma submerged	16 persons were killed by land slide at Ocotillo
		People were floated and drowned, and some people evacuated at 2nd floor of neighbor's houses	100 houses(1000 persons), 5 ha of village area were destroyed, and livestock and all crops were totally washed away at La Jutosa
	6.00	Flood water depth went down	10 houses(60 persons) were washed away with land slide and the road was washed away at Majaina
20 Sept.(Fri)		Choloma was still flooded, there are no power supply and water	Water depth approx. 10 meter at La Jutosa
		Up to this date there have been 70 bodies buried in Choloma and 22 bodies in Quebrada Seca	95% of La Jutosa and Ocotillo were destroyed
		At a school in Quebrada Seca, the water depth is 2 m	
		There are hundreds of people on the roofs of the houses were asking for help	
		80% of the people in Choloma city lost thier houses	
21 Sept.(Sat)		2/3 of Choloma city are flooded	
22 Sept.(Sun)		Choloma city is isolated	Flood water was stabilized at La Jutosa
23 Sept.(Mon)		Electricity supply was recovered in some area	People suffered from no food/communication and sick
24 Sept.(Tue)			People recieved foodstuff from the rescue(French aid)
25 Sept.(Wed)		People recieved food, clothing, medichies, etc. by air	
26 Sept.(Sat)		One water well was built, capacity 60,000 gal/day	
4 Oct.		Rescue from University Tegc. started to work	
		Railway briges was reconstructed	
		Road was connected by temporal bridge	
9 Oct.		3 water well were built but with no distribution tank	
10 Oct.		1,640 bodies have been incherated and 240 people are missing in Choloma by this time	125 bodies were found and burried
		People were suffering from the sickness	
		Reconstruction works were started	
After 1 month		Electricity supply was recovered	Road was connected to Choloma at Ocotillo
		Provisional wooden bridge was built	
After 3 months		Water supply was recovered completely	
After 1 year		Reconstruction work were completed so far	Completion of new settlement area in La Nueva Jutosa with church, hospital and school
After 2 years		Permanent concrete bridge was built	Completion of reconstruction at the Ocotillo

Estimation of Flood Damages to the People and Houses(Rio Choloma Area)

	Damaged/Injured	Destroyed/Killed
La Jutosa	80-100 houses, 1,500 persons	50 people were killed
Ocotillo	40-50 houses, 1,000 persons	31 people were killed
Choloma city*)	3,000 houses, 15,000 persons	2,000 people were killed
Other areas	500 houses, 1,500 persons	
TOTAL	Approximately 4,000 houses and 20,000 persons	Approximately 2,500 people killed

Reference Information

Around 90,000 people were injured in San Pedro Sula
Approximately 1,600 ha area of banana were destroyed in the Sula Valley
60% of the railway was destroyed in Honduras
Total cost of the damage was $300-400 millions in Honduras
Preliminary estimate show that there could be a total of 10,000 deaths in nationwide

*)Especially at Guayabal, San Antonio, Pueblo Nuevo, La Playa and Conception

TABLA 5.3 INUNDACION DE 1990

Zone	Water Depth from the Ground Level (cm)	Water Depth from the Floor Level (cm)	Sed. Depth from the Ground Level (cm)	Sed. Depth from the Floor Level (cm)	Duration (days)	Number of Samples	Source of Water
STUDY AREA	73	49	13	X	7	117	
External	86	58	15	X	8	91	
Internal	55	17	9	X	3	26	
EXTERNAL							
A1: Calpules	107	85	14	X	6	4	Rio Chamelecon
A2: Santa Marta	65	48	9	X	6	2	Rio Blanco
A2: Santa Marta	105	75	14	X	6	27	Rio Chamelecon
A3: Lima	116	56	14	X	4	13	Rio Chamelecon
B3: Chamelecon	72	48	13	X	3	18	Rio Chamelecon
C1: Choloma	45	18	15	43	6	2	Rio Chamelecon
C1: Choloma	65	55	25	15	9	7	Rio Choloma
C2: Monterrery	57	41	14	X	25	15	Rio Chamelecon
C3: Blanquito	100	100	30	30	4	1	Rio Chamelecon
C3: Blanquito	60	60	20	20	9	2	Other Rivers
INTERNAL							
A1: Calpules	52	39	13	X	4	7	Rain
A2: Santa Marta	89	14	6	X	3	7	Rain
B1: Universidad	18	X	0	X	1	6	Rain
B3: Chamelecon	20	X	0	X	5	1	Rain
C2: Monterrery	59	36	15	X	5	4	Rain
C3: Blanquito	70	50	40	20	3	1	Rain

Note; X=below the level

TABLA 5.4 INUNDACION ANUAL

Zone	Water Depth from the Ground Level (cm)	Water Depth from the Floor Level (cm)	Sed. Depth from the Ground Level (cm)	Sed. Depth from the Floor Level (cm)	Duration (days)	Number of Samples	Source of Water
STUDY AREA	27	X	7	X	2	153	
External	66	48	16	X	8	5	
Internal	26	X	6	X	2	148	
EXTERNAL							
A3: Lima	40	0	3	X	1	1	Rio Ghamelecon
C1: Choloma	73	60	19	6	10	4	Rio Choloma
INTERNAL							
A1: Calpules	29	X	4	X	1	23	Rain
A2: Santa Marta	26	X	3	X	1	9	Rain
B1: Universidad	11	X	1	X	1	16	Rain
B2: Resitranh	4	1	0	X	1	1	Rain
B3: Chamelecon	12	X	2	X	1	40	Rain
C1: Choloma	37	21	11	0	3	24	Rain
C2: Monterrery	41	28	12	0	9	8	Rain
C3: Blanquito	40	9	13	0	2	27	Rain

Note; X=below the level

TABLA 5.5 (1/2) NUMERO DE EDIFICIOS Y SUELOS AGRICOLAS SUMERGIDOS POR LA DESCARGA PROBABLE DE LA INUNDACION

A. Number of Buildings

Return Period (Year)	Water Depth (m) 0.00-0.50	0.51-1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	Over 2.50	Total
1. Rio Cholona Basin							
1-1. Sediment Area							
2	131	69	29	18	10	4	261
30	1,962	1,010	459	272	175	90	3,968
50	4,140	2,135	1,100	594	380	190	8,539
100	4,389	2,222	1,160	635	404	205	9,015
2. Rio Blanco Basin							
2-1. Sediment Area							
5	2	1	0	0	0	0	3
30	397	229	72	14	7	0	719
50	445	257	80	15	8	0	806
100	498	292	89	18	9	0	906
2-2. Non-Sediment Area							
5	458	272	64	9	0	0	803
30	762	421	148	29	14	0	1,374
50	901	522	165	33	16	0	1,637
100	1,064	620	195	38	20	0	1,937
3. Rio El Sauce Basin							
3-1. Sediment Area							
5	177	101	24	2	0	0	304
30	269	158	50	10	5	0	492
50	304	177	55	11	5	0	552
100	456	266	84	15	9	0	830
3-2. Non-Sediment Area							
5	12	7	2	0	0	0	21
30	924	538	168	33	16	0	1,679
50	1,035	604	190	37	18	0	1,884
100	1,165	677	212	41	19	0	2,114

Note : Breakdowns by kinds of assets are provided in Tables I.2.1, I.2.2 and I.2.3 of Supporting Report I.

TABLA 5.5 (2/2) NUMERO DE EDIFICIOS Y SUELOS AGRICOLAS SUMERGIDOS POR LA DESCARGA PROBABLE DE LA INUNDACION

B. Area of Agricultural Land (has.)

Return Period (Year)	Water Depth (m) 0.00-0.50	0.51-1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	Over 2.50	Total
1. Rio Choloma Basin							
1-1. Sediment Area							
2	327	291	257	191	121	85	1,272
30	641	575	503	380	238	176	2,513
50	804	717	633	480	300	219	3,153
100	897	802	705	534	334	242	3,514
2. Rio Blanco Basin							
2-1. Sediment Area							
5	215	144	57	12	0	0	428
30	405	274	214	69	18	0	980
50	573	392	306	97	27	0	1,395
100	639	435	340	109	30	0	1,553
2-2. Non-Sediment Area							
5	340	231	87	20	0	0	678
30	1,068	728	571	180	50	0	2,597
50	1,253	854	669	215	60	0	3,051
100	1,408	961	756	241	68	0	3,434
3. Rio El Sauce Basin							
3-1. Sediment Area							
5	6	4	2	0	0	0	12
30	17	10	7	2	0	0	36
50	20	10	7	2	0	0	39
100	20	12	9	3	0	0	44
3-2. Non-Sediment Area							
5	217	143	66	15	0	0	441
30	415	282	222	70	20	0	1,009
50	498	340	268	86	25	0	1,217
100	560	383	301	97	25	0	1,366

Note : Breakdowns by kinds of assets are provided in Tables 1.2.1, 1.2.2 and 1.2.3 of Supporting Report 1.

TABLA 5.6 TASA PROMEDIO DE EDIFICACIONES Y BIENES RAICES (BASADO EN LOS PRECIOS DE 1993)

Kind of Buildings	Average Appraisal of Building (Lps.)	Average Appraisal of Household Effects (Lps.)	Accumlative Distribution of Household Effects above Floor Level (%)					
			to 0.5 m	to 1.0 m	to 1.5 m	to 2.0 m	to 2.5 m	to 3.0 m
1. Residential Houses								
High Class	402,600	104,800	34.8	65.7	92.3	99.9	100.0	100.0
Middle Class	114,700	21,480	41.3	66.9	95.1	98.5	100.0	100.0
Low Class	48,100	9,420	44.2	74.3	95.9	99.8	100.0	100.0
Poor Class	11,000	3,370	52.0	72.7	97.3	99.7	100.0	100.0
2. Farm House	192,400	667,960	39.1	72.5	98.4	99.9	100.0	100.0
3. Shop	92,400	30,460	49.8	75.8	88.9	99.9	100.0	100.0
4. Church	322,500	18,620	50.4	61.8	74.3	77.9	100.0	100.0
5. Clinic	39,200	22,520	53.5	83.2	97.8	99.5	100.0	100.0
6. School	333,400	18,300	53.3	85.1	93.7	95.5	100.0	100.0
7. Office	205,500	23,090	53.1	92.3	98.4	100.0	100.0	100.0
8. Factory	29,800	66,370	93.7	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0

Note : Household effects include equipment and materials.

TABLA 5.7 COSTO UNITARIO DE PRODUCCION Y COSECHA UNITARIA DE LA PRODUCCION AGRICOLA (BASADO EN LOS PRECIOS DE 1993)

Agricultural Crops	Unit Yield (tons/ha)	Unit Price (Lps./ton)	Unit Production (Lps./ha)	Unit Harvest Cost (Lps./ton)	Unit Harvest Cost (Lps./ha)	Unit Profit (Lps./ha)
Maize	2.3	1,520	3,496	300	690	2,806
Rice	3.3	1,820	6,006	200	660	5,346
Beans	0.7	1,520	1,064	250	175	889
Sugar Cane	100.0	90	9,000	5	500	8,500
Banana	50.0	1,120	56,000	100	5,000	51,000
Platano	17.0	810	13,770	45	765	13,005
Vegetables	6.5	1,520	9,880	150	975	8,905
Fruits	17.0	1,120	19,040	100	1,700	17,340
Other crops	6.5	1,520	9,880	150	975	8,905
Pasture (reformed)	26.0	110	2,860	0	0	2,860
Pasture (natural)	9.0	110	990	0	0	990

TABLA 5.8 (1/2) TASA DE DAÑOS A PROPIEDADES SUMERGIDAS POR INUNDACIONES

Case A: Sediment

Assets	Water Depth above Floor Level (in Meter)					
	0.00-0.50	0.51-1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	over 2.50
1. Buildings						
Residential Houses						
High Class	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Middle Class	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Low Class	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Poor Class	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Farm House	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Shop	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Church	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Clinic	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
School	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Office	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Factory	0.28	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
2. Household Effects						
Residential Houses						
High Class	0.29	0.69	0.85	0.85	0.85	0.85
Middle Class	0.29	0.69	0.85	0.85	0.85	0.85
Low Class	0.29	0.69	0.85	0.85	0.85	0.85
Poor Class	0.29	0.69	0.85	0.85	0.85	0.85
Farm House	0.33	0.57	0.78	0.78	0.78	0.78
Shop	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
Church	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
Clinic	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
School	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
Office	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
Factory	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.80
3. Agricultural Crops						
Maize	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Rice	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Beans	0.55	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00
Sugar Cane	0.30	0.70	0.90	0.90	0.90	0.90
Banana	0.30	0.70	0.95	0.95	0.95	0.95
Platano	0.30	0.70	0.95	0.95	0.95	0.95
Vegetables	0.55	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00
Fruits	0.30	0.70	0.95	0.95	0.95	0.95
Other crops	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pasture(cultivated)	0.20	0.40	0.90	0.90	0.90	0.90
Pasture(natural)	0.20	0.30	0.60	0.60	0.60	0.60

TABLA 5.8 (2/2) TASA DE DAÑOS A PROPIEDADES SUMERGIDAS POR INUNDACIONES

Case B: Non-Sediment

Assets	Water Depth above Floor Level (in Meter)					
	0.00-0.50	0.51-1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	over 2.50
1. Buildings						
Residential Houses						
High Class	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Middle Class	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Low Class	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Poor Class	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Farm House	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Shop	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Church	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Clinic	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
School	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Office	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
Factory	0.12	0.21	0.31	0.31	0.69	0.69
2. Household Effects						
Residential Houses						
High Class	0.09	0.19	0.33	0.33	0.67	0.67
Middle Class	0.09	0.19	0.33	0.33	0.67	0.67
Low Class	0.09	0.19	0.33	0.33	0.67	0.67
Poor Class	0.09	0.19	0.33	0.33	0.67	0.67
Farm House	0.18	0.30	0.39	0.39	0.71	0.71
Shop	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
Church	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
Clinic	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
School	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
Office	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
Factory	0.15	0.30	0.40	0.40	0.73	0.73
3. Agricultural Crops						
Maize	0.34	0.50	0.82	0.82	0.82	0.82
Rice	0.34	0.50	0.82	0.82	0.82	0.82
Beans	0.41	0.60	0.81	0.81	0.81	0.81
Sugar Cane	0.30	0.50	0.70	0.70	0.90	0.90
Banana	0.30	0.50	0.70	0.75	0.95	0.95
Platano	0.30	0.50	0.70	0.75	0.95	0.95
Vegetables	0.42	0.67	0.91	0.91	0.91	0.91
Fruits	0.30	0.50	0.70	0.75	0.95	0.95
Other crops	0.34	0.50	0.82	0.82	0.82	0.82
Pasture(cultivated)	0.10	0.30	0.90	0.90	0.90	0.90
Pasture(natural)	0.10	0.20	0.50	0.50	0.50	0.50

TABLA 5.9 (1/3) RESUMEN DE DAÑOS POR INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RIO CHOLOMA

Unit : Lps. 1,000

Items	Return Period (years)			
	2	30	50	100
1. Agricultural products	1,362	3,010	4,039	4,528
2. Buildings	12,975	178,261	398,234	418,960
3. Household effects	3,761	47,781	114,454	120,092
Sub-total	18,099	229,053	516,727	543,580
4. Public facilities	2,715	34,358	77,509	81,537
5. Business losses	905	11,453	25,836	27,179
6. Emergency measures	1,810	22,905	51,673	54,358
Total	23,528	297,768	671,745	706,654

TABLA 5.9 (2/3) RESUMEN DE DAÑOS POR INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RIO BLANCO

(A) Sediment Area — Unit : Lps. 1,000

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	564	1;321	2,125	2,368
2. Buildings	217	68,190	76,145	85,733
3. Household effects	448	13,244	14,641	16,550
Sub-total	1,229	82,754	92,911	104,651
4. Public facilities	184	12,413	13,937	15,698
5. Business losses	61	4,138	4,646	5,233
6. Emergency measures	123	8,275	9,291	10,465
Total	1,598	107,581	120,785	136,047

(B) Non-Sediment Area

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	2,185	12,500	14,104	15,891
2. Buildings	8,322	17,273	23,053	29,495
3. Household effects	2,002	6,163	8,076	10,292
Sub-total	12,509	35,936	45,233	55,678
4. Public facilities	1,876	5,390	6,785	8,352
5. Business losses	625	1,797	2,262	2,784
6. Emergency measures	1,251	3,594	4,523	5,568
Total	16,262	46,717	58,803	72,381

(C) Total (Sediment & Non-Sediment Areas)

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	2,749	13,821	16,229	18,259
2. Buildings	8,539	85,463	99,198	115,228
3. Household effects	2,450	19,407	22,717	26,842
Sub-total	13,738	118,690	138,144	160,329
4. Public facilities	2,061	17,804	20,722	24,049
5. Business losses	687	5,935	6,907	8,016
6. Emergency measures	1,374	11,869	13,814	16,033
Total	17,860	154,297	179,587	208,428

TABLA 5.9 (3/3) RESUMEN DE DAÑOS POR INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RIO EL SAUCE

(A) Sediment Area

Unit : Lps. 1,000

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	8	43	44	49
2. Buildings	27,775	46,825	51,845	78,662
3. Household effects	4,535	8,079	8,867	13,503
Sub-total	32,318	54,947	60,756	92,214
4. Public facilities	4,848	8,242	9,113	13,832
5. Business losses	1,616	2,747	3,038	4,611
6. Emergency measures	3,232	5,495	6,076	9,221
Total	42,014	71,431	78,983	119,878

(B) Non-Sediment Area

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	928	3,810	4,366	4,890
2. Buildings	729	15,624	17,822	19,832
3. Household effects	374	2,747	3,215	3,508
Sub-total	2,031	22,181	25,403	28,230
4. Public facilities	305	3,327	3,810	4,235
5. Business losses	102	1,109	1,270	1,412
6. Emergency measures	203	2,218	2,540	2,823
Total	2,640	28,835	33,024	36,699

(C) Total (Sediment & Non-Sediment Areas)

