

REPUBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

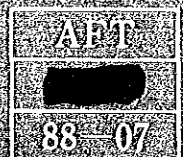
**ESTUDIO
DEL PLAN MAESTRO
DEL PROYECTO DE AUMENTO DE LA PRODUCCION DE GRANOS PRINCIPALES
EN
EL AREA CENTRAL DEL DEPARTAMENTO DE ITARUA**

VOLUMEN I

- ANEXO A: Meteorología e hidrología
- ANEXO B: Geología y mecánica de suelos
- ANEXO C: Suelo
- ANEXO D: Plan de uso de tierras

MARZO DE 1988

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON



REPUBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**ESTUDIO
DEL PLAN MAESTRO
DEL PROYECTO DE AUMENTO DE LA PRODUCCION DE GRANOS PRINCIPALES
EN
EL AREA CENTRAL DEL DEPARTAMENTO DE ITAPUA**

VOLUMEN I

ANEXO A: *Meteorología e hidrología*

ANEXO B: Geología y mecánica de suelos

ANEXO C: Suelo

ANEXO D: Plan de uso de tierras

MARZO DE 1988

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

国際協力事業団

17687

ANEXO A: METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Indice

Lista de Cuadros y Figuras

1. Estudio meteorológico e hidrológico	A-1
2. Meteorología	A-6
2.1 Situación general de la meteorología	A-6
2.2 Características de la precipitación	A-20
3. Hidrología	A-31
Materiales de referencia	A-39
Datos meteorológicos de encarnación	A-39

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

(VOLUMEN PRINCIPAL)

CUADRO A.1.1	DATOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DE LOS PLANES RELACIONADOS A LA METEOROLOGIA E HIDROLOGIA	A-2
CUADRO A.1.2	LISTA DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES EN EL AREA EN ESTUDIO	A-3
CUADRO A.1.3	LISTA DE LAS ESTACIONES HIDROLOGICAS EXISTENTES EN EL AREA EN ESTUDIO	A-4
FIGURA A.1.1	PLAN DE UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS E HIDROLOGICAS	A-5
CUADRO A.2.1	DATOS DE TEMPERATURA DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DEL PARAGUAY	A-7
CUADRO A.2.2	DATOS DE PRECIPITACION DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DEL PARAGUAY	A-8
CUADRO A.2.3	TEMPERATURA MINIMA Y MAXIMA MENSUAL	A-9
CUADRO A.2.4	MEDIA MENSUAL DE TEMPERATURA, HUMEDAD, Y EVAPORACION	A-10
CUADRO A.2.5	MEDIA MENSUAL DE LA PRECIPITACION Y NUMERO DE DIAS DE LLUVIA	A-15
CUADRO A.2.6	MEDIA MENSUAL DE HORAS DE INSOLACION Y DIAS CON ESCARCHA	A-16
CUADRO A.2.7	MEDIA MENSUAL DE TEMPERATURA DEL SUELO	A-17
CUADRO A.2.8	MEDIA MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	A-18
CUADRO A.2.9	MEDIA MENSUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO	A-19
CUADRO A.2.10	DIAS CONTINUOS SIN PRECIPITACION, POR MES	A-21
CUADRO A.2.11	NUMERO DE DIAS CONTINUOS SIN PRECIPITACION DE ENCARNACION	A-22
CUADRO A.2.12	RESULTADO DE ANALISIS DE LA REGRESION DE PRECIPITACION DE LA ESTACION DE ENCARNACION Y DE OTRAS LOCALIDADES	A-23
CUADRO A.2.13	PRECIPITACION ANUAL MAXIMA EN ENCARNACION	A-23
CUADRO A.2.14	PRECIPITACION PROBABLE	A-25
CUADRO A.2.15	PROBABILIDAD DE DIAS CONTINUOS SIN PRECIPITACION	A-25
CUADRO A.2.16	PRECIPITACION EFECTIVA	A-27

CUADRO A.2.17	FRECUENCIA DE PRECIPITACION CONTINUA POR NUMERO DE DIAS	A-28
CUADRO A.2.18	PATRON DE PRECIPITACION DE TRES DIAS CONTINUOS	A-29
CUADRO A.2.19	DISTRIBUCION HORARIA DE LA PRECIPITACION CONTINUA DE TRES DIAS	A-30
FIGURA A.2.1	ISOTERMAS DE LA MEDIA ANUAL DEL PARAGUAY	A-12
FIGURA A.2.2	ISOYETAS DE LA MEDIA ANUAL DEL PARAGUAY	A-13
CUADRO A.3.1	DATOS DE OBSERVACION DEL NIVEL DE AGUA Y SU CAUDAL	A-32
FIGURA A.3.1	CURVA H-Q DEL PUNTO DE OBSERVACION 1 (ARROYO TACUARY)	A-33
FIGURA A.3.2	CURVA H-Q DEL PUNTO DE OBSERVACION 2 (ARROYO TACUARY)	A-34
FIGURA A.3.3	CURVA H-Q DEL PUNTO DE OBSERVACION 3 (ARROYO CARAGUATA)	A-35
FIGURA A.3.4	CURVA H-Q DEL PUNTO DE OBSERVACION 4 (ARROYO TACUARY)	A-36
FIGURA A.3.5	CURVA H-Q DEL PUNTO DE OBSERVACION 5 (ARROYO SANTA MARIA)	A-37
FIGURA A.3.6	GRAFICA DE VARIACION DEL NIVEL DE AGUA Y PRECIPITACION EN EL PUNTO DE OBSERVACION 1 (ARROYO TACUARY)	A-38

(DATOS DE REFERENCIA)

CUADRO ANEXO A.1	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ENCARNACION	A-41
CUADRO ANEXO A.2	TEMPERATURA MEDIA MAXIMA Y MINIMA MENSUAL EN ENCARNACION	A-42
CUADRO ANEXO A.3	TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA MENSUAL EN ENCARNACION	A-43
CUADRO ANEXO A.4	HUMEDAD MEDIA MENSUAL EN ENCARNACION	A-44
CUADRO ANEXO A.5	PRECIPITACION MENSUAL Y DIAS CON LLUVIA EN ENCARNACION	A-45
CUADRO ANEXO A.6	DIAS CON ESCARCHA POR MES EN ENCARNACION	A-46
CUADRO ANEXO A.7	DIAS CONTINUOS SIN LLUVIA, EN ENCARNACION	A-47
FIGURA ANEXO A.1	CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS EN ENCARNACION ...	A-40

1. Estudio meteorológico e hidrológico

1.0.1 Objetivos

Los resultados de análisis de los datos meteorológicos e hidrológicos sirven de base para la elaboración de los planes de riego y de drenaje, además de constituirse en importantes elementos para el estudio del sistema de mecanización agrícola, así como para la formulación de los planes de cultivos y de administración agrícola.

Los detalles de los datos meteorológicos e hidrológicos necesarios para cada uno de los planes, son indicados en el Cuadro A.1.1.

1.2 Estaciones meteorológicas

A través del estudio meteorológico se ha procedido a la recolección de datos meteorológicos correspondientes a un largo período, pertenecientes a los distintos observatorios que existen en el área en estudio. El área en estudio está relativamente bien equipada en materia de estaciones de observación meteorológica; por lo que no fue necesario la instalación de nuevos observatorios, a través del presente estudio. Las principales estaciones meteorológicas existentes en el área en estudio, así como el período que abarcan los datos recolectados, se indican en el Cuadro A.1.2. Por otra parte, las ubicaciones de los observatorios se presenta en la Figura A.1.1. Además de las estaciones aludidas en dicha figura, existen la estación perteneciente al establecimiento agrícola Tembey de CAICISA, y las estaciones de San Cosme y Santa Rosa, ambas administradas por la Entidad Binacional Yacyretá.

1.3 Instalaciones de observación hidrológica

Dentro del área en estudio existen tres puestos de observación del nivel de agua, instalados para estudiar el comportamiento del remanso de agua que se producirá como efecto de la construcción de la Represa de Yacyretá. Los mismos se encuentran en dos puntos ubicados sobre el Arroyo Tacuary, y uno sobre el Arroyo Caraguatá.

No obstante, ante la necesidad de contar con los datos hidrológicos del interior del área, donde existe una alta posibilidad de ser implementados los planes de riego y de drenaje; a través del presente estudio, fueron instalados los limnómetros sobre un afluente del Arroyo Tacuary y el Arroyo Santa María.

Los períodos que abarcan los datos obtenidos de cada uno de los puntos de observación se indican en el Cuadro A.1.3. Por otra parte, la ubicación de las instalaciones de observación del nivel de agua es indicada en la Figura A.1.1.

CUADRO A.1.1 DATOS METEOROLOGICOS E HIDROLOGICOS NECESARIOS PARA EL PLANEAMIENTO

Clasificación	Valores para el planeamiento	Meteorología	Hidrología
Plan de riego	(Riego en tierra de secanos) Evaporación básica Requerimiento de agua del cultivo (Riego en arrozales) Precipitación efectiva Requerimiento unitario de diseño	Temperatura media diaria Humedad relativa media diaria Velocidad del viento media diaria Horas de insolación media diaria Humedad relativa media máxima Número de días continuos sin lluvia Precipitación media mensual	
Plan de drenaje	Precipitación probable Precipitación continua Intensidad de precipitación Pérdida de precipitación Caudal básico	Precipitación diaria máxima en un año Precipitación continua de dos días Precipitación continua de tres días	Nivel de agua exterior de diseño Caudal medio diario del cauce Caudal básico
Plan de cultivos	Definición de cultivos a ser introducidos	Precipitación Número de días con lluvia Temperatura Horas de insolación Número de días con escarcha	--
Plan de administración agrícola	Horas laborables con maquinarias agrícolas	Precipitación	--

CUADRO A.1.2 ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES EN EL AREA EN ESTUDIO

Nombre de la estación	Ubicación		Institución a que pertenece	Datos recolectados	Período de datos	Observación
Encarnación	Latitud sur Longitud oeste	27° 19' 45" 57° 50' 55" 91.6 m	Dirección de Meteorología, MDN	Presión atmosférica, Temperatura del aire, Humedad, Dirección del viento, Velocidad del viento, Evaporación, Precipitación, Horas de insolación, Escarcha	1940, 1 - 1985, 6	
Pirapó	Latitud sur Longitud oeste	27° 00' 00" 55° 40' 00" 210.0 m	JICA	Temperatura, Humedad, Precipitación, Escarcha	1969, 1 - 1985, 6	
Capitán Miranda	Latitud sur Longitud oeste	27° 17' 00" 55° 50' 00" 191.0 m	Dirección de Meteorología, MDN	Temperatura, Humedad, Precipitación, Evaporación, Escarcha, Temperatura del suelo	1963, 8 - 1984, 12	
Santa María	Latitud sur Longitud oeste	26° 55' 00" 55° 46' 00"	Dirección de Meteorología, MDN	Temperatura, Humedad, Precipitación, Escarcha	1981, 6 - 1985, 6	
General Artigas	Latitud sur Longitud oeste	26° 56' 00" 56° 13' 00"	Dirección de Meteorología, MDN	Temperatura, Humedad, Precipitación, Escarcha, Evaporación	1981, 6 - 1985, 6	
Carmen del Paraná	Latitud sur Longitud oeste	27° 13' 38" 56° 05' 30"	Dirección de Meteorología, MDN	Temperatura, Humedad, Precipitación, Escarcha	1981, 6 - 1985, 6	

CUADRO A.1.3 INSTALACIONES DE OBSERVACION HIDROLOGICA EXISTENTES
EN EL AREA EN ESTUDIO

Número del punto de observación	Nombre del lugar	Ubicación	Institución a que pertenece	Período de datos recolectados
1	Arroyo Tacuary (Ruta 1)	Carmen del Paraná	EBY	1981.2.1 - 1985.12.31
2	Arroyo Tacuary (Gral. Artigas)	Gral. Artigas	EBY	1981.6.17 - 1986.3.31
3	Arroyo Caraguatá	Carmen del Paraná	EBY	1985.1.6 - 1986.4.30
4	Arroyo Tacuary (Fram)	Fram	MAG	1985.8.22 - 1986.8.31
5	Arroyo Santa María	Fram	MAG	1985.9.20 - 1986.8.31