Items	Return Period (years)			
	5	30	50	100
1. Agricultural products	936	3,853	4,410	4,939
2. Buildings	28,504	62,449	69,667	98,494
3. Household effects	4,909	10,826	12,082	17,011
Sub-total	34,349	77,128	86,159	120,444
4. Public facilities	5,152	11,569	12,924	18,067
5. Business losses	1,717	3,856	4,308	6,022
6. Emergency measures	3,435	7,713	8,616	12,044
Total	44,654	100,266	112,007	156,577

FIGURAS

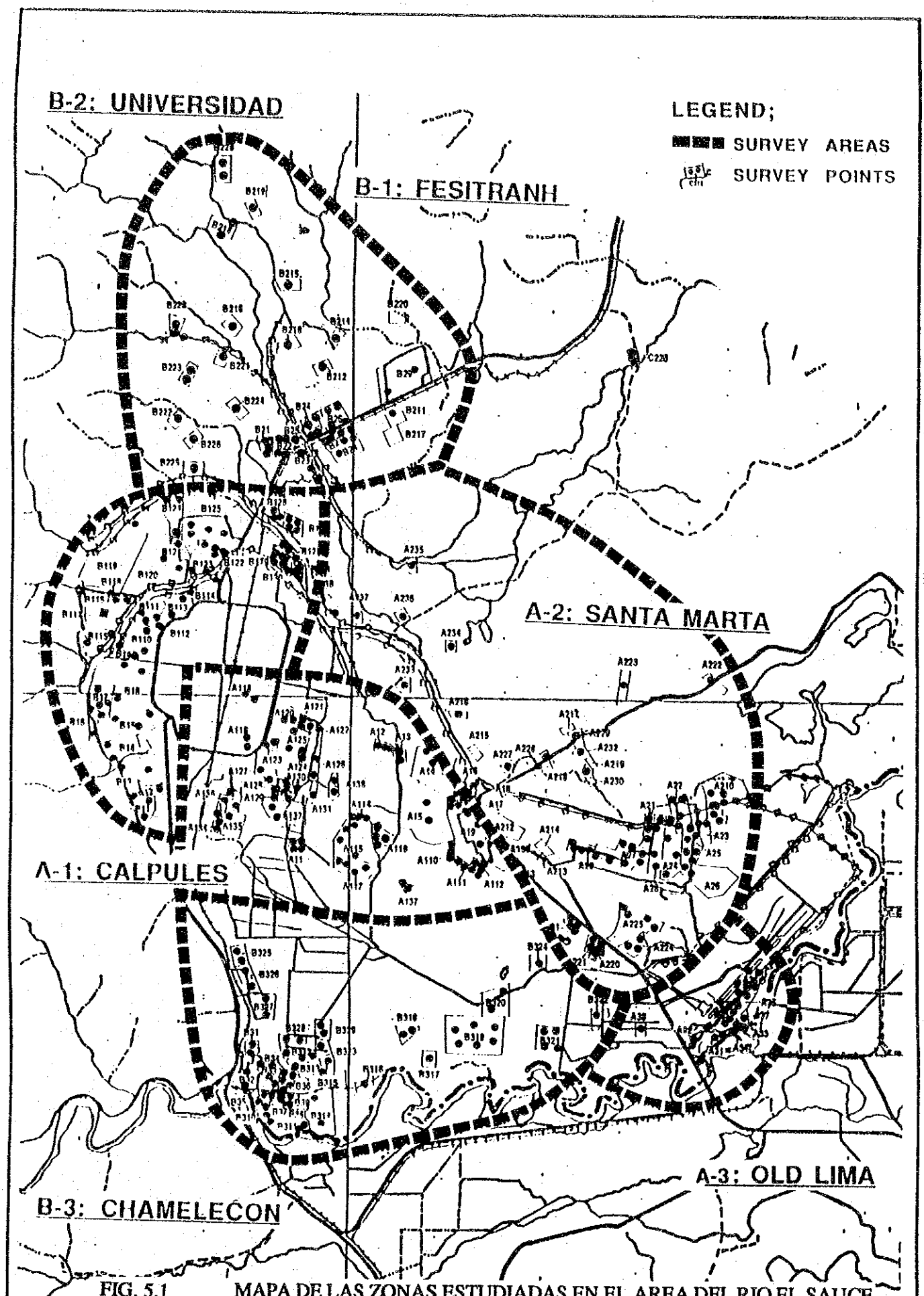


FIG. 5.1 MAPA DE LAS ZONAS ESTUDIADAS EN EL AREA DEL RIO EL SAUCE Y RIO BLANCO

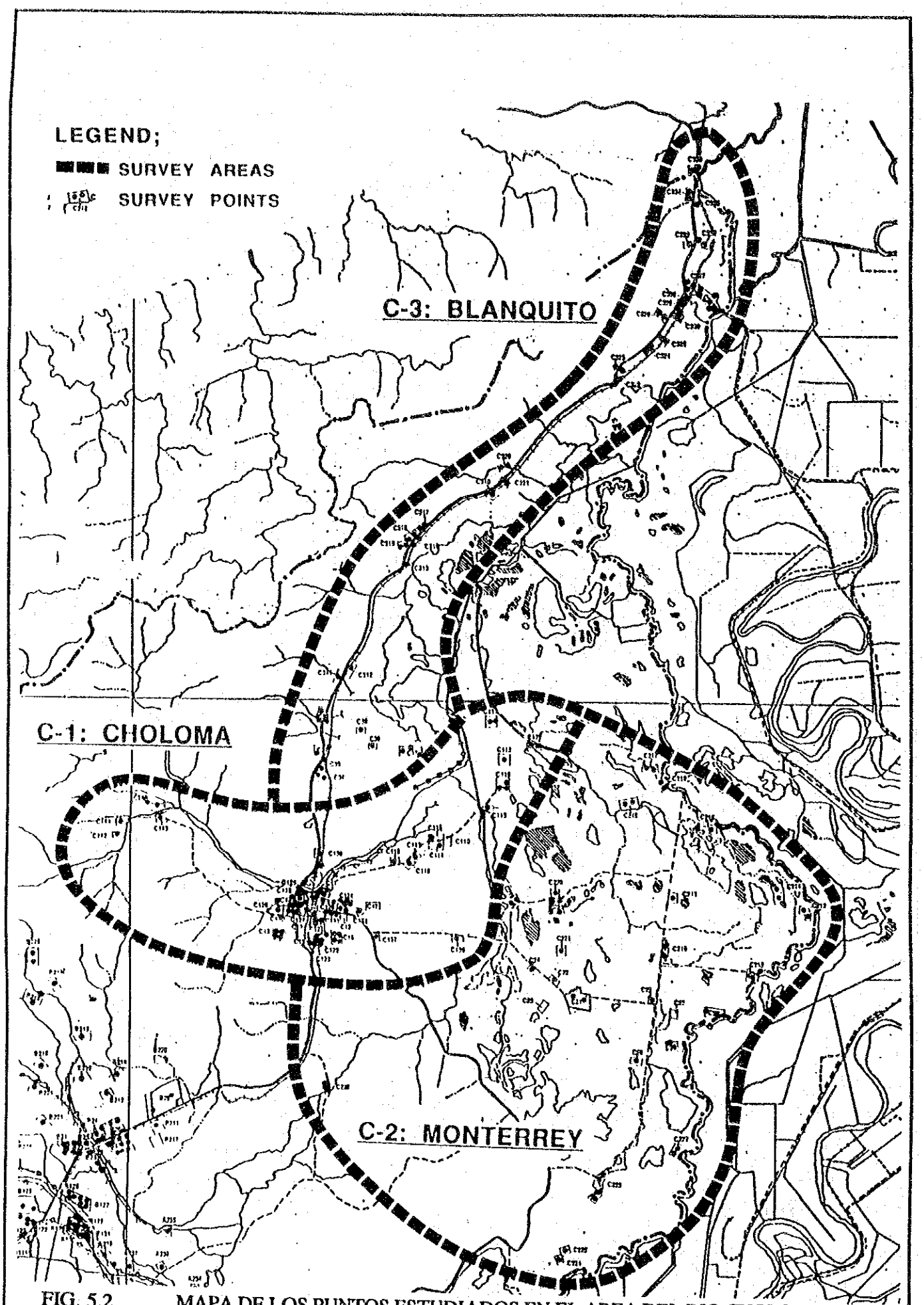


FIG. 5.2 MAPA DE LOS PUNTOS ESTUDIADOS EN EL AREA DEL RIO CHOLOMA

JICA

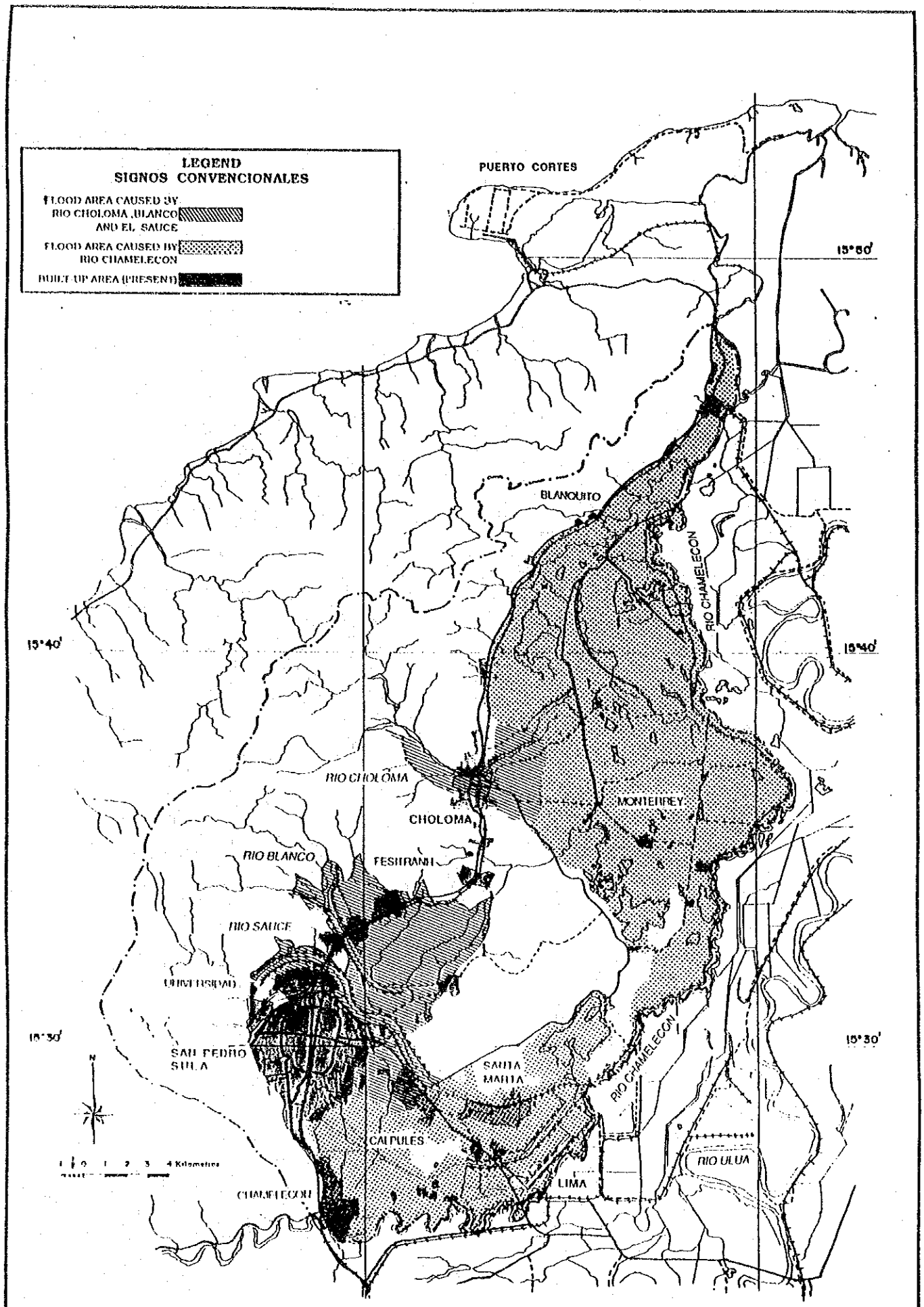


FIG. 5.3 MAPA DE INUNDACION EN 1974

JICA

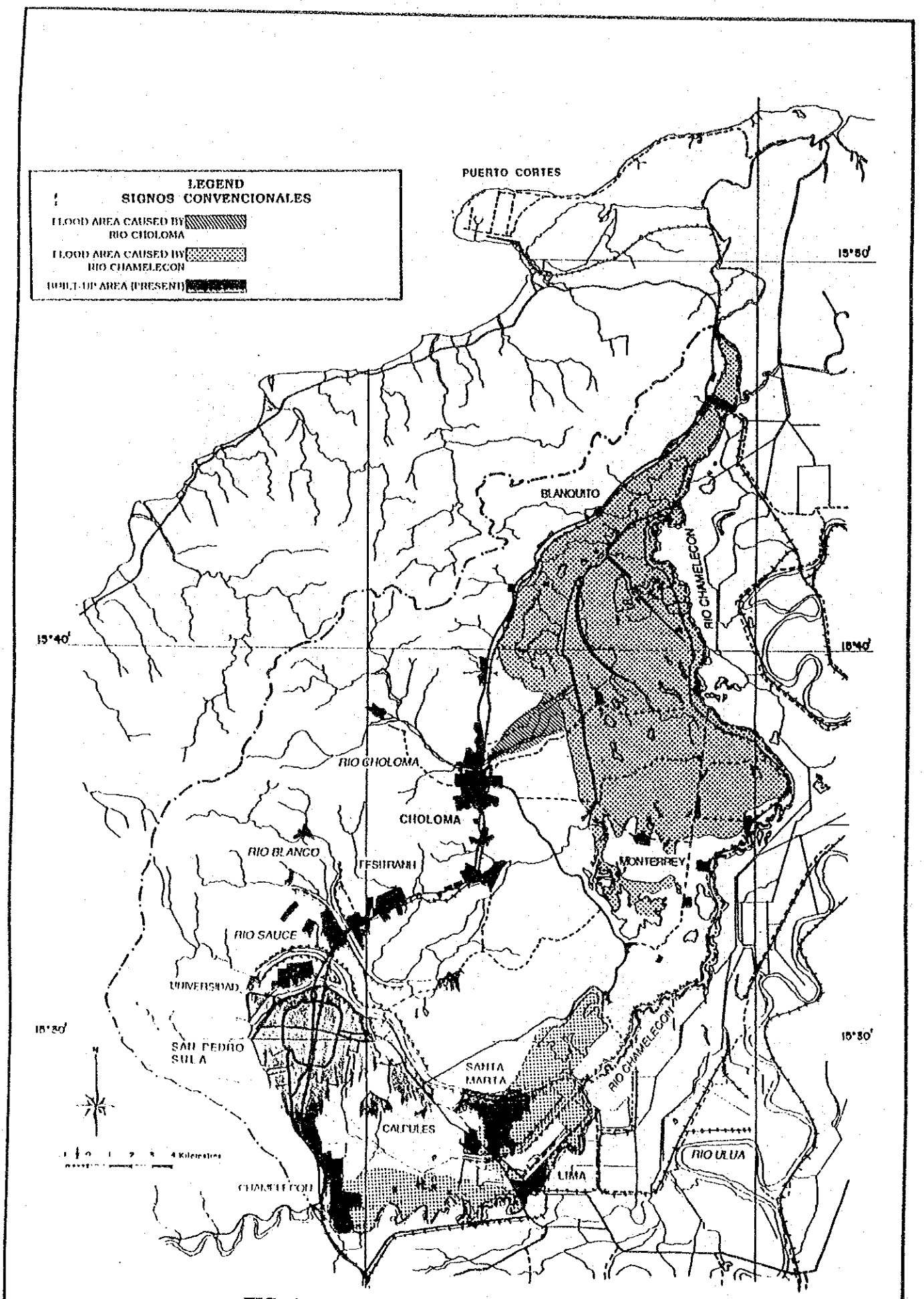


FIG. 5.4 MAPA DE INUNDACION EN 1990

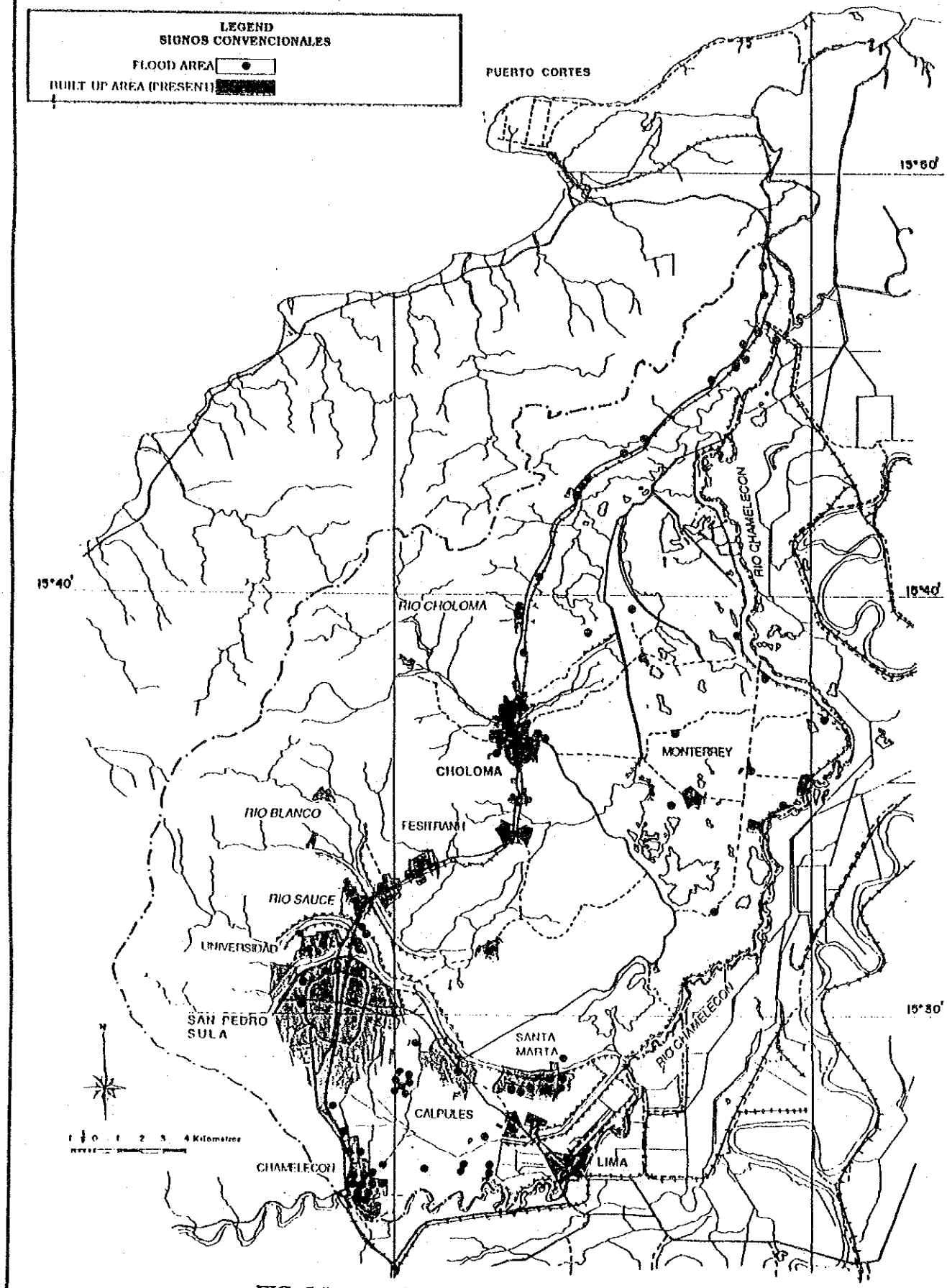


FIG. 5.5 MAPA DE INUNDACION ANUAL

GRAN VOLUMEN DE LA DESCARGA DE SEDI MENTOS DEL RIO CHOLOMA
POR LA INUNDACION DEL HURACAN " FIFI " EN 1974

CAPITULO 6
ESTUDIO DE PRODUCCION DE SEDIMENTOS

CAPITULO 6 ESTUDIO DE PRODUCCION DE SEDIMENTOS

6.1 Generalidades

En 1974 el Huracán Fifí causó extensivos colapsos de laderas en las montañas del Merendón y los daños más severos por sedimentación en el área de estudio, especialmente en las cuencas de los Ríos Choloma y Blanco. Desde entonces la escorrentía de sedimentos han estado afectando el sistema de drenaje aguas abajo en el Valle de Sula.

A fin de preparar un plan adecuado para el control de la erosión, se debe entender varias propiedades físicas de la cuenca del río, tales como las condiciones de los bosques y geológicas, y los valores para la producción y descarga de sedimentos dentro de la cuenca deben ser estimados a través de un estudio de producción de sedimentos.

Este estudio de producción de sedimentos fue llevado a cabo utilizando foto-interpretación aérea, análisis de mapas topográficos, observaciones de campo de inundaciones pasadas, y la cantidad de producción de sedimentos fue estimada para una escala similar a la del Huracán Fifí.

6.2 Sistemas de Ríos en las Areas Montañosas

6.2.1 Topografía y Geografía

(1) Cuenca del Río Choloma

La cuenca del Río Choloma está compuesta por el Río La Jutosa, el Río Majaine, el Río Ocotillo y sus respectivos ramales. La elevación de la cuenca del Río Choloma donde cruza la Carretera del Norte es de apróximadamente 40 metros, mientras que la elevación mayor es el Cerro El Mogoton, a 1,320 metros en la cuenca del Río La Jutosa.

El Río La Jutosa y el Río Majaine están compuestos de migmatita y rocas graníticas. Los colapsos se ven a menudo en la parte alta del Río Majaine y en una mayopr escala en la parte más alta de la cuenca del Río La Jutosa. Terreno montañoso y escarpado se encuentra dentro de las cuencas medias y altas de ambos ríos. Terrazas que incluyen flujos de avalancha y terrazas de inundación están formadas en los tramos medios de ambos ríos. Depósitos de sedimento compuestos principalmente de arena y grava están ampliamente distribuidos en los lechos de los ríos y a lo largo de los cauces.

El Río del Ocotillo está compuesto principalmente de rocas metamórficas tales como gneiss y esquistos. La cuenca bajá está formada a partir de pendientes escarpadas, pero las cuencas medias y altas son superficies de bajo relieve desarrollándose de un añejo sistema montañoso. Bolones con un diámetro máximo de dos (2) metros puede observarse que se intermezclan en los depósitos del lecho del río de la cuenca baja del Río del Ocotillo, mientras que las cuencas media y alta tienen un gradiente suave de 3-5 grados, compuesto principalmente de arena y grava.

Existe una presa de control (presa Takemoto) en el Río La Jutosa, que fue completada en 1984 y llenada por la avalancha en Agosto de 1992.

Una planicie de inundación (terraza baja) con una anchura máxima de 1.2 Kms. se formó en el Río Choloma en la cuenca aguas abajo de la confluencia de los Ríos Majaine y La Jutosa, donde se acumulan espesos "sobreflujos" de arena y grava, lo que provee el tramo aguas abajo de una gran cantidad de sedimento cuando ocurren las crecidas.

(2) Cuenca del Río Blanco

La cuenca del Río Blanco está compuesta por el Río del Zapotal, el Río Chiquito, el Río Armenta y sus tributarios. La elevación, donde la Carretera del Norte cruza el Río Blanco, es de 75 metros, mientras que la elevación mayor es el Cerro El Mogote, 1,749 metros, en la cuenca del Río Zapotal.

La geología en esta cuenca está compuesta principalmente de rocas metamórficas (chiefly migmatita) y rocas graníticas. La cuenca media y alta es terreno escarpado, montañoso. La mayoría de los colapsos de ladera ocurrieron en las pendientes escarpadas en la cuenca alta.

En la cuenca del Río Zapotal los depósitos de lecho del río están ampliamente distribuidos, casi en todos los cauces. El lecho del Río Zapotal contiene arena, grava y bolones, y puede observarse un considerable desgaste de los cauces. La erosión de las terrazas de inundación dos (2) - tres (3) metros sobre el lecho existente es muy apreciable y un gran volumen de sedimento puede ser estimado durante las crecidas.

Se han formado abanicos aluviales en la cuenca baja, donde se ha formado un curso de río de corriente inestable, probablemente conteniendo considerable producción de sedimento acompañado de erosión en las riberas del río durante las crecidas. Los depósitos del cauce están distribuidos en algunas partes de la cuenca media del Río Armenta, y bolones intermezclados con sedimentos se observan en el cauce del río.

(3) La Cuenca del Río El Sauce

La cuenca del Río El Sauce está compuesta por el Río Santa Ana, el Río Piedras y sus tributarios.

El Río Santa Ana tiene pendientes maduras escarpadas y su geología está compuesta principalmente de rocas metamórficas tales como migmatita y esquistos. La elevación de la cuenca del Río Santa Ana donde la Carretera del Norte cruza el Río Santa Ana es de apróximadamente 60 metros, mientras que el punto más alto, un pico cerca del Cerro El Mogote, es de 1,720 metros. La mayoría de los colapsos de ladera ocurren en las pendientes escarpadas de la parte más alta de la cuenca del río. Se observan depósitos en el cauce en algunas partes del tramo medio del río y en los tributarios de la margen derecha. Rocas de dos (2) metros de diámetro mezclados con sedimento del lecho pueden observarse en el curso del río, desde la salida del valle hasta apróximadamente a la mitad del abanico aluvial.

El Río Piedras está rodeado por el cauce de la corriente principal más los dos tributarios, la Quebrada Santa Ana y la Quebrada de Palmeras, que entran al cauce principal en la planicie. El área donde la Carretera del Norte cruza el Río Piedras tiene una elevación de apróximadamente 70 metros, mientras que el punto más alto es el Cerro de La Virtud, a una altura de 1,711 metros sobre el nivel del mar.

La Cuena montañosa consiste de pendientes escarpadas y duras. La geología en esta cuenca contiene principalmente rocas metamórficas tales como migmatita y esquistos. El lecho del río desde la salida del valle hasta apróximadamente cuatro (4) kms. aguas arriba, es de cerca de cuatro (4) grados y existen terrazas de inundación de 1 - 1.5 metros arriba del lecho, a lo largo del curso del río. Las crecidas subsecuentes han dejado numerosos rastros de erosión en estas terrazas. Probablemente ha habido una considerable cantidad de sediemnto descargado aguas abajo.

6.2.2 Análisis de Orden de Corrientes

La red de cauces de corriente de cada cuenca de río se subdivide en longitudes individuales de cauces, o segmentos de canales, de acuerdo a la jerarquía de órdenes de magnitud, asignando una secuencia de números a los órdenes. La red de cauces de corriente de cada sistema de río piloto fue dividido en base a los mapas topográficos a escala 1:50,000. Los resultados se presentan en las *Figs.* 6.1 (1) - (4) y 6.2 (1) - (4).

En este estudio las corrientes de segundo orden se seleccionaron como el segmento mínimo para el análisis.

6.3 Escorrentía de Sedimento por el Huracán Fifí

6.3.1 Colapso de Laderas

El Huracán Fifí de 1974 causó numerosos colapsos de ladera y daños extensos por sedimentación. Se ha llevado a cabo interpretación de fotografías aéreas, análaisis de mapas topográficos y levantamientos de campo a fin de investigar la producción de sedimento y descarga de las cuencas de los Ríos Choloma y Blanco.