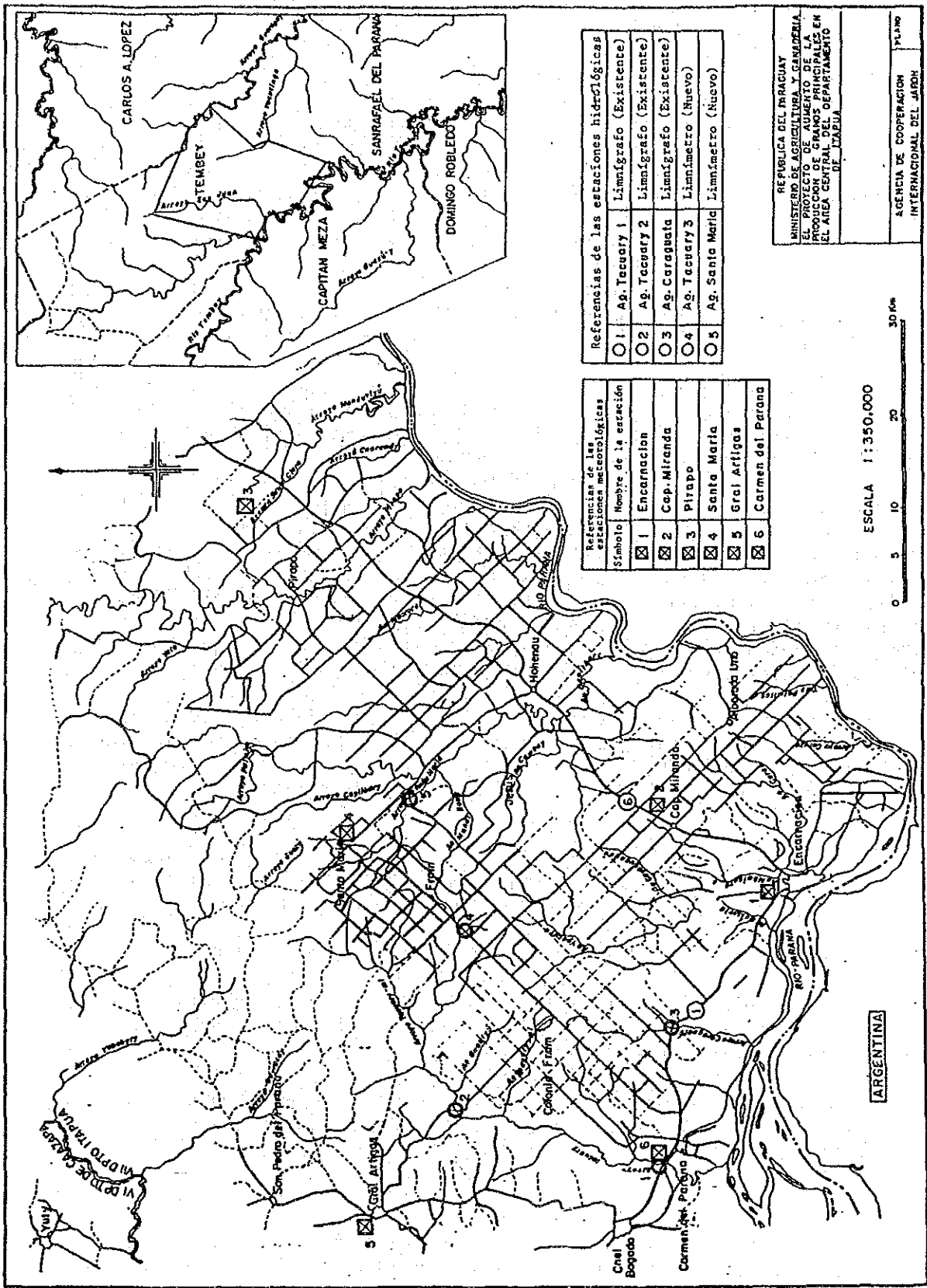


FIGURA A.1.1 PLANO DE UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS E HIDROLOGICAS

2. Meteorología

2.1 Situación general de la meteorología

2.1.1 Situación general de la meteorología en el Paraguay

El Paraguay pertenece al clima sub-tropical, pero debido a su situación mediterránea, el clima presenta una característica continental.

Si bien no existe una marcada división entre las estaciones, de un modo general puede ser dividido en primavera que abarca los meses de Setiembre-Octubre, verano que abarca los meses de Noviembre a Marzo, otoño que comprende los meses de Abril-Mayo, y el invierno que abarca los meses de Junio-Agosto.

La temperatura media anual es como se indica en la Figura A.2.1. En la zona sureste del país es de 21°C aproximadamente, y a medida que se avanza hacia noroeste, va aumentando la temperatura. En la zona sureste es pequeña la separación entre las isotermas.

Debido a la influencia del clima de característica continental, es grande la amplitud de variación de la temperatura diaria; siendo aproximadamente de 11°C, la variación máxima de la temperatura media en el período invernal. La variación estacional de la temperatura también es grande; así, la temperatura máxima llega a superar los 42°C en el verano, mientras en el invierno, la temperatura mínima desciende por debajo del punto de congelamiento. Sin embargo, ocasionalmente también en el invierno la temperatura máxima llega a superar los 34°C.

Con respecto a la precipitación media anual, es de unos 400 mm/año en la zona noroeste del país, y la misma va en aumento a medida que se avanza hacia el sueste, en donde llega a unos 1.700 mm/año. No existe registro de nevada, pero en la zona sur del país, se registran algunas escarchas durante el período invernal.

La temperatura y la precipitación de las principales localidades del Paraguay son indicadas en los cuadros A.2.1 y A.2.2, respectivamente.

2.1.2 Situación general de la meteorología en el área en estudio

El área en estudio se encuentra ubicada en el extremo sureste del Paraguay, que es la zona que tiene la temperatura media más baja y la más alta precipitación en todo el país.

A continuación se indica la situación general de la meteorología en el área en estudio, en base a los datos obtenidos y ordenados por cada estación meteorológica.

1) Temperatura

En los cuadros A.2.3 y A.2.4 se indican las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales, correspondientes al período de observación que tiene cada estación.

CUADRO A.2.1 TEMPERATURAS DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DEL PARAGUAY

(Unidad en °C)

Localidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Mariscal Estigarribia	29,7	28,7	27,4	24,7	22,1	19,8	19,8	22,8	25,3	27,3	28,7	29,4	25,5
Puerto Bahía Negra	29,0	28,6	27,7	26,2	23,7	22,0	22,0	24,0	26,0	27,6	28,5	29,2	26,2
Puerto Casado	28,9	28,5	27,1	24,7	22,4	20,4	20,2	22,5	24,4	26,2	27,2	28,7	25,1
Pedro Juan Caballero	24,2	24,1	23,5	21,1	18,9	17,4	17,5	19,0	20,9	22,1	23,2	24,0	21,3
Asunción	28,9	28,5	26,6	23,6	21,1	18,7	18,5	20,3	22,0	24,6	26,9	28,7	24,0
Presidente Stroessner	26,8	26,4	25,0	23,8	18,9	17,0	16,6	18,5	20,5	22,8	24,4	26,1	22,2
Pilar	28,0	27,5	25,5	22,2	19,7	17,0	16,8	18,3	20,3	23,0	25,4	27,5	22,6
San Juan Bautista	27,0	26,9	25,3	21,9	18,8	17,6	17,2	17,7	19,8	22,5	24,8	27,0	22,2
Encarnación	27,1	26,5	24,7	21,2	18,5	16,4	16,2	18,0	19,6	22,0	24,4	26,5	21,8

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos: 1942 - 1970

CUADRO A.2.2 PRECIPITACION DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DEL PARAGUAY

(Unidad en mm)

Localidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Mariscal Estigarribia	104	107	88	69	41	24	18	15	19	65	82	106	738
Puerto Bahía Negra	153	126	101	77	56	39	26	19	50	114	116	117	994
Puerto Casado	140	110	127	119	69	66	35	33	63	121	136	144	1.163
Pedro Juan Caballero	183	157	167	118	123	111	50	41	100	178	169	186	1.583
Asunción	166	151	179	157	110	76	47	37	85	129	143	130	1.410
Presidente Stroessner	150	158	160	141	136	112	87	79	147	208	150	153	1.681
Pilar	156	129	170	158	91	63	49	42	78	144	151	113	1.344
San Juan Bautista	172	162	138	175	89	88	80	76	125	164	153	142	1.564
Encarnación	137	165	151	152	138	129	98	89	147	188	140	136	1.670

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos: 1942 - 1970

CUADRO A.2.3 TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA MENSUAL

Estación	Temperatura	(Unidad en ° C)												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Encarnación	Temperatura máxima	40,5	39,4	38,2	35,4	34	31	32,4	34,2	36	37,2	40,4	42	42
	Temperatura mínima	11	12	5,4	3	-1,7	-3,8	-3,3	-1,6	-0,6	3,2	7,8	9	-3,8
Pirapó	Temperatura máxima	39,5	38,8	38	34,5	33,8	30	32,3	33,8	36	37	36,5	37,6	39,5
	Temperatura mínima	10,9	13,1	6,2	2,8	-0,7	-2,8	-4,5	-2,4	-2,5	2,5	6,8	10,8	-4,5
Capitán Miranda	Temperatura máxima	38,8	37	36,5	34,5	33,4	30,5	31,8	33,5	36,7	37	39	38,5	39
	Temperatura mínima	10,5	6,5	5	2	0	-1,5	-3,5	-2	-1	1,5	4	8	-3,5
Santa María	Temperatura máxima	39	36,6	34,2	34,8	32	30,4	32	33,4	34,5	36,6	39,6	41,5	41,5
	Temperatura mínima	9	9	7,5	4,4	-1	-4	-4	-3,6	1	1	5,2	10,2	-4
General Artigas	Temperatura máxima	39,4	37	34,5	34	33	29,4	30,6	33,2	34,2	36	40	41,2	41,2
	Temperatura mínima	14,6	13,5	10	5,2	0,6	-1	-2	-1	3	5,8	7	11,6	-2
Carmen del Paraná	Temperatura máxima	39,8	39,1	33,8	33,8	32,7	30,8	31,7	33,4	34,6	35,6	40	42,4	42,4
	Temperatura mínima	12,4	12,3	7,9	2,8	0	-5	-2	-1,8	-0,5	2,6	7,1	9	-5

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos: Encarnación 1976 - 1985
 Pirapó 1975 - 1984
 Capitán Miranda 1968 - 1977
 Santa María 1981 - 1986
 General Artigas 1981 - 1986
 Carmen del Paraná 1981 - 1986

CUADRO A.2.4 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, HUMEDAD MEDIA, EVAPORACION

(Unidades en °C, %, mm)

Estación	Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Encarnación	Temperatura media	32,7	32,2	30,6	27	23,9	21,8	22,8	23,1	24,9	28,5	29,6	32	27,4
	Temperatura máxima	20,9	21	19,3	15,8	13,4	11,1	11,7	11,8	13,2	16,5	18	19,6	16
	Temperatura mínima	27,1	26,4	24,8	20,9	18,4	16,2	16,3	17,7	19,5	21,8	24	26,2	21,7
	Humedad media	68	74	76	77	80	79	78	77	71	71	70	66	74
	Evaporación	89,5	75,4	72,2	65,4	53,7	45,2	57,1	59	77	78	83,9	96,5	852,9
Pirapó	Temperatura media	31,7	31,5	30,2	26,7	23,8	20,9	22,1	23,2	24,4	27,8	29	31,3	26,9
	Temperatura máxima	20,1	20,2	18,6	14,6	12,8	10,2	10,6	11,3	12,1	15,3	17	19	15,2
	Temperatura mínima	25,5	25,4	23,9	20,5	18,2	15,7	16,4	17,2	18,5	21,4	22,9	25	20,9
	Humedad media	66	68	71	72	68	72	67	69	61	61	67	61	67
	Evaporación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capitán Miranda	Temperatura media	31,3	31,2	29,3	26,2	23,3	21,1	21,8	21,8	24,8	26,9	29,1	31,1	26,5
	Temperatura máxima	19,1	19,2	17,8	14,3	12,6	10,8	10,8	10,5	12,7	14,5	16,4	18,4	14,8
	Temperatura mínima	26	25,5	24	20,9	18,3	15,5	16,1	17,1	18,4	21,6	22,9	25,2	21
	Humedad media	73	77	78	77	80	82	79	78	75	75	76	73	77
	Evaporación	98,5	73,6	66,2	54,7	48,3	42,6	56,2	62,2	71,1	85,4	96,8	100,5	856,1

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos:

	Temperatura	Humedad	Evaporación
Encarnación	1976 - 1985	1976 - 1985	1971 - 1980
Pirapó	1975 - 1984	1983 - 1985	-
Capitán Miranda	1967 - 1977	1975 - 1984	1976 - 1984
Santa María	1982 - 1985	1982 - 1985	-
General Artigas	1981 - 1986	1982 - 1985	1981 - 1985
Carmen del Paraná	1981 - 1985	1982 - 1985	-

CUADRO A.2.4 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, HUMEDAD MEDIA, EVAPORACION (CONTINUACION)

(Unidades en °C, %, mm)

Estación	Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Santa María	Temperatura media	32,4	31,7	30	27,7	24,8	21,7	22,9	23,2	25,3	28,7	29,9	32,4	27,6
	máxima	16,8	18,2	15,4	14,0	10,7	8,5	9,2	9,2	9,9	12,9	15,2	16,3	13
	mínima	27,4	26,6	24,5	22,8	18,4	15,9	17,1	17,6	19,7	23,6	24,6	27,3	22,1
	Humedad media	70	74	74	76	77	78	77	77	77	74	69	70	63
	Evaporación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
General Artigas	Temperatura media	32,6	32	30,1	26,8	24,8	21,4	22,2	22,3	24,7	28,8	29,6	32,3	27,3
	máxima	21,2	21,5	19,6	17	14,7	11,5	11,9	12,4	14,0	17,2	18,6	19,7	16,6
	mínima	27,9	27,1	25,4	22,2	20	15,7	17,3	17,7	19,9	24,3	25,2	27,4	22,5
	Humedad media	65	73	73	76	77	79	77	76	70	69	66	60	72
	Evaporación	159,8	126,8	113,8	82,2	66,1	46,7	58,1	73,8	92,1	121,6	125,3	167,2	1.233,5
Carmen del Paraná	Temperatura media	32,6	32	29,9	26,8	24,6	21,1	22,2	22,2	24,5	28,5	29,4	32,2	27,2
	máxima	19,7	20,7	18,3	15,4	13,2	10,3	10,2	11,3	12,3	15,9	17,5	18,2	15,3
	mínima	28,2	27,5	25,5	22,2	20,3	16,5	17,1	17,8	19,9	24	25,4	27,8	22,7
	Humedad media	65	70	74	79	81	84	84	81	78	71	70	64	75
	Evaporación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