Un área de muestra de 16.4 kilómetros cuadrados fue seleccionada de la región donde se tomaron fotografías aéreas a color (1:20,000) inmediatamente después del Huracán Fifí. El área de muestra fue seleccionada en la cuenca del Río Choloma y está compuesta de dos regiones. Una región fue seleccionada a lo largo de la márgen derecha del Río Choloma, consistente de valles suaves que tuvieron comparativamente colapsos en pequeña escala, y la otra fue en la cuenca del Río La Jutosa, donde la mayoría de la actividad de colapsos ocurrió, consistente de pendientes abruptas y mayor alivio de energía.

En el área de muestra las condiciones de colapso fueron examinadas fotográficamente en base a las fotografías aéreas a color (1:20,000) y también con fotos en blanco y negro (1:20,000) tomadas en 1975. El colapso de laderas que probablemente ocurrió en el Huracán Fifí fue identificado y se muestra en la *Fig.* 6.3.

La producción de sedimento durante el Huracán Fifí fue estimada en base a las probables áreas de colapso de laderas, y en información suplementaria obtenida a través de investigaciones en sitio en parte del área de muestra. Los descubrimientos principales se sumarizan así:

- El área total de deslizamientos de ladera cubre 9.68% del área de muestra.

- La profundidad del colapso en el área de muestra del Río Choloma fue de centímetros, mientras que fue de 1 - 2 metros en el área de muestra de la cuenca del Río La Jutosa. La profundidad promedio de colapso de las área de pendiente fue estimada en apróximadamente un (1) metro.

- La mayoría de los materiales de pendiente colapsados parecen haber sido ya descargados aguas abajo como flujo de avalancha o flujos de sedimento, y muy pocos depósitos inestables se cree que aun permanecen en las laderas.

6.3.2 Fluctuación del Lecho del Río

La fluctuación del lecho del río que acompaña a la deposición y descarga de sedimentos en el Río Choloma y el Río Blanco fue estimada usando fotografías aéreas tomadas en 1954, 1974 y 1975. Sin embargo, para los tributarios de la cuenca alta del Río Choloma y el Río Blanco no pudo ser examinada, debido a que no había fotografías disponibles para estas áreas.

Estudiando los elementos básicos que forman el paisaje de erosión fluvial, tales como planicies aluviales de cauces de ríos, terrazas de inundación y abanicos aluviales, la superficie de la tierra previamente afectada por la sedimentación puede ser apróximada. El espesor de los sedimentos desbordantes fue estimado refiriéndose a las condiciones enterradas de la vegetación y estructuras hechas por el hombre como casas, así como a datos del paisaje obtenidos de las fotografías aéreas de 1954.

Las fluctuaciones del lecho del río durante el Huracán Fifí, identificadas a través de lectura de fotografías aéreas e investigación de campo, se explican a continuación:

- La ocurrencia de flujos de avalancha fue observada en casi todas las cuencas de primer y segundo orden.
- Las áreas de depósito de sedimentos identificadas a lo largo del Río Choloma y el Río Blanco se muestran en las *Figs.* 6.4(1) y (2).

Se explican así:

(Cuenca del Río Choloma)

El sedimento descargado por el Río Majaine, el Río La Jutosa y sus tributarios tales como la Quebrada Guana, fueron espesamente depositados en la planicie de inundación que se extiende de la confluencia del Río La Jutosa a la vecindad del puente del ferrocarril en Choloma, y en el curso del río hasta unos pocos kilómetros aguas abajo del puente del ferrocarril. Depósitos delgados de sedimento fueron identificados en una amplia área desde el puente del ferrocarril hasta el Canal San Roque.

Río Majaine

El área de sedimentación identificada fue el tramo inmediatamente aguas arriba de la confluencia con la Quebrada del Ocotillo. La mayoría de la sedimentación ocurrió en el tramo entre la confluencia con la Quebrada del Ocotillo y la sección inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Río La Jutosa. Se observaron depósitos de flujo de avalancha en el tramo alto de la confluencia con la Quebrada del Ocotillo.

Río La Jutosa

La sedimentación fue identificada en la vecindad de la confluencia con la Quebrada la Danta. Depósitos de flujo de avalancha fueron observados aguas arriba de la vieja terraza de avalancha cerca de la confluencia con el Río Choloma. La mayoría de la sedimentación fue identificada en la misma área que los depósitos de flujo de avalancha.

(Cuenca del Río Blanco)

Río del Zapotal

La sedimentación fue identificada en el curso del río ligeramente aguas arriba de la salida del valle. El sedimento descargado fluyó hacia abajo y se depositó a lo largo del curso viejo del río, cerca de la cabeza del abanico aluvial localizado en la salida del valle, pero en el abanico aluvial medio fluyó sobre el curso del río y formó depósitos como abanicos.

El sedimento desbordante convergió con el sedimento descargado del Río Armenta, fluyó más allá aguas abajo y se depositó espesamente en una amplia área que se extiende hasta las cercanías del puente de la Carretera del Norte. Depósitos espesos de sedimento fueron también identificados por varios kilómetros a lo largo del curso del río existente en aquel entonces. Junto con los sedimentos descargados por el Río Armenta, el área de sedimentación se expandió a otros cinco-seis kilómetros aguas abajo del puente sobre la Carretera del Norte hasta la Laguna del Carmen.

Río Chiquito

La sedimentación fue identificada en el curso del río ligeramente aguas arriba de la salida del valle. Fluyó y se depositó a lo largo del curso del río hasta que fue bloqueda por los depósitos de sedimento del Río Zapotal, y después cambió de dirección, fluyendo hacia abajo al sureste a lo largo del curso del río existente en aquel entonces, formando un espeso depósito en forma de abanico. Ligera sedimentación fue identificada en un amplia área abajo del puente sobre la Carretera del Norte.

Río Armenta

Se ha identificado que el sedimento convergió con el sedimento descargado de la Quebrada de Penosarea, se depositó espesamente desde la cabeza del abanico aluvial a la salida del valle hasta la vecindad de la confluencia con el Río del Zapotal. Una parte del sedimento se depositó en el área plana que está localizada entre los cursos de los ríos en la parte sur del abanico aluvial.

6.3.3 Balance de Sedimento

El balance de sedimento del Huracán Fiff en la cuenca del Río Choloma fue estimado y se muestra en la *Fig.* 6.5. Los respectivos volúmenes de sedimento fueron derivados de la manera siguiente:

1) Volumen de Sedimento Producido del Area Colapsada (Vfc)

Vfc = A x Cr x Cd x Dr

Donde,

A : Area de pendiente de montaña,
Cr : Tasa de área colapsada (9.68%),
Cd : Profundidad colapsada promedio (1.0 metros),
Dr : Tasa de descarga de masa de depósitos colapsada(100%).

2) Volumen de Sedimento Erosionado del Curso del Río (Vfe)

Vfe es igual a los depósitos inestables del lecho del río en las corrientes de primero, segundo y algunas de tercer orden. Algunos valles de tercer orden fueron omitidos de los cálculos de Vfe, porque fueron clasificados como los tramos de sedimentación en base a foto interpretación aérea y levantamientos del sitio. El valor de los depósitos inestables del lecho del río fue basado en los resultados de los depósitos inestables en relación a la producción de sedimento.

3) Volumen de Sedimento Suministrado (Vfs)

Vfs = Vfc + Vfe

4) Volumen de Sedimento Acumulado (Vfa)

El volumen neto de sedimento depositado en la cuenca del Río Choloma durante la inundación de 1974 se estimó en 6,545,500 metros cúbicos. Esta cantidad de sedimento ha sido descargada aguas abajo por las inundaciones subsecuentes, pero en menor intensidad. Esto ha causado agradación y bloqueo del curso de los ríos y canales de drenaje aguas abajo.

6.4 Depósitos Inestables en Relación a la Producción de Sedimento

Los depósitos aluviales inestables que son las fuentes de producción de sedimento, tales como colapsos, conos de talud, avalanchas, abanicos aluviales, conos aluviales y depósitos de cursos de ríos en canales de corrientes, fueron reconocidos en el área de studio a través de fotografías aéreas a escala 1:10,000 tomadas en 1989 y a escala 1:40,000 tomadas en 1992. Los resultados de este estudio se muestran en las *Figs.* 6.6 (1) - (5).