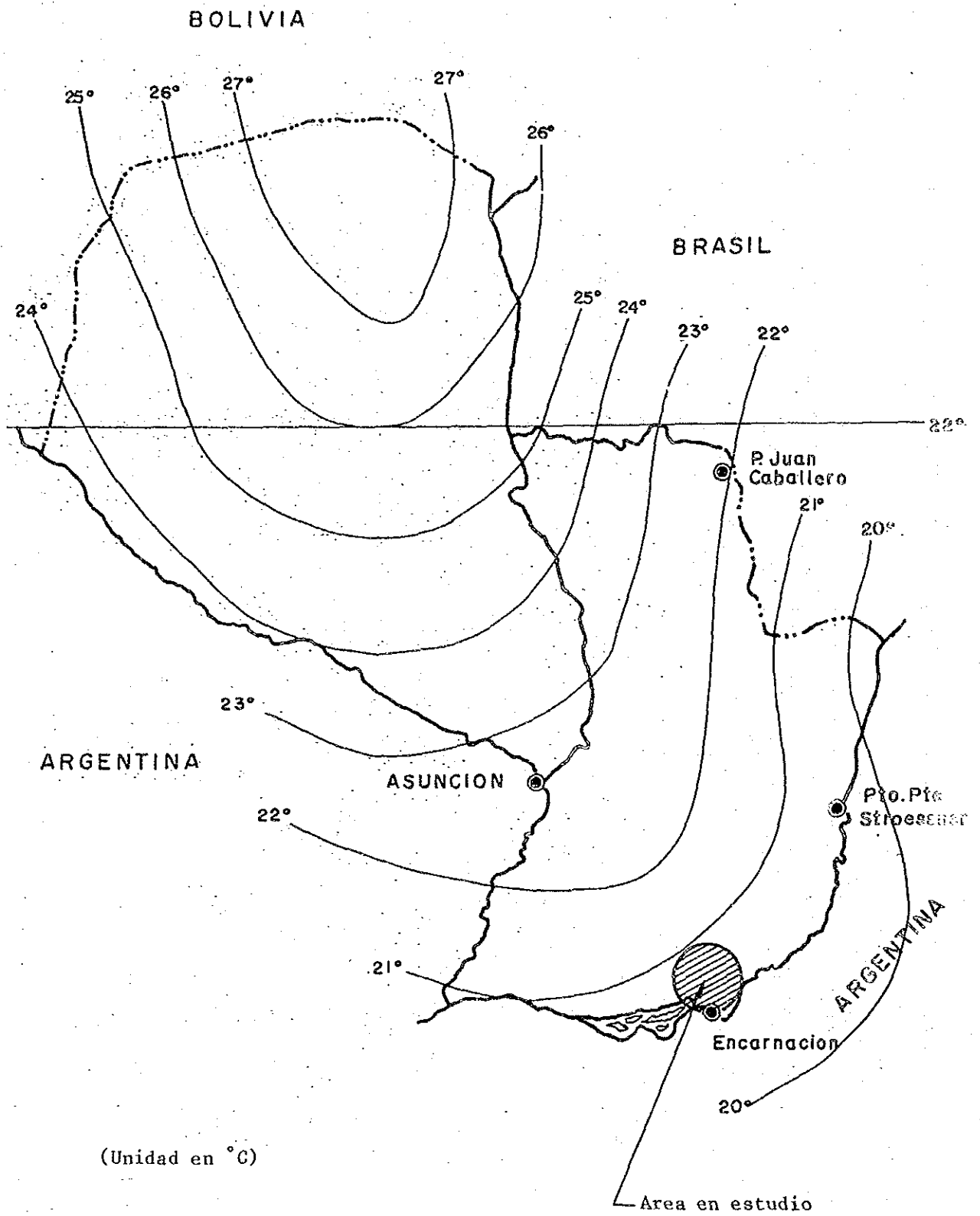


FIGURA A.2.1 ISOTERMAS DE LA MEDIA ANUAL DEL PARAGUAY

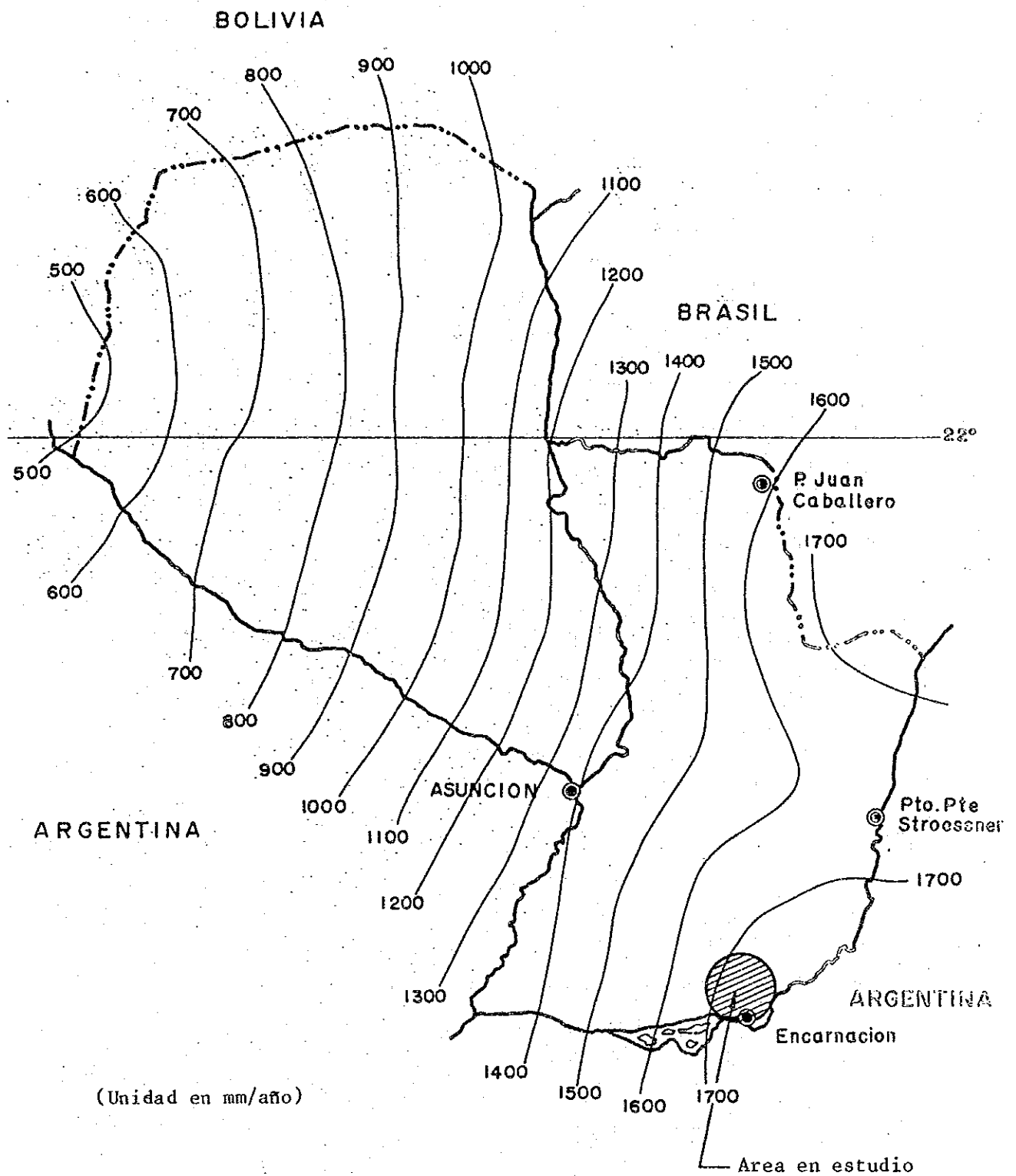


FIGURA A.2.2 ISOYETAS DE LA MEDIA ANUAL DEL PARAGUAY

La temperatura máxima supera los 42°C, mientras la mínima llega a -4 a -5°C, siendo grande la amplitud. En cuanto a la temperatura media anual, supera los 20°C, siendo por tanto un clima moderado.

2) Evaporación

En el Cuadro A.2.4 se indican los datos de la evaporación, cuyos valores registrados van de unos 850 mm a 1.200 mm.

3) Precipitación

En el cuadro A.2.5 se indican los datos de precipitación y de días de lluvia. La precipitación anual es de 1.600 a 2.000 mm, pero en algunos lugares llega a superar los 2.000 mm. La precipitación es abundante en los meses de Febrero, Mayo y Noviembre, siendo Junio el mes de menor precipitación en todo el año. Considerando por estaciones, el verano (Noviembre - Marzo) es el período de mayor precipitación, registrándose en este período el 42% del total de lluvias caídas.

Por otro lado, la cantidad de días con lluvia al año es de unos 90 días.

4) Horas de insolación y días con escarcha

En la Figura A.2.6 se indican los datos de horas de insolación y de días con escarcha. La única estación que tiene los datos de horas de insolación es la de Encarnación. En esta estación se tienen registradas unas 2.400 horas, como promedio anual de insolación.

En cuanto a los días con escarcha, es muy variable de una estación a otra, registrándose de unas 3 a 11 escarchas al año. De acuerdo a las averiguaciones hechas con los agricultores, la escarcha no solo depende de la ubicación geográfica, sino que es afectado también por la configuración topográfica de cada lugar.

5) Temperatura del suelo

La única estación que está realizando la observación de la temperatura del suelo es la de Capitán Miranda. En el Cuadro A.2.7 se indican los datos de la temperatura media mensual del suelo.

6) Velocidad y frecuencia de dirección del viento

La única estación que realiza la observación de la velocidad y frecuencia de dirección del viento es la de Encarnación. En los cuadros A.2.8 y A.2.9 se indican los datos mensuales de velocidad y frecuencia de dirección del viento, respectivamente. De acuerdo a estos datos, la velocidad media anual del viento es de unos 5 nudos y predomina el viento de la dirección noreste.