Aunque algunas avalanchas han sido identificadas en la parte sur de la cuenca de Río Piedras, que no son comunes en el área de estudio, es poco probable que hayan producido sedimento en el Huracán Fifí.

6.4.1 Areas de Colapso Pasadas

Un total de 646 sitios de colapso fueron reconocidos en el área de estudio, a través de la foto interpretación aérea. Estas áreas de colapso fueron dibujadas y medidas en un mapa topográfico 1:20,000. Aunque todas las áreas colapsadas de 150 metros cuadrados o más podrían haber sido reconocidas, aquellas áreas colapsadas que estuvieren cubiertas por vegetación y aquellas abruptas fallas de los márgenes de pequeño a mediano tamaño que eran difíciles de reconocer, podrían no haber sido identificadas. Según el levantamiento de campo, se decidió que la profundidad de colapso promedio en las áreas colapsadas existentes era de un (1) metro, y la relación de los restantes era de diez (10) por ciento. Los restantes materiales colapsados fueron estimados y se presentan en la *Tabla* 6.1.

La foto interpretación indica que las áreas de colapso están distribuidas principalmente en las cuencas altas de los Ríos Choloma y Blanco, y en las parte norte de la cuencas más altas del Río Santa Ana, mientras que sólo unas pocas de esas áreas existen en la cuenca del Río Piedras y en la cuenca media-baja del Río Santa Ana. En esas cuencas del Río Choloma, Río Blanco y Río Santa Ana, la relación de áreas colpsadas está entre 41 y 55 por ciento, mientras que en la cuenca del Río Piedras la relación es de 7 por ciento. La relación en la cuenca medio-baja del Río Santa Ana es de 22 por ciento. Las relaciones indican más de 51 por ciento en el área que se piensa es de rocas graníticas, pero menos de 30 por ciento en el área de rocas metamórficas. La relación de ocupación de las áreas colapsadas existentes se muestra en la *Tabla* 6.2.

6.4.2 Depósitos Inestables del Lecho del Río (Vbu)

En el Huracán Fifí, la producción de sedimentos en las corrientes de primer y segundo orden fueron descargados principalmente como flujo de avalancha y flujo de

sedimentos, mientras que la producción de sedimentos en las corrientes de tercer a quinto orden fue transportada como carga del lecho.

De acuerdo a lo anterior, el total de los depósitos inestables existentes en las corrientes de primer y segundo orden fueron estimados como depósitos inestables del lecho de ríos, mientras que en las corrientes de tercer a quinto orden, la cantidad probablemente producida por erosión secundaria, fue estimada como los depósitos inestables del lecho de ríos, pero sin incluir los tramos identificados como áreas de sedimentación. La cantidad de Vbu se estima así:

- La producción de sedimento de las corrientes de primer y segundo orden fue estimada por la longitud y anchura de las corrientes, y el espesor de los depósitos fue estimado en base a la siguiente tabla:

	Corriente de Primer Orden	Corriente de Segundo Orden
Anchura	3.0 - 5.0 metros	3.0 - 7.0 metros
Espesor	0.5 - 1.5 metros	0.8 - 1.5 metros

- La producción de sedimentos de las corrientes de tercer a quinto orden fue estimada en base a la profundidad de la erosión secundaria, que se estableció que era entre 1.0 y 2.0 metros según las investigaciones de campo.

Los resultados de los cálculos se presentan en la *Tabla* 6.3.

6.4.3 Depósitos Inestables a lo Largo del Curso del Río (Vcu)

Los depósitos aluviales inestables a lo largo de las corrientes tales como depósitos de terraza, depósitos de talud, depósitos de abanicos aluviales, serían fácilmente erosionables durante las crecidas. Esos tramos se establecieron como áreas potenciales de producción de sedimentos. El volumen de los depósitos inestables a lo largo del curso de los ríos se derivó de la siguiente ecuación:

$$Vcu = Lu \times Wu \times Tu$$

Dinde,

Vcu : Depósitos inestables a lo largo del curso del río,
Lu : Longitud del área de depósito inestable a lo largo del río,
Wu : Anchura del área de depósitos inestables,
Tu : Espesor de los depósitos inestables.

Lu y Wu fueron derivados en base al mapa de distribución de los sedimentos inestables existentes. Tu fue estimado a partir de investigaciones de campo y análisis de fotografías. Los resultados de los cálculos se presentan en la *Tabla* 6.4.

TABLAS

TABLA 6.1 DERRUMBAMIENTOS EXISTENTES

C.P	River Basin Name , Stream Order and Number Nombre del Rio , Orden de La Corriente y Numero de Cuenca	Drainage Area		Collapse / Derrumbamiento			
		Drainage Area (DA) km²	Mountain Slope Area (A) km²	Collapsed Slope Area (Ca) m²	Occupied Ratio (Cr) %	Volume (Vc) m³	Residual Volume (Vru) m³
①	Rio Majaine 5-1-1	34.63	33.49	163730	0.48	163730	16373
②	Rio La Jutosa 4-3	20.39	18.29	67320	0.36	67320	6732
	Remains	16.62	10.04	25710	0.26	25710	2571
△	Rio Choloma Basin	71.64	61.82	256760	0.41	256760	25676
①	Rio del Zapotal 4-1-1	17.92	17.92	165750	0.92	165750	16575
②	Rio de Armenta 3-3-1	9.02	9.02	47450	0.52	47450	4745
③	Rio Chiquito 3-5,3-6	7.47	6.98	2700	0.03	2700	270
	Remains	9.49	5.29	3100	0.06	3100	310
△	Rio Blanco Baisin	43.90	39.21	219000	0.55	219000	21900
①	Rio Santa Ana 4-1-1	22.39	22.39	125630	0.56	125630	12563
	Remains	15.24	6.20	5250	0.08	5250	525
△	Rio Santa Ana Basin	37.63	28.59	130880	0.46	130880	13088
①	Rio Piedras 3-1-2	20.09	20.09	16400	0.08	16400	1640
	Remains	10.78	6.68	1200	0.02	1200	120
△	Rio Piedras Basin	30.87	26.77	17600	0.07	17600	1760

Note/Nota :

Average collapsed depth / Profundidad promedio de derrumbamiento=1.0m

Residual ratio of collapsed mass deposits on the slope / Porcentaje remanente de derrumbamiento=10%

C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point & Number / Punto de sub-control y numer

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

DA : Area de cuenca

A : Area de montañosa

Ca : Collapsed slopa Area / Area de cuesta derrumbada

Cr : Radio ocupado (=Ca/A×100)

Vc : Volume of collapsed mass deposits / Volumen de depositos masa de derrumbamiento (=Ca×1.0m)

Vru : Residual unstable deposits of existing past collapsed area (=Vc×10%)
Depositos residuales inestables existentes del area derrumbada anteriormente

TABLA 6.2 PORCENTAJE DE AREA COLAPSADAS EXISTENTES

Drainage Basin Control point	D.A km^2	A km^2	Ca $\times 10^3 m^2$	Rr %
① Rio Majaine	34.63	33.49	163.73	0.48
② Rio La Jutosa	20.39	18.29	67.32	0.36
Remains	16.62	10.04	25.71	0.26
△ Rio Choroma Total	71.64	61.82	256.76	0.41
① Rio del Zapotal	17.92	17.92	165.75	0.92
② Rio de Armenta	9.02	9.02	47.45	0.52
③ Rio Chiquito	7.47	6.98	2.70	0.03
Remains	9.49	5.29	3.10	0.06
△ Rio Blanco Total	43.90	39.21	219.00	0.55
Rio Santa Ana	9.44	9.44	89.45	0.95
① Rio Santa Ana	12.95	12.95	36.18	0.28
Remains	15.24	6.20	5.25	0.08
△ Rio Santa Ana Total	37.63	28.59	130.88	0.46
① Rio Piedras	20.09	20.09	16.40	0.08
Remains	10.78	6.68	1.20	0.02
△ Rio Piedras Total	30.87	26.77	17.60	0.07

Note/Nota :

Drainage basin : Cuenca de drenaje

△ : Design control point / Punto de control para diseño

① : Sub-control point and Number / Punt de sub-control y Numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

D.A : Drainage area / Area de cuenca

A : Mountain slope area / Area de momtañosa

Ca : Collapsed slope area / Area colapsada

Rr : Ratio of collapsed slope area / Porcentaje de area de colapsos (= Ca/A×100)

TABLA 6.3 DEPOSITOS EN EL CAUCE DEL RIO

C.P	River Basin Name , Stream Order and Number Nombre del Rio , Orden de La Corriente y Numero de Cuenca	Drainage Area (DA) km²	Riverbed Deposits (Vbu) m³
①	Rio Majaine 5-1-1	34.63	483535
②	Rio La Jutosa 4-3	20.39	352345
	Remains	16.62	149315
△	Rio Choloma Baisn	71.64	985195
①	Rio del Zapotal 4-1-1	17.92	212305
②	Rio de Armenta 3-3-1	9.02	88520
③	Rio Chiquito 3-5,3-6	7.47	105020
	Remains	9.49	32680
△	Rio Blanco Basin	43.90	438525
①	Rio Santa Ana 4-1-1	22.39	325740
	Remains	15.24	92775
△	Rio Santa Ana Basin	37.63	418515
①	Rio Piedras 3-1-2	20.09	266820
	Remains	10.78	60540
△	Rio Piedras Basin	30.87	327360

Note/Nota :

C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point & number / Punto de sub-control y numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

DA : Area de cuenca

Vbu : Unstable riverbed deposits
Depositos inestables en el lecho del rio

TABLA 6.4 VOLUMEN DE DEPOSITOS INESTABLES

River Basin Name , Stream Order and Number C.P Nombre del Rio , Orden de La Corriente y Numero de Cuenca	DA km^2	Vru $x10^3$ m^3	Vbu $x10^3$ m^3	Vcu $x10^3$ m^3
① Rio Majaine 5-1-1	34.63	16.8	483.6	1644.4
② Rio La Jutosa 4-3	20.39	6.8	352.2	4760.4
Remains	16.62	2.5	149.3	7168.1
△ Rio Choloma Basin	71.64	26.1	985.1	13572.9
① Rio del Zapotal 4-1-1	17.92	16.5	212.2	725.5
② Rio de Armenta 3-3-1	9.02	4.8	88.5	97.5
③ Rio Chiquito 3-5,3-6	7.47	0.3	105.1	112.8
Remains	9.49	0.4	32.7	6370.1
△ Rio Blanco Baisin	43.90	22.0	438.5	7305.9
① Rio Santa Ana 4-1-1	22.39	12.5	325.9	157.2
Remains	15.24	0.5	92.9	472.5
△ Rio Santa Ana Basin	37.63	13.0	418.8	629.7
① Rio Piedras 3-1-2	20.09	1.6	266.8	878.7
Remains	10.78	0.2	60.6	798.1
△ Rio Piedras Basin	30.87	1.8	327.4	1676.8

Note/Nota :
- C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño
- ① : Sub-control point & number / Punto de sub-control y numero
- Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca
- DA : Drainage area / Area de cuenca
- Vru : Residual unstable deposits of existing past collapsed area
  Depositos residuales inestables existentes del area derrumbada anteriormente
- Vbu : Unstable riverbed deposits
  Depositos inestables en el lecho del rio
- Vcu : Unstable deposits along the river course
  Depositos inestables a lo largo del curso del rio

FIGURAS

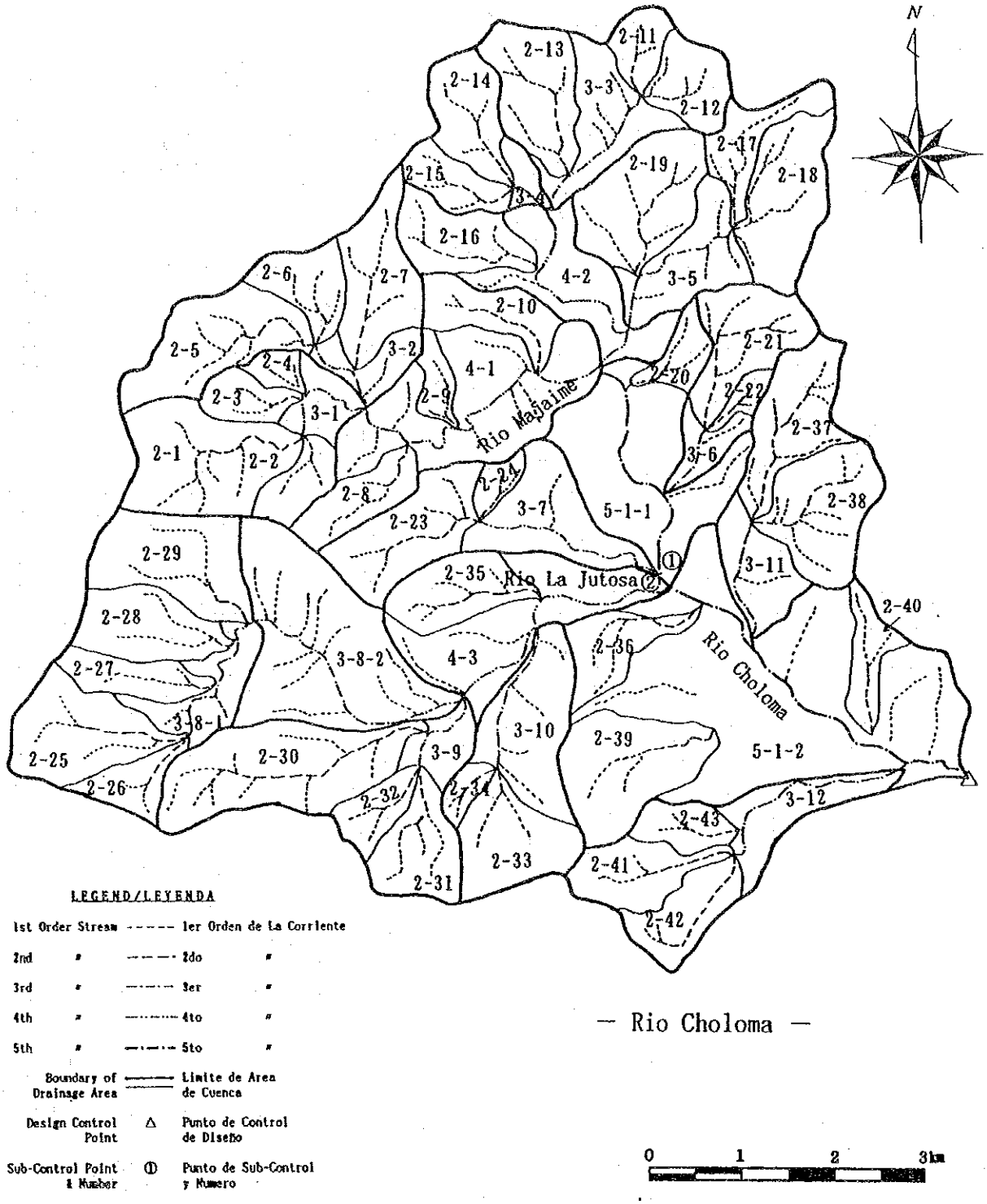


FIG. 6.1(1) ORDEN DE CORRIENTE (RIO CHOLOMA)

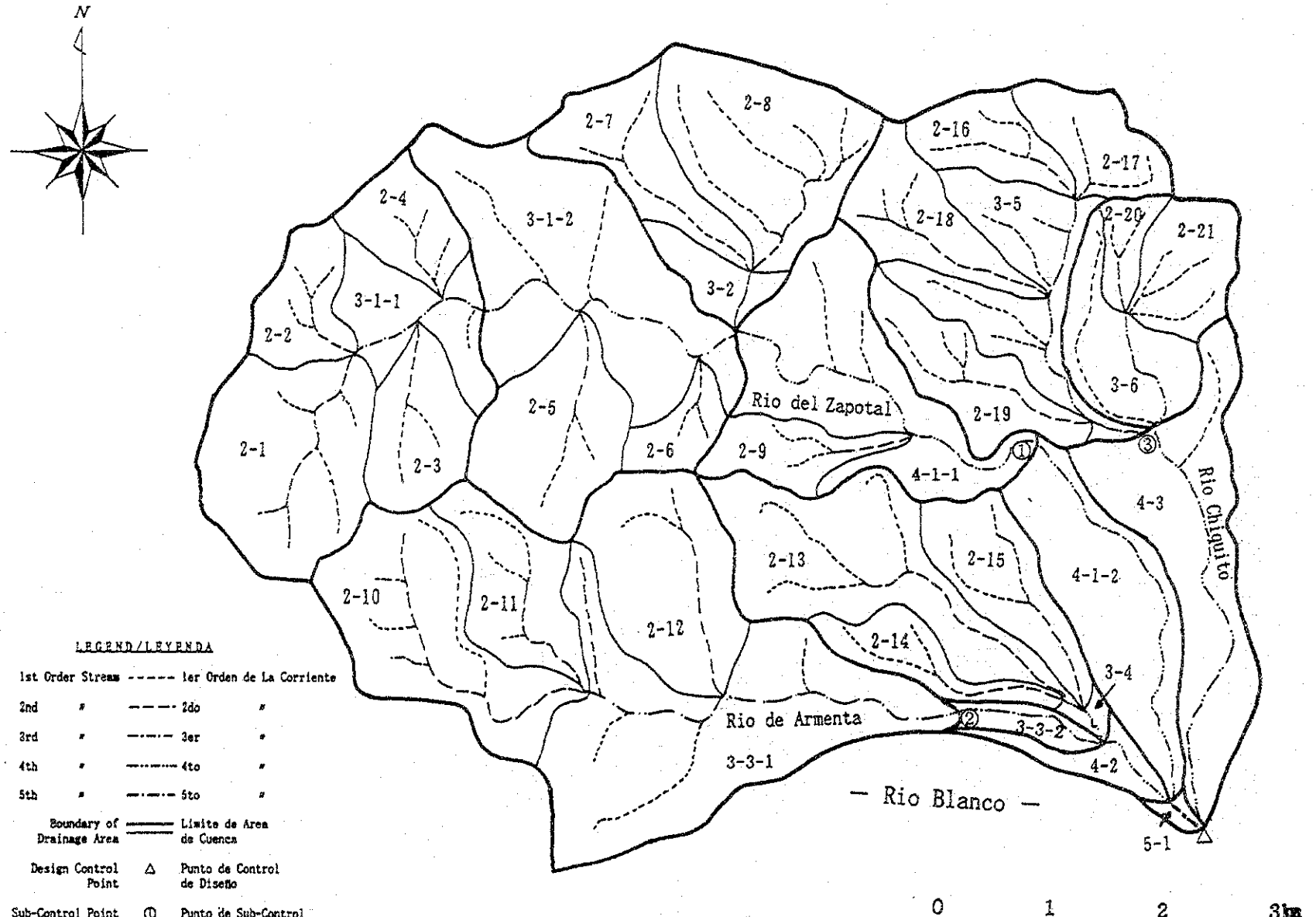


FIG. 6.1(2) ORDEN DE CORRIENTE (RIO BLANCO)

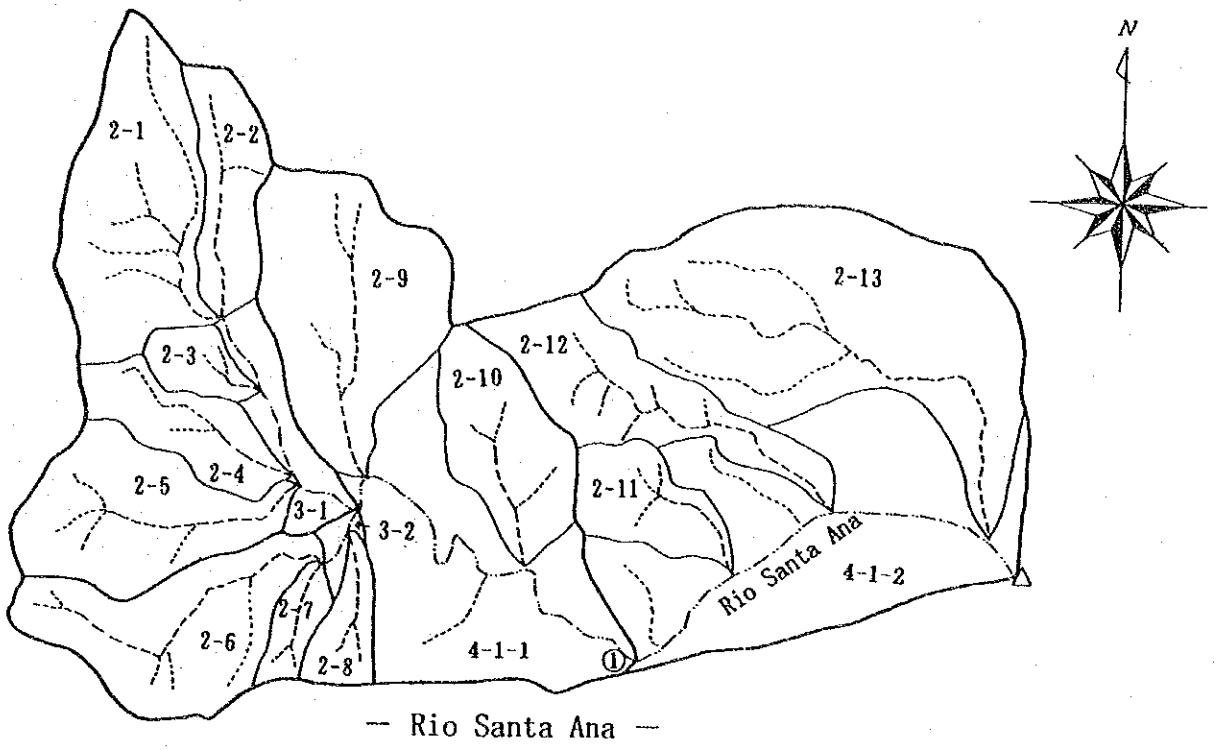


FIG. 6.1(3) ORDEN DE CORRIENTE (RIO SANTA ANA)

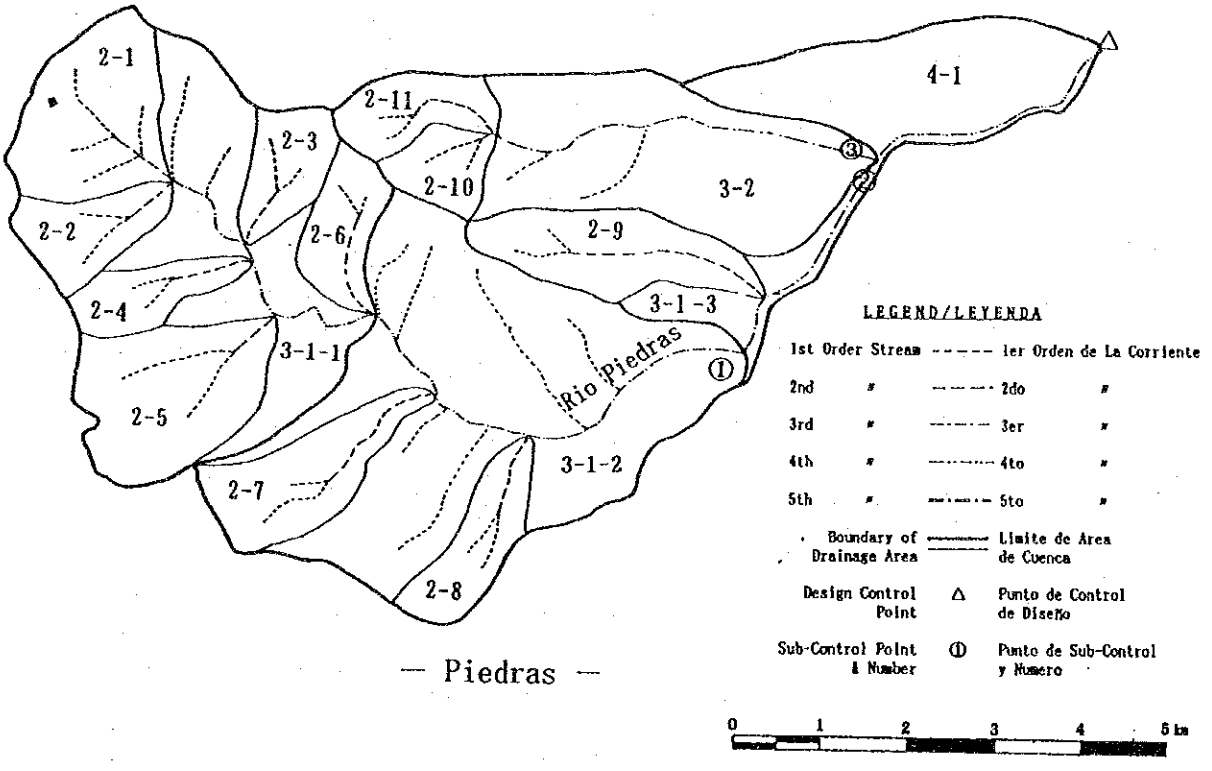


FIG. 6.1(4) ORDEN DE CORRENTE (RIO PIEDRAS)

LEGEND/LEYENDA

- 2nd Order Stream & Drainage Nimber /2do Orden de La Corriente y Numero de Cuenca
- 3rd " /3er "
- 4th " /4to "
- 5th " /5to "
- △ Design Control Point /Punto de Control de Diseño
- ① Sub-ControlPoint & Number /Punto de Sub-Control y Numero

Note/Nota : Rem.=Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

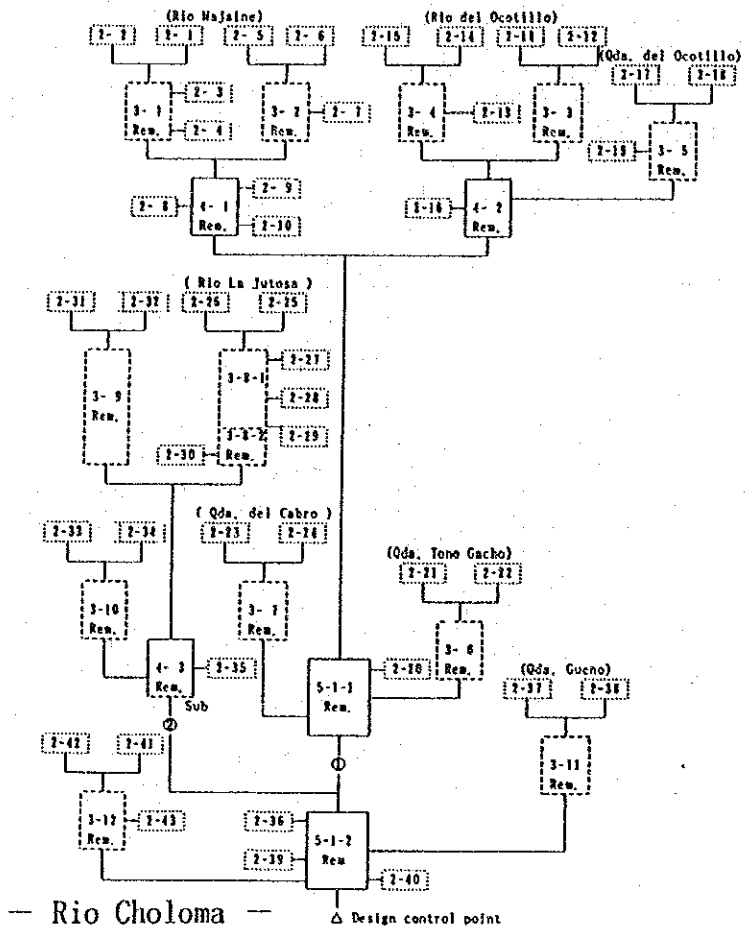


FIG. 6.2(1) SISTEMA DE RIO (RIO CHOLOMA)

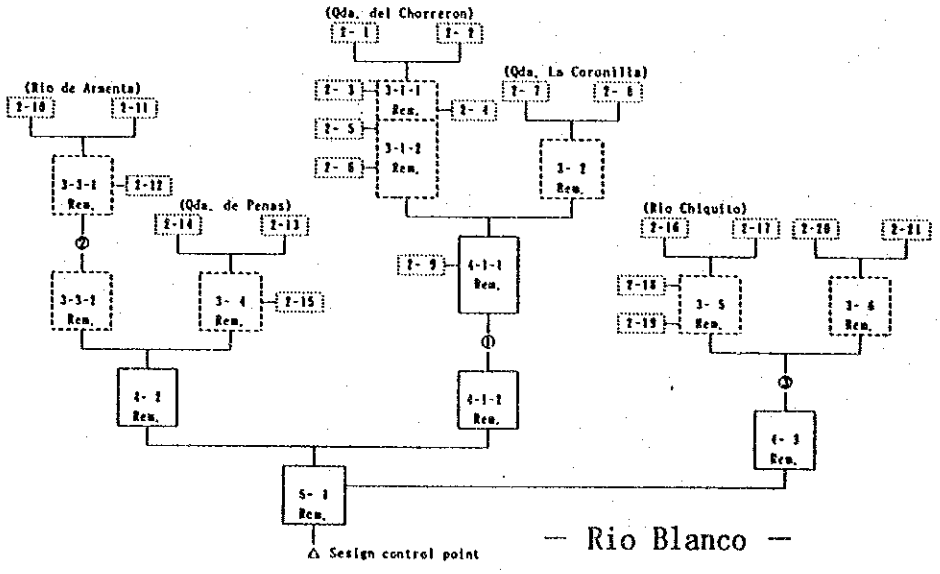


FIG. 6.2(2) SISTEMA DE RIO (RIO BLANCO)

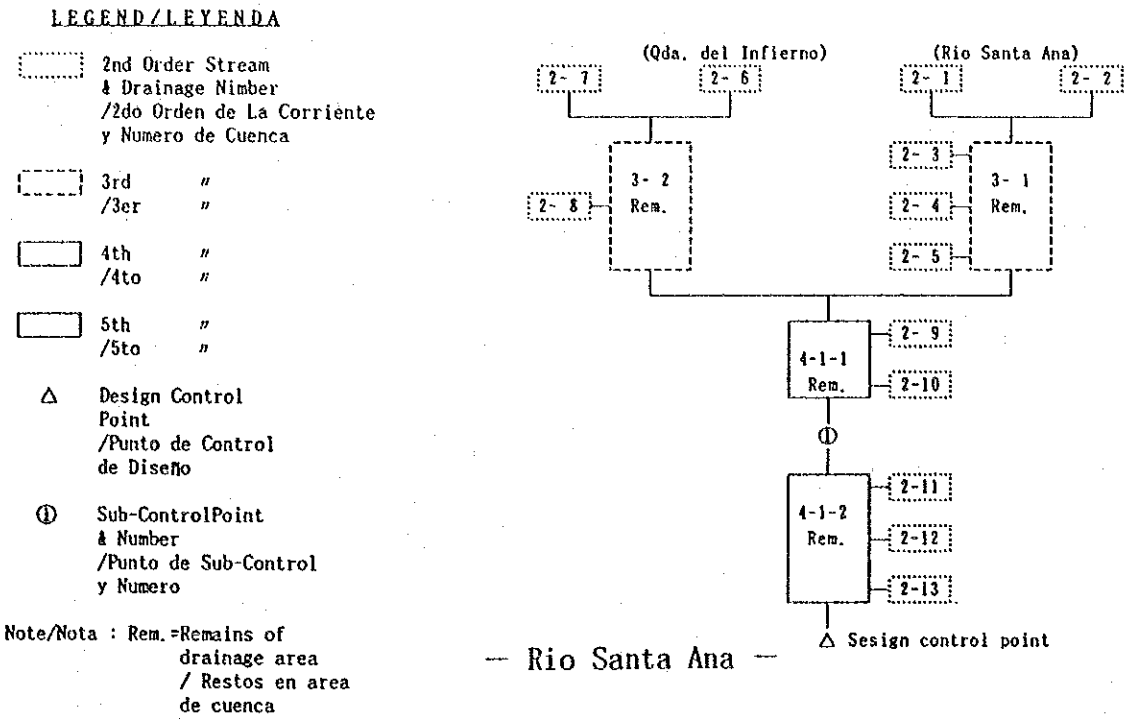


FIG. 6.2(3) SISTEMA DE RIO (RIO SANTA ANA)

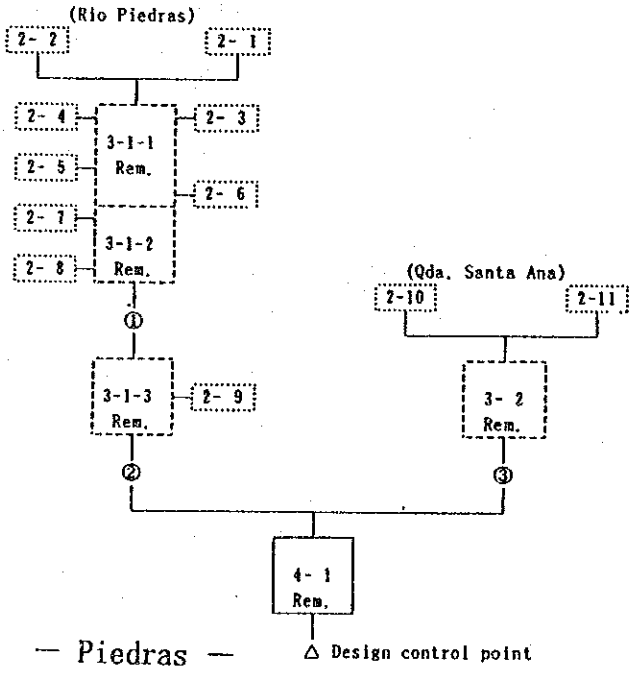


FIG. 6.2(4) SISTEMA DE RIO (RIO PIEDRAS)