CUADRO A.2.5 PRECIPITACION MEDIA MENSUAL, PROMEDIO DE DIAS CON LLUVIA

(Unidades en mm, día)

Estación	Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Encarnación	Precipitación	119,7	206,3	123,2	145,1	197,7	104,2	117,5	120,4	129,6	167,9	189,4	142,7	1.763,7
	Días con lluvia	8	9	7	7	7	7	8	8	7	9	10	7	94
Pirapó	Precipitación	137,3	140,9	101,5	127,1	161,5	91,3	96,6	99,0	116,4	179,8	213,7	146,7	1.611,8
	Días con lluvia	9	8	7	6	7	8	7	6	8	8	9	8	91
Capitán Miranda	Precipitación	127,5	170,7	123,2	124,5	185,7	108,3	94,9	128,0	97,9	132,5	198,8	134,7	1.626,7
	Días con lluvia	9	8	8	6	6	7	6	6	6	8	10	7	87
Santa María	Precipitación	100,2	216,3	129,5	214,0	272,8	223,7	136,9	170,5	150,0	119,1	256,4	101,3	2.090,7
	Días con lluvia	5	7	5	6	6	5	5	7	6	4	7	4	67
General Artigas	Precipitación	130,3	258,3	98,6	228,0	261,0	109,8	127,6	164,3	133,0	130,5	208,8	94,8	1.845,0
	Días con lluvia	7	9	7	8	8	8	9	9	9	7	9	6	96
Carmen del Paraná	Precipitación	94,9	228,9	107,8	250,5	290,0	121,8	121,3	155,3	119,0	111,5	229,0	100,5	1.930,5
	Días con lluvia	6	8	6	8	8	8	8	9	7	6	9	6	89

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos: Encarnación 1976 - 1985
 Pirapó 1975 - 1984
 Capitán Miranda 1974 - 1984 (No hay datos del año 1975)
 Santa María 1982 - 1985
 General Artigas 1982 - 1984
 Carmen del Paraná 1982 - 1985

CUADRO A.2.6 HORAS DE INSOLACION MEDIA MENSUAL, PROMEDIO DE DIAS CON ESCARCHA

(Unidades en hora, día)

Estación	Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Encarnación	Horas de insolación	244,2	241,3	183,1	211,8	169,8	166,1	171,5	179,1	172,8	217,4	219,4	266,4	2.443,4
	Número de días con escarcha					0,8	2,4	1,5	1	0,1				5,8
Pirapó	Horas de insolación				0,5	1,7	3,1	2,4	2,7	1,1	0,1	0,1		11,7
	Número de días con escarcha													
Capitán Miranda	Horas de insolación													
	Número de días con escarcha			0,1	0,1	0,6	2,6	2,1	1,4	0,6	0,1			7,6
Santa María	Horas de insolación													
	Número de días con escarcha						1,4		1,3					2,7
General Artigas	Horas de insolación													
	Número de días con escarcha					1,3	1,4	1	0,8					4,5
Carmen del Paraná	Horas de insolación													
	Número de días con escarcha					0,8	2,2	1						4

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos:

Horas de insolación

Encarnación 1975 - 1977, 1980

Número de días con escarcha

Encarnación 1976 - 1985 (Los años 1978 y 1979 fueron excluidos por no tener los datos completos)

Pirapó 1969 - 1984

Capitán Miranda 1964 - 1977

Santa María 1981 - 1985

General Artigas 1984 - 1985

Carmen del Paraná 1981 - 1985

CUADRO A.2.7 PROMEDIO MENSUAL DE LA TEMPERATURA DEL SUELO (CAPITAN MIRANDA)

(Unidad en °C)

Profundidad (m)	Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
+0.05	Media mínima	19,9	18,8	18,4	12,6	10,3	10,3	13	10,1	12,7	15,1	16,3	18,6	14,7
	Media máxima	28,3	27,8	25,9	22,8	18	16	17,2	17,8	19,4	23,1	24,6	27,4	22,4
-0.05	Media mínima	25,7	25	23,3	19,3	16,2	13,2	13,4	14,4	16	20,1	21	24,4	19,3
	Media máxima	38,3	37,3	34,4	29,5	24,2	20,2	21,2	23	26,2	30,7	34,4	36,6	29,7
-0.10	Media mínima	27,1	26,5	24,8	20,6	17,5	14,3	14,7	15,4	19,2	21,1	22,6	25,4	20,8
	Media máxima	35,9	35,2	32,5	27,8	23,5	19,2	19,9	21,4	24,5	29,5	31,9	35	28
-0.20	Media mínima	27,9	27,9	26,1	21,8	18,5	15,2	15,4	15,9	18,4	22	23,3	26,8	21,6
	Media máxima	33,4	32,7	30,5	26,1	21,5	18	18,5	19,9	22,4	26,9	29	32,1	25,9
-0.50	Media mínima	29,2	29	29,5	23,9	20,8	17,3	17,0	18	19,5	22,9	24,9	27,5	23,1
	Media máxima	29,8	30,1	28,1	24,4	21	17,7	17,5	18,3	20	23,6	25,6	28,2	23,7
+0.05	Mínima	10,2	9,4	2,6	2	-1,6	-3	-5,2	-1,8	1	4,2	5,2	11,8	-5,2
	Máxima	46,2	46,4	45,4	40,4	38,4	36	36,8	36,8	41,6	45	44,4	46	46,4
-0.05	Mínima	15,2	17	14,6	9	4,8	2,6	4,2	4	5,6	10,2	11,4	13,4	2,6
	Máxima	48,6	46,8	44,4	39,6	33,2	34	29,4	31,8	38,4	41,2	47,2	48,6	48,6
-0.10	Mínima	16,8	19,8	16	11,8	7,9	7	5,2	6,8	8	13,8	12	15,8	5,2
	Máxima	44,1	44,2	40,8	39,4	31,2	26,6	28,2	31,8	35,6	41	42,6	43,6	44,2
-0.20	Mínima	18,8	20,4	18,6	12,2	11	7,8	8,6	8,4	10,2	14,8	14	17,4	7,8
	Máxima	40,8	40,8	39,2	37,2	28,2	26,6	27,6	27,8	35	39	39	41,6	41,6
-0.50	Mínima	22	22	22	15	16,3	13,2	10	13,8	11,2	17,5	17,5	16,5	10
	Máxima	34,2	34	32,7	38,7	21,5	23	22,8	22	26,8	34,8	32,5	34,2	38,7

Fuente: Estación meteorológica de Capitán Miranda

Período de datos: 1976 - 1984

CUADRO A.2.8 PROMEDIO MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

(Unidad: Nudo)

Nombre de la estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Encarnación	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	6	5	5

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos: 1971 - 1980

Nota 1) 1 nudo = 0,51 m/sec

CUADRO A.2.9 PROMEDIO MENSUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO

Encarnación

(Unidad: %)

Dirección del viento Mes	N	NE	E	SE	S	S	W	NW	C
1	7	34	15	7	11	4	2	2	18
2	6	27	13	11	13	6	1	3	14
3	4	23	15	11	15	5	1	2	24
4	3	21	16	8	15	5	1	1	30
5	4	27	11	8	12	5	1	1	31
6	4	29	15	8	11	4	2	1	26
7	5	31	12	6	12	5	2	2	25
8	5	21	8	9	18	5	2	3	29
9	4	26	13	13	15	6	1	1	21
10	2	22	15	9	20	8	1	1	22
11	4	21	16	9	19	6	2	2	21
12	5	26	14	12	17	6	2	2	16
Promedio	4	26	14	9	15	5	2	2	23

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Período de datos 1971 - 1980 (Diez años)

7) Número de días sin precipitación

En el Cuadro A.2.10 se indican los datos sobre el número de días continuos sin precipitación. De acuerdo a los mismos, se tiene que el máximo anual de número de días continuos sin precipitación llega a unos 26 - 42 días. En el Cuadro A.2.11 se indican los números de días continuos sin precipitación que coinciden con el ciclo de cultivo del arroz con riego y de la soja. Según esto, no se observan grandes variaciones anuales, sobre todo en el período de siembra que es el de mayor importancia, salvo el caso de la sequía de la campaña 1.985 - 1.986.

2.2 Características de la Precipitación

2.2.1 Selección de la estación meteorológica

Dentro del área en estudio existen seis estaciones meteorológicas, pero entre las mismas se observan muchas diferencias en cuanto al equipamiento y el período que abarca la observación. Por eso, para definir los datos meteorológicos a ser utilizados en la elaboración del plan, será necesario seleccionar una estación que represente al área en estudio. En tal sentido, en este proyecto ha sido seleccionado la estación de Encarnación, teniendo en cuenta las siguientes razones.