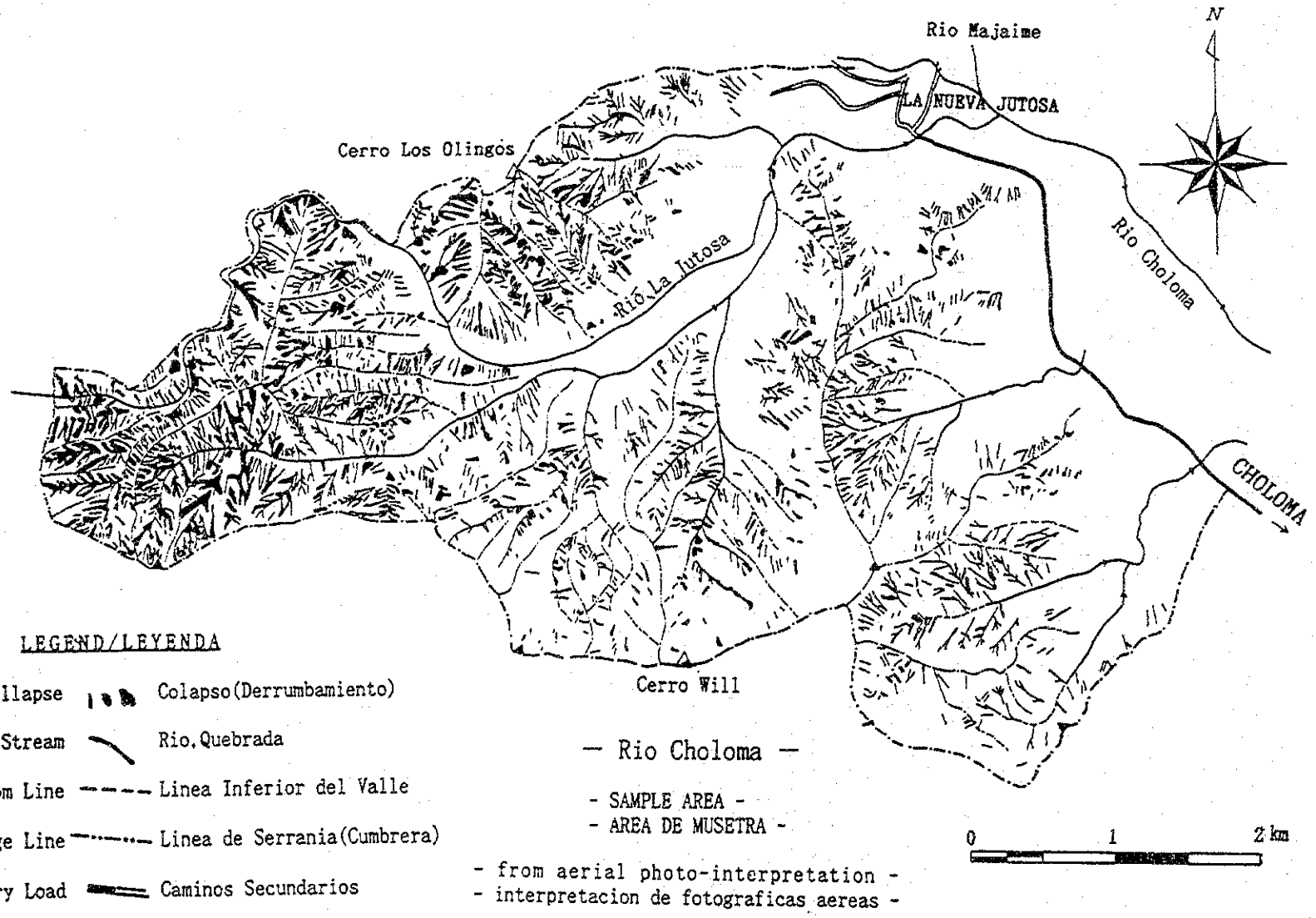


FIG. 6.3 DESLIZAMIENTOS DE LADERAS OCURRIDOS EN 1974

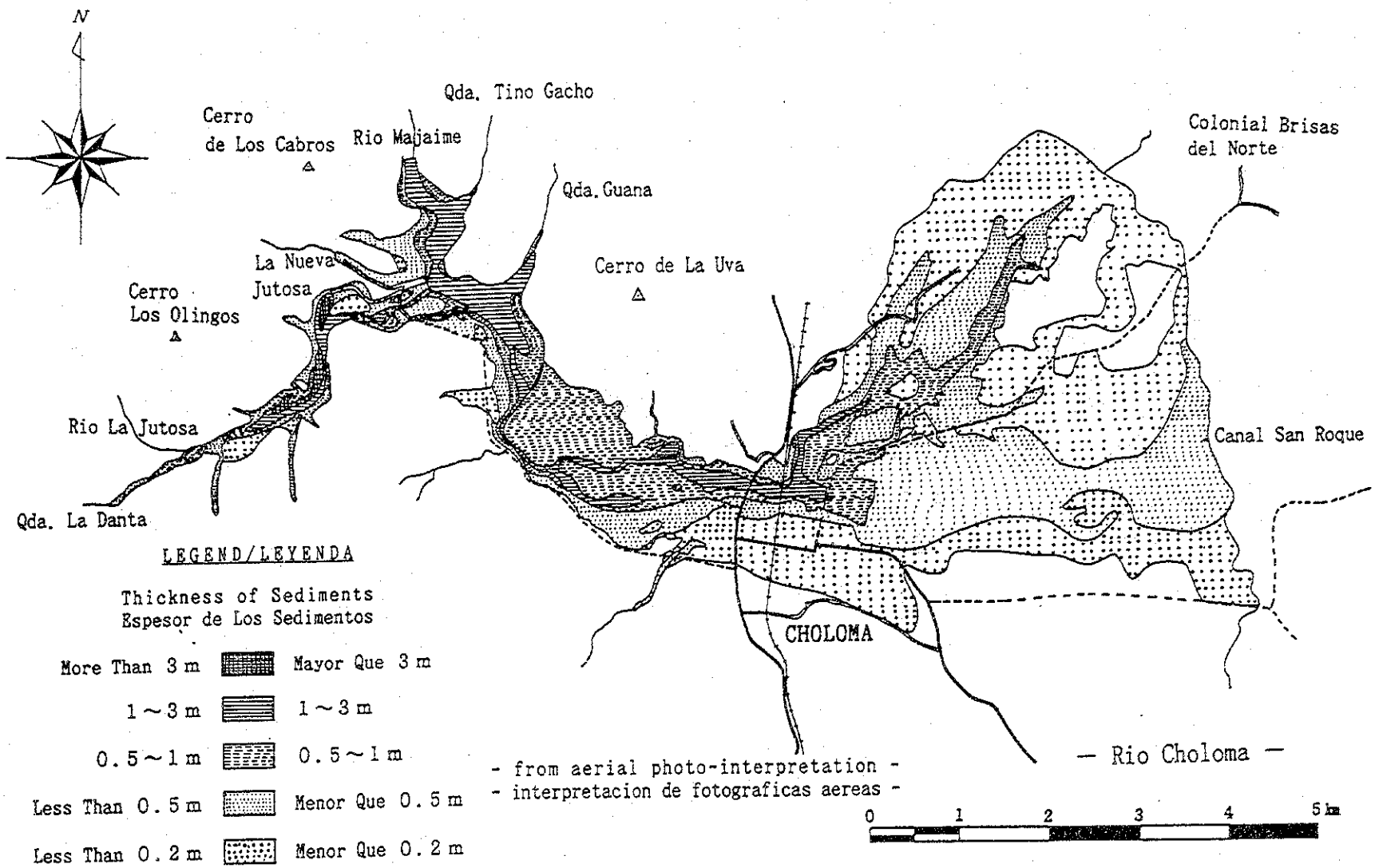


FIG. 6.4(1) ESPESOR DE SEDIMENTOS (RIO CHOLOMA INUNDACION DE 1974)

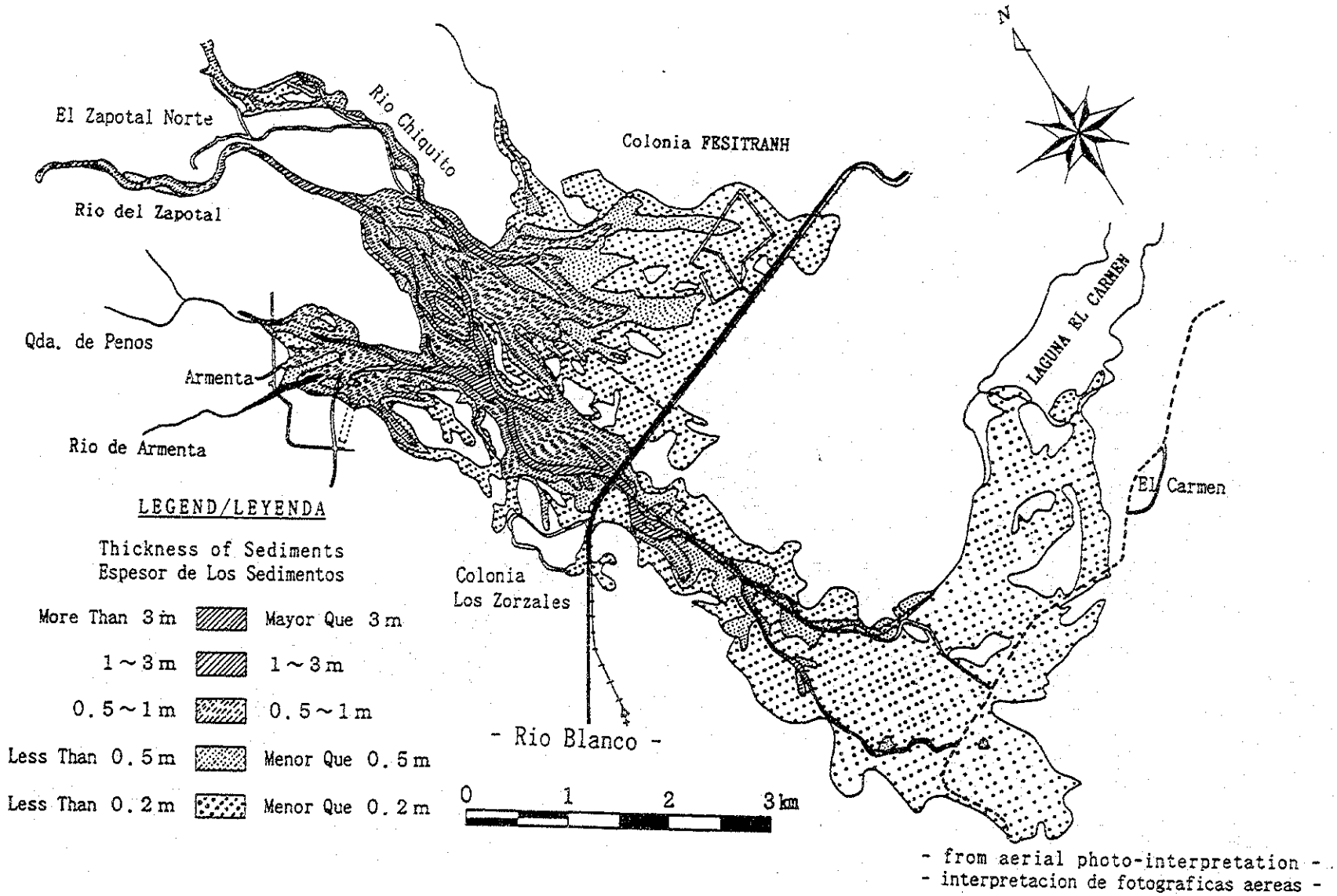
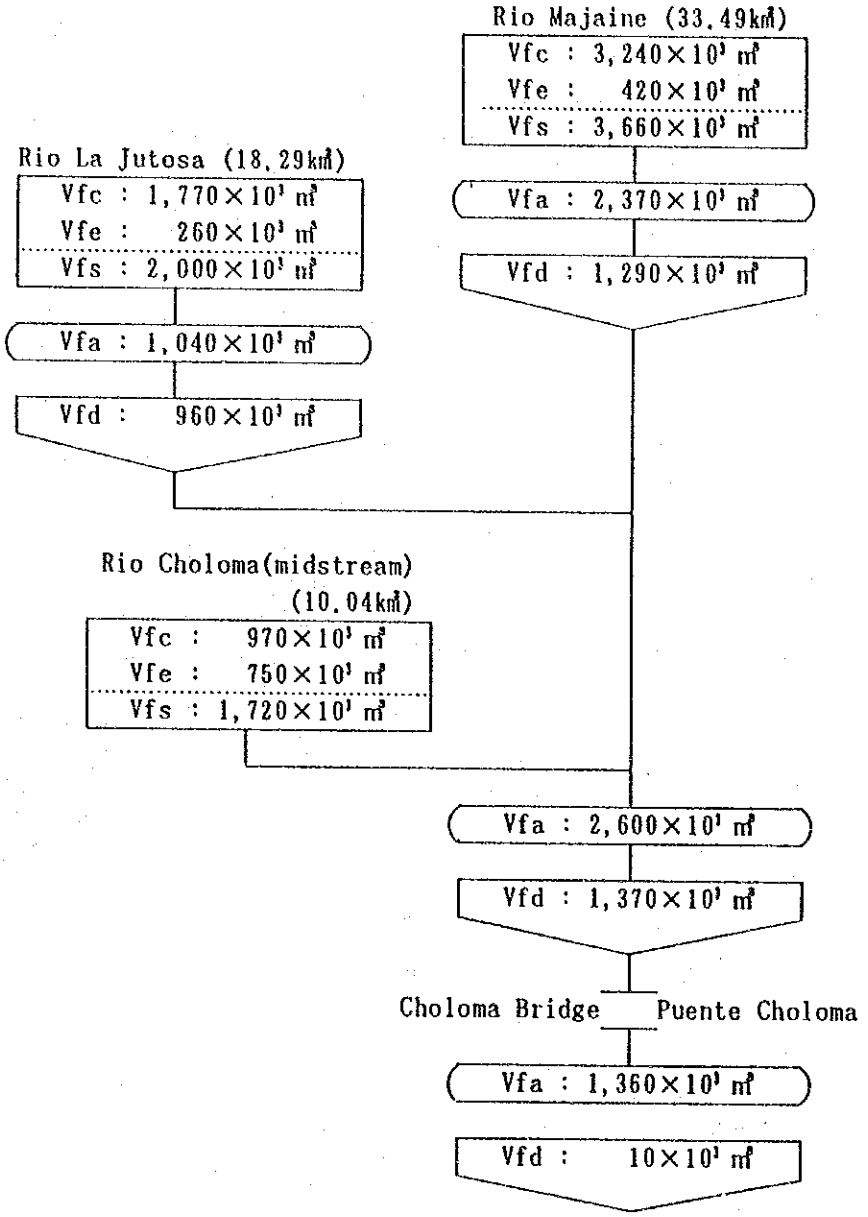


FIG. 6.4(2) ESPESOR DE SEDIMENTOS (RIO BLANCO INUNDACION DE 1974)



Vfc : Produced sediment volume from collapsed area
/ Volumen de sedimentos producido por colapsada

Vfe : Eroded sediment volume of the river course
/ Volumen de sedimentos erosionada en el curse del rio

Vfs : Supplied sediment volume
/ Volumen de sedimentos suministrado(=Vfc+Vfe)

Vfa : Accumulated sediment volume
/ Volumen de sedimentos acumulado

Vfd : Sediment discharge volume
/ Volumen de descarge de sedimentos(=Vfs+Vfd)

(km²) : Mountain slope area / Area de montañosa

FIG. 6.5 BALANCE DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (INUNDACION DE 1974)

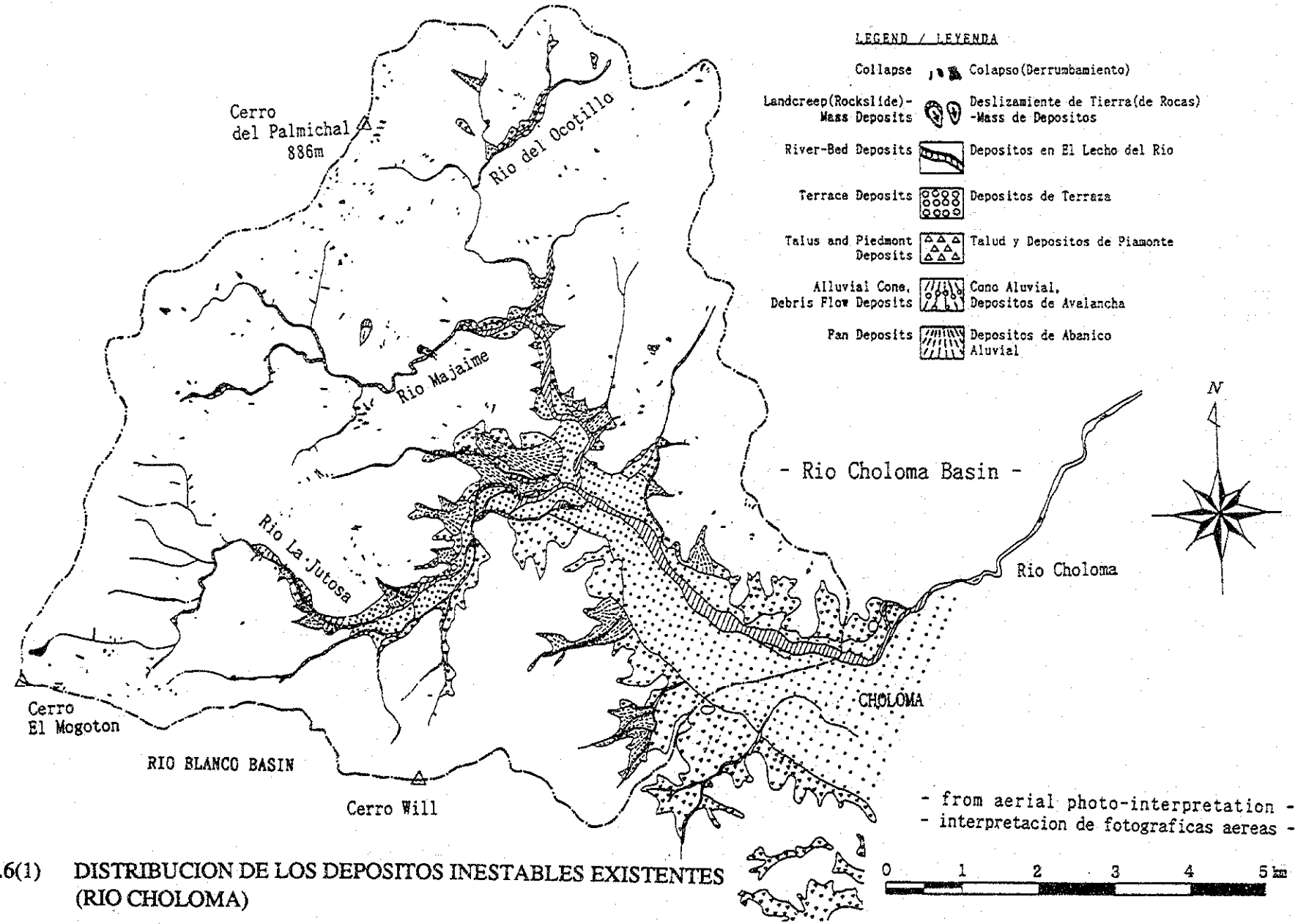


FIG. 6.6(1) DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS INESTABLES EXISTENTES (RIO CHOLOMA)

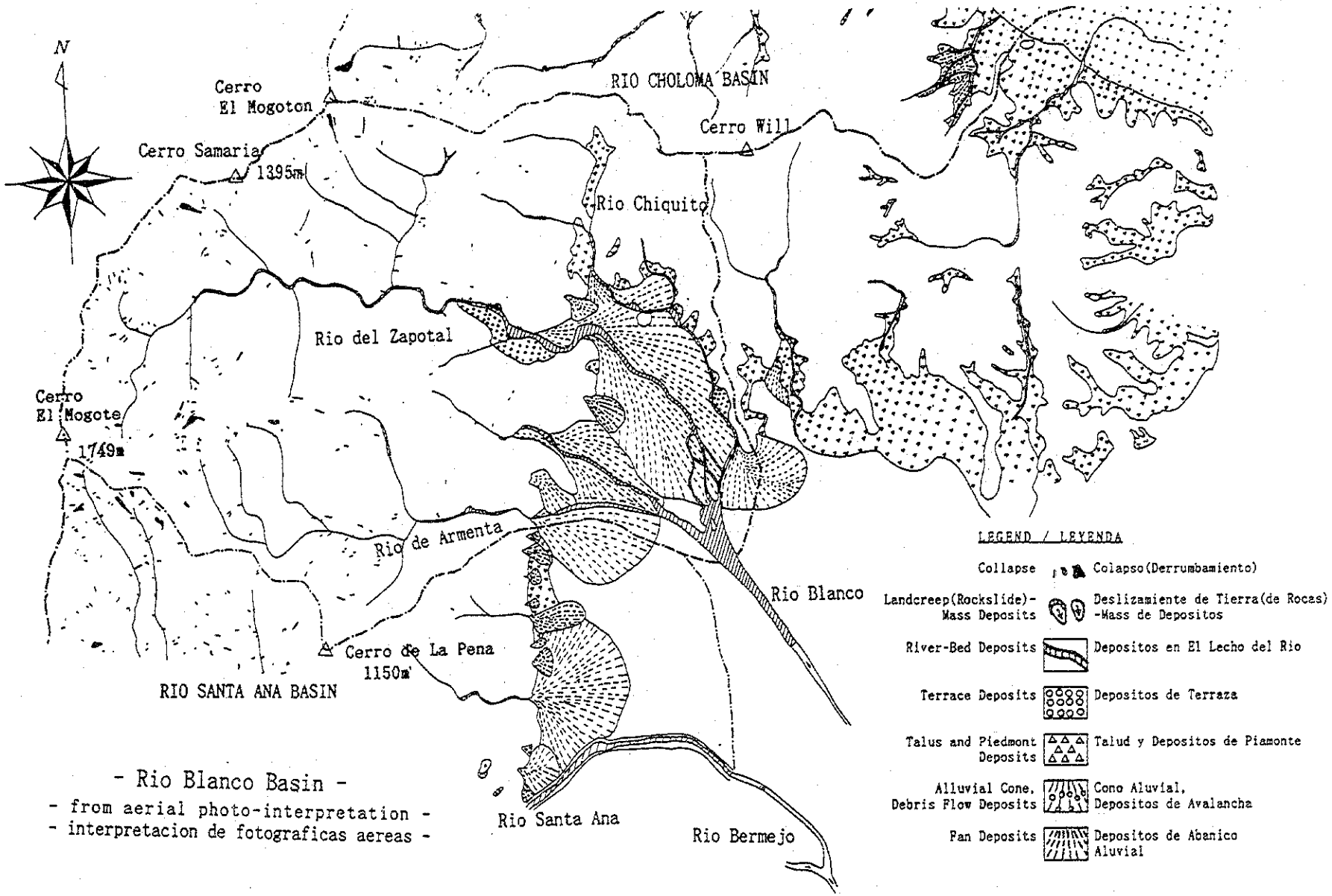


FIG. 6.6(2) DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS INESTABLES EXISTENTES (RIO BLANCO)

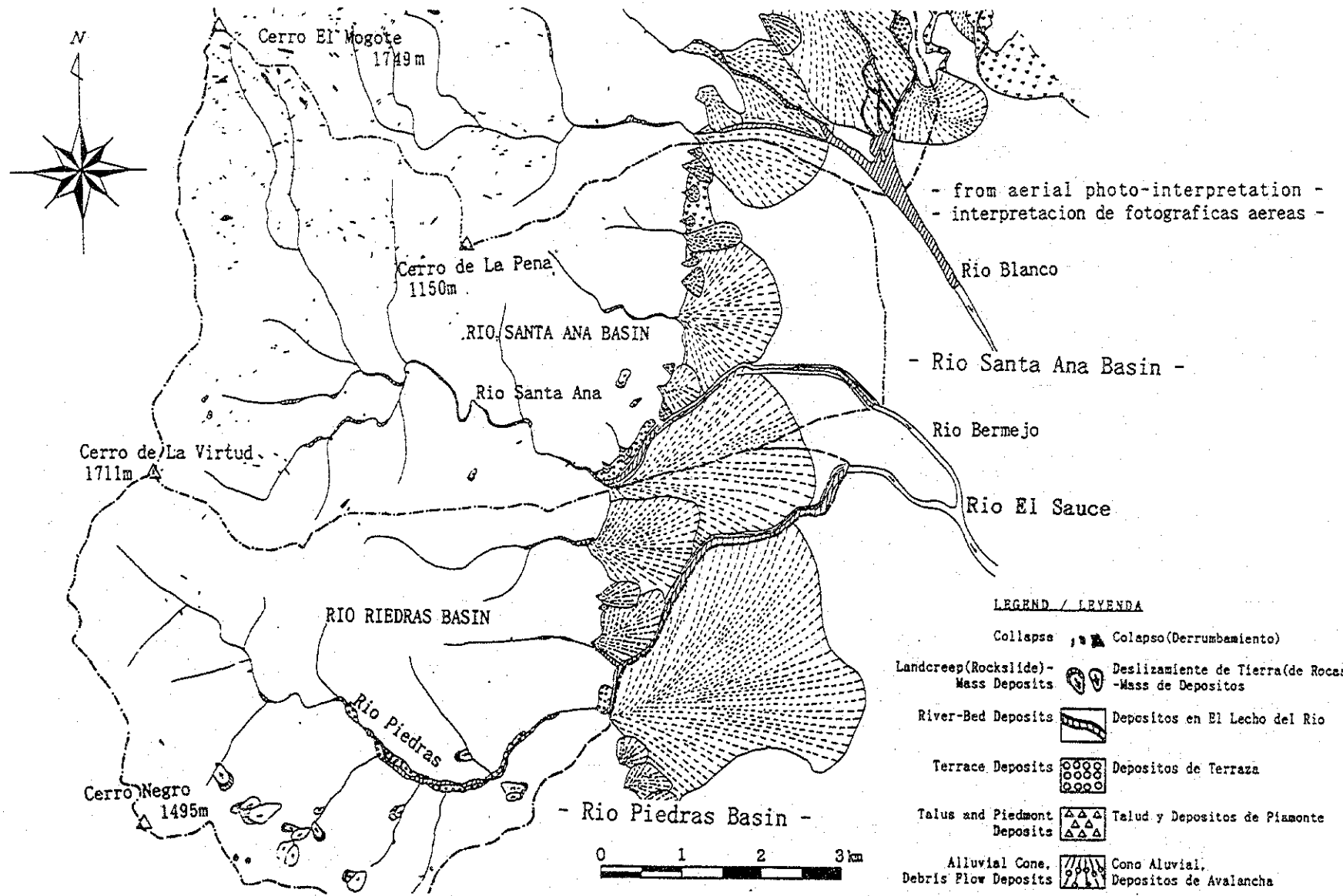


FIG. 6.6(3) DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS INESTABLES EXISTENTES (RIO SANTA ANA Y RIO PIEDRAS)

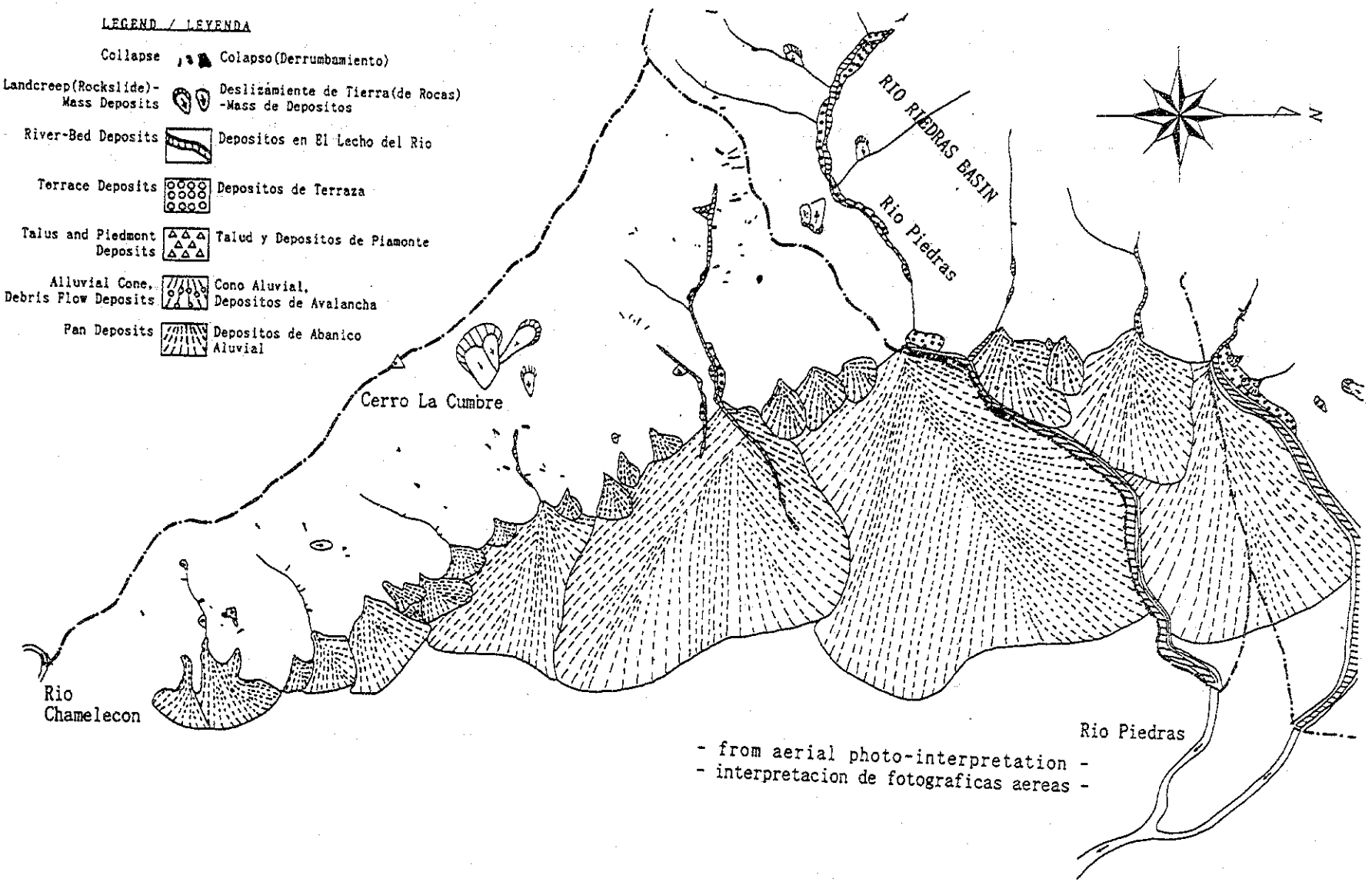


FIG. 6.6(4) DISTRIBUTION DE LOS DEPOSITOS INESTABLES EXISTENTES(PARTE SUR DEL AREA DE ESTUDIO)

1 2 3 km

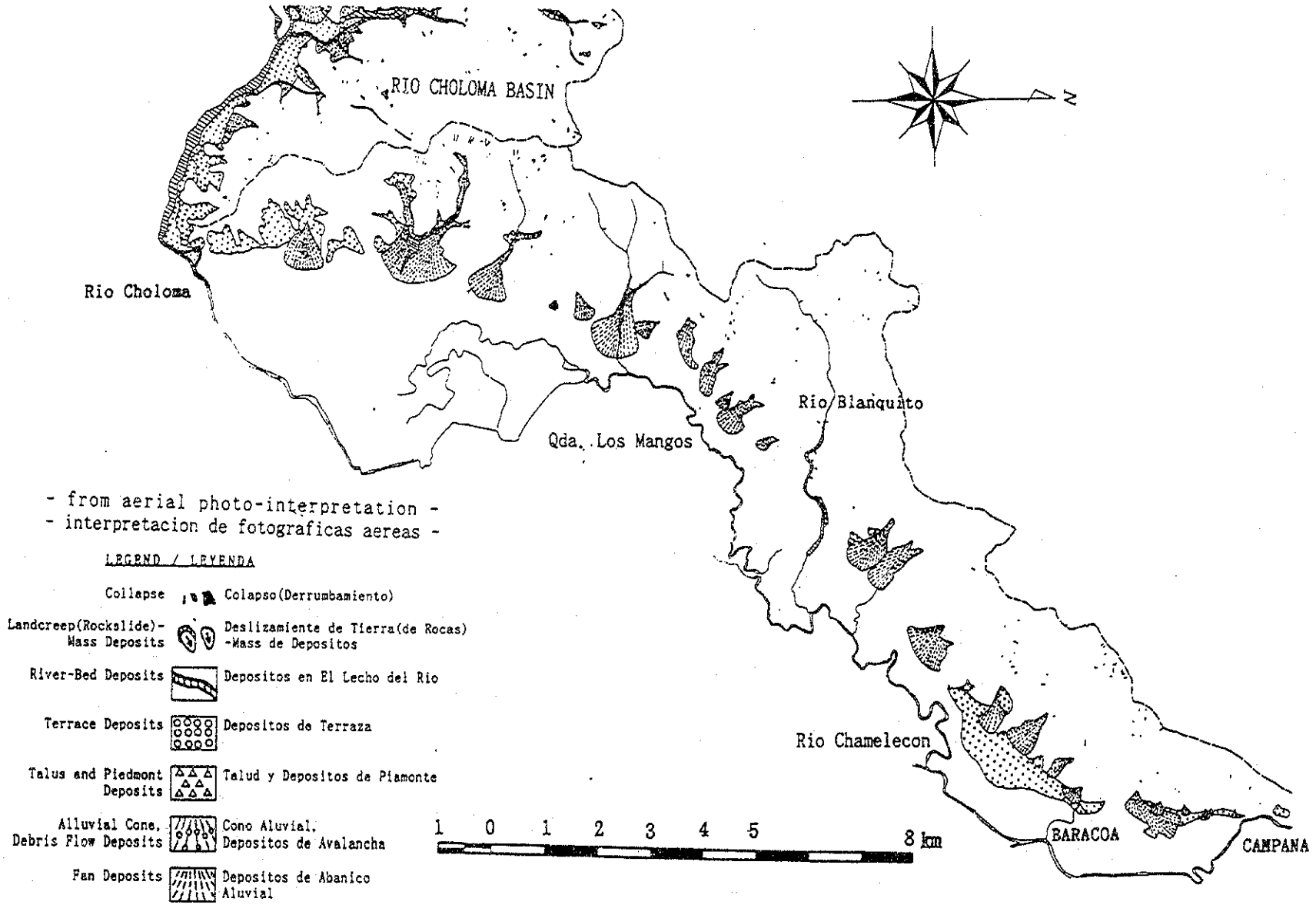
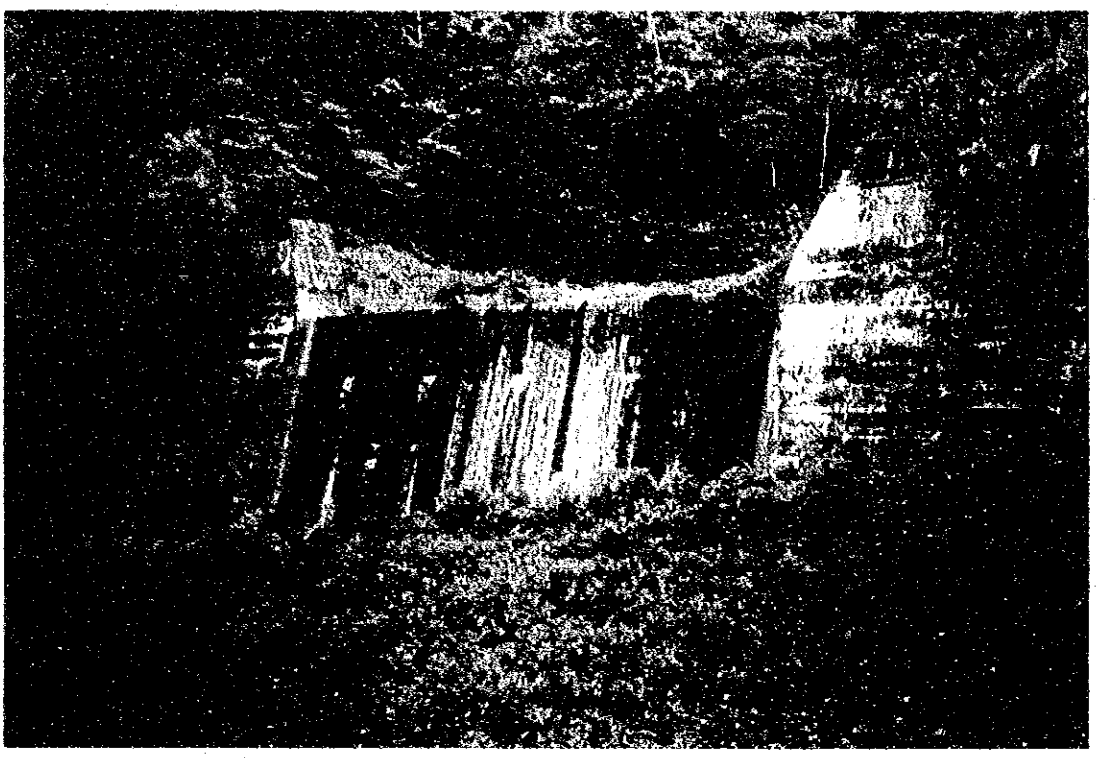


FIG. 6.6(5) DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS INESTABLES EXISTENTES (PARTE NORTE DEL AREA DE ESTUDO)



PRESA DE CONTROL TAKEMOTO EN EL RIO LA JUTOSA (1993)

CAPITULO 7
MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTOS

CAPITULO 7 MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTOS

7.1 Generalidades

En este capítulo se ha estudiado el balance de sedimentos durante y después del huracán Fifí para las cuencas de los ríos pilotos, basado en los resultados del estudio de producción de sedimentos del Capítulo 6. Con base al balance de sedimentos para cada cuenca de río piloto, se proponen contramedidas óptimas a fin de mitigar desastres debido a sedimentos en el área de estudio.