- 1) Entre las seis estaciones existentes, es la que tiene el más largo período de observación, cuenta con datos de 45 años.
- 2) Posee todos los datos meteorológicos que se necesitan para la elaboración del plan.
- 3) Con relación a los datos de precipitación que es la información más importante para la elaboración del plan, presenta un alto grado de correlación con las restantes cinco estaciones (Cuadro A.2.12)

2.2.2 Precipitación probable

Se hará el cálculo de la precipitación probable, considerando los datos de precipitación con una distribución normal, mediante la conversión en valores logarítmicos. Los datos a ser empleados serán de precipitación diaria máxima perteneciente a la estación de Encarnación (Cuadro A.2.13) Las fórmulas para el cálculo de la precipitación probable son como se indican a continuación.

$$1) \frac{\text{Promedio } X_0}{\log X_0} = \Sigma \log x_i / N$$

X_i : Datos de cantidad variable

N : Cantidad de muestras

CUADRO A.2.10 NUMERO MAXIMO DE DIAS CONTINUOS SIN LLUVIA, POR MES

(Unidad: días)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Período de datos
Encarnación	26	12	13	17	20	28	19	21	13	19	27	18	38	1975 - 1985
	10	9	11	19	27	13	19	22	7	8	38			
Pirapó	25	10	31	18	17	19	16	22	13	12	14	23	35	1975 - 1984
	12	27	32	35	17	22	17	21	6	7	6			
Capitán Miranda	26	15	17	17	18	20	18	17	17	19	12	14	27	1975 - 1984
	27	26	11	24	17	27	18	21	13	8	13			
Santa María	24	20	26	13	21	14	19	21	11	24	30	16	42	1981.6 - 1985.12
	18	6	14	17	19	23	24	20	24	25	41	42		
General Artigas	11	11	15	13	17	15	16	16	12	18	15	12	27	1981.6 - 1985.12
	19	8	10	16	23	11	27	19	13	9	6	20		
Carmen del Paraná	13	9	15	10	17	27	19	21	13	19	16	17	26	1981.6 - 1985.12
	21	13	9	13	23	15	23	26	11	7	5	20		

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Casilla superior: Número máximo de días continuos sin lluvia del mes

Casilla inferior: Número de días sin lluvia que continúa en el mes siguiente

Encarnación	1975 - 1985
Pirapó	1975 - 1984
Capitán Miranda	1975 - 1984
Santa María	1981 - 1985
General Artigas	1981 - 1985
Carmen del Paraná	1981 - 1985

CUADRO A.2.11 NUMERO DE DIAS CONTINUOS SIN LLUVIAS QUE COINCIDEN
CON EL PERIODO DE CULTIVO DE LAS ESPECIES AGRICOLAS,
EN ENCARNACION

Período	Total (Enero- Diciembre)		Período de cultivo del arroz con riego (Octubre- Abril)		Período de siembra de la soja (Octubre- Noviembre)		Período de cosecha de la soja (Marzo- Mayo)	
	Número máximo de días	Orden	Número máximo de días	Orden	Número máximo de días	Orden	Número máximo de días	Orden
1973 - 1974	16	10	17	5	10	6	17	4
1974 - 1975	20	5	12	10	11	3	11	9
1975 - 1976	15	11	12	9	11	3	11	9
1976 - 1977	20	5	13	6	12	2	20	1
1977 - 1978	22	4	19	3	8	9	16	6
1978 - 1979	27	2	26	2	11	3	19	2
1979 - 1980	26	3	17	4	8	9	9	11
1980 - 1981	19	8	13	7	8	9	17	4
1981 - 1982	No registrado							
1982 - 1983	19	8	13	8	10	6	19	2
1983 - 1984	13	12	10	11	10	6	13	7
1984 - 1985	20	5	10	12	6	12	12	8
1985 - 1986	38	1	38	1	27	1	9	11

CUADRO A.2.12 PRECIPITACION Y RESULTADO DE ANALISIS DE REGRESION DE LA ESTACION DE ENCARNACION Y DE OTRAS ZONAS

Estación -	Coefficiente de correlación	Observación 1) Fórmula de regresión
Pirapó	0,87141	$y = 0,73704x + 26,0662$
Cap. Miranda	0,94620	$y = 0,87364x + 7,2436$
Gral. Artigas	0,91377	$y = 0,91361x - 0,4370$
Santa María-	0,75302	$y = 0,79431x + 28,3770$
Carmen del Paraná	0,93364	$y = 0,95092x - 14,1087$

Obs. 1) y: Precipitación de cada estación

x: Precipitación de la estación de Encarnación

Obs. 2) Para los efectos del cálculo fueron utilizados los datos de observación correspondientes a Junio de 1981 - Diciembre de 1984

CUADRO A.2.13 PRECIPITACION MAXIMA ANUAL EN ENCARNACION

(Unidad: mm)

Año	Precipitación diaria	Orden de magnitud	Precipitación en dos días contínuos	Orden de magnitud	Precipitación en tres días contínuos	Orden de magnitud
1970	96	12	107,3	12	115,1	12
1971	102,8	9	130,3	8	135,4	10
1972	98,4	11	155	6	195	2
1973	135	4	173	2	173,7	4
1974	109,4	7	126	9	147,6	8
1975	110	6	133,1	7	134,8	11
1976	83,2	14	91,4	15	91,4	15
1977	91,8	13	106,4	13	106,4	14
1978	81,4	15	94,7	14	107,9	13
1979	106,6	8	121,8	10	155	7
1980	100,2	10	114,4	11	144,8	9
1982	162	1	162	4	192	3
1983	157	2	168	3	168	5
1984	127	5	182	1	198	1
1985	135	3	156	5	162,2	6

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Estación de Encarnación

2) Desviación standard

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log X_0)^2}{N}}$$
$$= \sqrt{\frac{N}{N-1}} \sqrt{\frac{\sum [\log X_i]^2}{N} - \log^2 X_0}$$

3) Parámetros ξ

A partir de la Probabilidad de exceso $W(T) = 0.5 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\xi^2} \cdot d\xi$ será calculado el parámetro ξ . T es el periodo de regresión.

4) Precipitación probable

Mediante la fórmula de Iwai $\xi = \frac{1}{\sigma \sqrt{2}} \{ \log(x+b) - \log(x_0+b) \}$, se calcula la precipitación probable x, en un período de regresión T.

El valor de b se calcula mediante la siguiente fórmula

$$b = \frac{X_s \cdot X_t - X_0^2}{\{2X_0 - (X_s + X_t)\}}$$

X_s = Cantidad variable superior (Precipitación)
 X_t = Cantidad variable inferior (Precipitación)

Calculando la precipitación probable en 2, 5, 10 y 20 años, en precipitación diaria, de dos y tres días continuos, a partir de los datos de precipitación de la estación de Encarnación, correspondientes a los años 1.970 - 1.985, se tienen los resultados indicados en el Cuadro A.2.14.

2.2.3 Precipitación del año base del Plan de riego

En el Plan de riego existe la necesidad de determinar el año base de la precipitación. Normalmente el año base del plan es determinado calculando el número de días continuos sin lluvia, con una probabilidad en 5 años, y se seleccionará el valor correspondiente al año que más se asemeje al resultado del cálculo.

En el Cuadro A.2.15 se indica el resultado del cálculo de probabilidad de días continuos sin precipitación de la estación de Encarnación. En base al resultado de este cálculo, y la selección del año que se asemeja al año con número de días continuos, con probabilidad de cinco años, se determina el año base, que en este caso corresponde a 1.873/1.974.

Por otra parte, en el plan de riego se denomina Precipitación Efectiva a la parte de lluvia caída sobre la tierra cultivable, y que