Una serie de estructuras de control de sedimentos fueron planificadas por SECOPT para la cuenca del Río Choloma y una (1) presa de control (Presa Takemoto) fue construída en el Río La Jutosa en 1984. La presa de control está exactamente localizada en el tramo de flujos de avalancha. Para las otras cuencas no existen ni estructuras ni planes autorizados para la mitigación de la erosión y el control de sediementos.

De acuerdo con el resultado del estudio de producción de sedimentos, el área de estudio tiene un alto potencial de desastres debido a sedimentos, y seguramente requerirá de urgentes contra-medidas.

7.2 Concepto Básico

7.2.1 Area de Planificación

Las tres cuencas de los Ríos Choloma, Blanco y El Sauce se han establecido como las áreas de planificación para las medidas de control de erosión y sedimentos. El Río El Sauce está dividido en dos (2) cuencas, la del Río Santa Ana y la del Río Piedras.

7.2.2 Escala de Diseño de la Descarga de Sedimento

El huracán Fifí causó el más severo desastre de sedimentación en el área de estudio. La descarga de sedimentos se debió principalmente a flujos de avalancha que ocurrieron en las cuencas altas. En general, para propósitos de diseño, la mayor cantidad de descarga de sedimentos que se haya registrado se adopta como la escala de diseño para producción de sedimento, porque la descarga de sedimentos debido a flujos de avalancha es totalmente dependiente de la presencia de flujos de avalancha y también es difícil de estimar la magnitud de la descarga de sedimentos en una etapa intermedia. En este estudio, la escala de producción de sedimento causada por el huracán Fifí se adopta como la escala de diseño para la producción de sedimento.

7.2.3 Punto de Control de Diseño

Para la cuenca de cada río se ha establecido un punto de control de diseño y sus puntos de sub-control, para la planificación del control de sedimentos. Los puntos de control de diseño se establecieron de la manera siguiente:

(1) Río Choloma

El punto de control de diseño se ha planificado en el puente de la Carretera del Norte. La pendiente del lecho del río es de aproximadamente 1/40 en el punto de control de diseño, pero un severo depósito de sedimento ocurrió en el tramo entre la confluencia con el Río La Jutosa y el puente de la Carretera del Norte durante el huracán Fifí de 1974. Además, el área urbana de Choloma se está expandiendo en dirección aguas abajo a lo largo del cauce del río y es considerada como la principal área de conservación en caso de desastre por sedimentación.

Los puntos de sub-control se han planificado en la confluencia con el Río La Jutosa y en la confluencia con el Río Majaine, que son considerados como los puntos de control de flujo de avalancha.

(2) Río Blanco

El punto de control de diseño se ha planificado en el puente de la Carretera Nacional. En el Huracán Fifí un gran depósito de sedimento ocurrió en el tramo entre la salida del valle del Río del Zapotal (1/25) y la confluencia con el Río Chiquito (1/40). El punto de control de diseño se ha planificado a fin de proteger el área urbana aguas abajo de los desastres por sedimentos.

Los puntos de sub-control se han seleccionado en la salida del valle del Río de Armenta, en el Río del Zapotal y en el Río Chiquito, donde los flujos de avalancha probablemente empiezan a desbordarse debido a sus características topográficas.

(3) Río El Sauce

El Río El Sauce está dividido en dos cuencas de ríos, el Río Santa Ana y el Río Piedras. El punto de control de diseño se ha planificado para cada río así:

Los dos puntos de control de diseño se han planificado en donde los ríos cruzan la Carretera del Norte (Río Santa Ana: 1/140, Río Piedras: 1/120). El punto de sub-control se ha seleccionado a cada salida del valle de los ríos (Río Santa Ana: 1/130, Río Piedras: 1/20), que se ha calculado como el límite inferior del flujo de avalancha

proveniente de la sección superior, y la confluencia con la Qda. Santa Ana para estimar la descarga de sedimentos de los tributarios.

Dichos puntos de control y sub-control se muestran en la *Fig.* 7.1.

7.3 Producción y Descarga de Sedimentos de Diseño

7.3.1 Producción de Sedimento de Diseño (V10)

La producción de sedimento de diseño es el volumen de sedimento resultante de las áreas de colapso nuevas y en expansión de laderas y márgenes de ríos, de los restantes sedimentos alterables de las áreas de colapso pasadas existentes en las pendientes, y del sedimento que ha sido depositado en los cursos de los ríos que también están sujetos a erosión secundaria.

La producción de sedimento de diseño es la base en la cual el volumen excedente de sedimentos de diseño puede ser calculado y es el factor determinante del planeamiento básico para el control de la erosión. Se estima en base a datos actuales de levantamientos, descargas de sedimento pasadas como datos de fenómenos de flujos de avalancha, datos alternativos de sitios similares, y otros.

Con este objeto, la producción de sedimento de diseño se definió como la suma de los siguientes cuatro (4) volúmenes de sedimento, en base a las condiciones

causadas por el Huracán Fiff y en el estado actual de los sedimentos inestables (*Fig.* 7.2).

(V10) = V1 + V2 + V3 + V4

Donde,

V1 : Producción de sedimentos de áreas colapsadas nuevas y en expansión,
V2 : Producción de sedimento restante de los colapsos pasados existentes,
V3 : Producción de sedimento del área circundante al lecho del río,
V4 : Producción de sedimento debido a la erosión de las márgenes de los ríos.

1) Producción de Sedimento de Areas de Colapso Nuevas y en Expansión

a) Cuencas del Río Choloma y del Río Blanco

El V1 se estima así:

V1 = a1 x d1

$a1 = A \times r1$

Donde,

a1 : Area de colpaso nueva (metros cuadrados),

d1 : Profundidad promedio de colapso de la ladera (1.0 metros),

A : Area montañosa,

r1 : Relación del área colapsada (9.68 por ciento).

b) Cuencas del Río Santa Ana y del Río Piedras

Dado que no están disponibles fotografías aéreas de estas cuencas de ríos que hayan sido tomadas inmediatamente después del huracán Fifí, no existe información de sus áreas de colapso nuevas y en expansión en ese entonces.

Sin embargo, el potencial de producción de sedimentos por colapsos en las cuencas de los ríos se han evaluado como menores que los del Río Choloma o el Río Blanco, porque no existen reportes de desastres de sedimentos por flujos de avalancha durante y después del huracán Fifí. Además, sus condiciones geológicas y forestales parecen ser más estables que las de las cuencas de los Ríos Choloma y Blanco.

Los valores de V1 para el Río Santa Ana y el Río Piedras se estiman así:

$V1 = Lo \times Wo \times do$

Donde,

Lo : Longitud del valle de orden cero,

Wo : Anchura del valle de orden cero,

do : Profundidad de los depósitos del valle de orden cero.

Los valores de V1 para las cuencas se han estimado y se presentan en la *Tabla* 7.1.

Los volúmenes de V2 y V3 se han establecido en base a los valores de Vru y Vbu respectivamente, que son los resultados del estudio de producción de sedimento.

$V4 = (Wf - Wo) \times Lz \times Hb$

Donde,

Wf : Anchura del lecho del río durante la crecida, y es derivada de la teoría del regimen,

Wo : Anchura del lecho del río obtenida de la foto-interpretación y de los levantamientos de campo,

Lz : Longitud de la zona derivada del mapa de distribución de sedimentos inestables,

Hb : Altura del bordo del río estimada del análisis de fotografías aéreas y de levantamientos de campo.

La teoría del regimen;

$$Wf = \alpha \sqrt{Q}$$

Donde,

α : Coeficiente (*Fig.* 7.3),

Q : Volumen de descarga (*Tabla* 7.2).

Los resultados de los cálculos se resumen y presentan en las *Tablas* 7.3 y 7.4.

7.3.2 Descarga de Sedimento de Diseño (V30)

La descarga de sedimento de diseño se define como la cantidad de sedimento transportado por el flujo de avalancha y carga del lecho al punto de control de diseño desde el tramo de arriba. El sedimento que es depositado temporalmente en el cauce del río es parte de la producción de sedimento de diseño del tramo de arriba, y se le refiere como la cantidad de descarga de sedimeno naturalmente controlada. La descarga de sedimento de diseño se estima de la manera siguiente:

$$(V30) = (V10) - (V20)$$

Donde,

V30 : Descarga de sedimento de diseño,

V10 : Producción de sedimento de diseño,

V20 : Descarga de sedimento controlada naturalmente.

El volumen de V20 es estimado en el tramo donde la pendiente del lecho del río es menor que 15 grados (1/4), porque el flujo de avalancha se supone que ocurre desde el canal de corriente con pendiente mayor que 20 grados (1/3), pero que empieza a depositar en el canal de corriente de 15 grados (1/4). El volumen es estimado a través de investigación de campo, foto-interpretación y condiciones topográficas, así:

$$V20 = Ie \times b \times d$$

Donde,

Ie : Longitud de la sección de almacenaje,

b : Anchura de la sección de almacenaje,

d : Espesor del depósito (altura del depósito de avalancha o de la terraza de inundación).

7.3.3 Descarga de Sedimento Permisible de Diseño (V40)

La descarga de sedimento permisible de diseño debería ser un valor que no produce ninguna variación anormal del lecho del cauce aguas abajo. USe ha establecido que es un 10% de la descarga de sedimento de diseño.

El valor de 10% es aplicado normalmente en trabajos de control de erosión y sedimentos en el Japón.

7.3.4 Exceso de Descarga de Sedimento de Diseño (V50)

La cantidad de diseño del exceso de descarga de sedimento es la cantidad de sedimento con la que se estará tratando durante la ejecución de las estructuras para el control de la erosión y sedimentos y se estima de la siguiente forma:

(V50) = (V30) - (V40)

Los resultados de los cálculos se presentan en la *Tabla* 7.5 y el balance de sedimento propuesto se presenta en la *Tabla* 7.6.

7.4 Plan de Estructuras para el Control de Erosión

7.4.1 Concepto Básico

Las facilidades para controlar la erosión y sedimentos serán planificadas con el fin de reducir el exceso de descarga de sedimentos para obtener la descarga permisible de sedimento en el punto de control de diseño, mediante la reducción de la producción y descarga de sedimento y controlando la descarga de sedimento con estructuras óptimas tales como trabajos de ladera, presas de control, presas de consolidación y trabajos de cauce.

Los conceptos básicos para la planificación de las facilidades para el control de la erosión y sedimentos se resumen de la siguiente manera:

a) Se observan varios deslizamientos de ladera en las fotografías tomadas justo después del las inundaciones de 1974, pero la mayoría de ellos ya se han recuperado. Ahora no hay muchos deslizamientos de ladera, pero una inundación severa probablemente causaría varios deslizamientos en laderas. En un área de producción de sedimentos las medidas básicas de mitigación tales como presas de control y trabajos de laderas pueden ser consideradas como las medidas directas para reducir la producción y descarga de nuevos sedimentos.

b) Depósitos de flujo de avalancha son identificados en el tramo donde la pendiente del lecho de río es alrededor de 1/30, mientras que el área de sedimentación por carga del lecho se observa en el tramo inferior. El sedimento en esas áreas debería ser consolidado o regulado por medidas directas como presas de control y trabajos de consolidación.

c) La descarga de sedimento aguas abajo debe haber sido producida de las áreas de depósito de las inundaciones de 1974. Los depósitos de sedimento deberían ser consolidados por medidas directas tales como presas de consolidación y trabajos de cauce.

1) Presa de Control

Se planifica para controlar la descarga de sedimento, la consolidación del lecho del río y márgenes y para controlar el flujo de avalancha. La facilidad se planifica de la manera siguiente:

- Los sitios de las presas fueron seleccionados en los mapas topográficos y establecidos a través de investigaciones de campo.
- La altura de la presa se estableció en 14 metros, considerando el método y costo de construcción.
- Las estructuras requeridas fueron planificadas en base a las condiciones topográficas.
- Los efectos de cada estructura fueron evaluados en base a la cantidad de sedimento controlado o retenido por la estructura.
- La pendiente de sedimentación aguas arriba de una presa de control fue establecida como 1/2 de la pendiente existente del cauce.

2) Presa de Consolidación

Se han planificado en los sitios donde el cauce del río necesita trabajos de consolidación o trabajos de mejoramiento. Los efectos de la estructura son evaluados en base a la cantidad de sedimento a ser controlado o retenido por un grupo de presas de consolidación propuesto para el tramo de río de diseño, ya que una serie de presas de consolidación se planifican para la consolidación de la sección deformada del río.

3) Trabajos de Cauce

Se componen de presas de consolidación, vigas del lecho del río y revestimientos. El efecto de las estructuras es evaluado de la misma manera que en las presas de consolidación.

4) Area de Retardamiento de Arena

Es planificada para retardar la descarga de sedimento de la corriente de arriba durante las inundaciones para descargarla gradualmente después de la inundación. El efecto de la estructura es evaluado como parte de la descarga de sedimento controlada a lo largo del curso de los ríos.

5) Dique de Guía

Es planificado para guiar la dirección de flujo de los flujos de sedimento y flujos de inundación al canal aguas abajo.

7.4.2 Plan de Localización de Estructuras

1) La cuenca del Río Choloma

En esta cuenca se han planificado diez (10) presas de control, tres series de presas de consolidación y un área de retardo de sedimentos con un dique guía, para manejar la cantidad de sedimento de diseño. La localización de las estructuras propuestas se muestra en las *Figs.* 7.4(1) y 7.5(1), y los detalles de ellas se presentan en la *Tabla* 7.7(1). Se explican a continuación:

a) Río Choloma

- Se ha planificado un área de retardo de sedimentos en el tramo entre el punto de control de diseño y la confluencia con el Río La Jutosa. También, se ha planificado un dique guía en el área de retardo de sedimentos para proteger de las inundaciones el área de la ciudad de Choloma.

Ya que el tramo tiene una pendiente del lecho del río de 1/100 a 1/140 y una cauce con meandros que puede causar erosión de las márgenes, es considerado como la principal fuente de flujo de sedimento hacia el área aguas abajo. Una serie de presas de consolidación se ha planificado para estabilizar los depósitos de sedimento inestables en el tramo.

b) Río Majaine

- Se propone una (1) serie de presas de consolidación en el tramo (1/50 - 1/60) entre la confluencia con el Río del Ocotillo y la intersección con el Río La Jutosa para estabilizar el sedimento inestable, ya que el cauce del río tiene una considerable cantidad de materiales finos inestables que probablemente producen la mayor parte de la descarga de sedimento aguas abajo.

- Cuatro (4) presas de control se han planificado para el Río Majaine y tres presas de control para el Río del Ocotillo en los tramos arriba de las presas de consolidación propuestas.

c) Río La Jutosa

- Aunque la presa Takemoto se considera efectiva en captar la descarga de sedimentos como del flujo de avalanchas, se han planificado dos (2) presas de control más en los tramos aguas abajo de la presa Takemoto donde la pendiente del lecho varía de 1/24 a 1/17. También, una (1) presa de control se ha planificado en el tramo (1/10) de la Quebrada Danta, un tributario principal.

- Se ha planificado una (1) serie de presas de consolidación en el tramo aguas abajo del Río La Jutosa a fin de estabilizar el sedimento depositado por el huracán Fifí.

2) Cuenca del Río Blanco

Se han planificado nueve (9) presas de control, un (1) lugar para trabajos de consolidación y ocho (8) diques guías para manejar la cantidad de sedimento de diseño. La localización de estas estructuras se presenta en las *Figs.* 7.4(2) y 7.5(2), y los detalles de ellas se presentan en la *Tabla* 7.7(2). Se explican a continuación:

a) Area del abanico aluvial

- Se ha planeado una (1) presa de consolidación en el punto de control de diseño, a fin de estabilizar el curso del Río Blanco y también se han planificado trabajos de cauce en el tramo aguas abajo.

- Diques guías se han planificado en las áreas de abanico aluvial aguas abajo de los puntos de sub-control a fin de guiar el flujo de inundaciones hacia el Río Blanco.

- En el área aguas abajo del Río Chiquito se han planificado trabajos de consolidación para estabilizar el curso del río.

- En la salida del valle del Río Armenta se han planificado diques guías para guiar el flujo de inundación al curso del río.

- Se ha planeado una (1) serie de presas de consolidación para el Río Zapotal en la cabeza del abanico aluvial, a fin de retener los materiales alterables a lo largo del curso del río y guiar la dirección de los flujos de inundación.

b) Area Montañosa

- Cinco (5) presas de control se han planificado para el Río Zapotal y cuatro (4) para el Río Armenta. Se han planificado en los tramos arriba de los puntos de sub-control a fin de controlar la descarga de sedimento.

3) Río Santa Ana

Se han planificado siete (7) presas de control junto con trabajos de cauce para manejar la cantidad de sedimento de diseño. La localización de estas estructuras se presenta en las *Figs.* 7.4(3) y 7.5(3), y los detalles de ellas se presentan en la *Tabla* 7.7(3). Se explican a continuación:

a) Area plana

- Se ha planificado trabajos de mejoramiento en el cauce incluyendo presas de consolidación en el curso del río (pendiente del lecho: 1/20 - 1/100) entre el punto de control de diseño y el punto de sub-control de diseño, ya que el curso del río parece no estar estabilizado.

b) Area montañosa

- Se han planificado siete (7) presas de control en el tramo arriba (1/20 - 1/11) del punto de sub-control de diseño.

4) Río Piedras

Se han planificado siete (7) presas de control y trabajos de cauce para manejar la cantidad de sedimento de diseño. La localización de estas estructuras se presenta en las *Figs.* 7.4(4) y 7.5(4) y los detalles se presentan *Tabla* 7.7(4). Se explican a continuación: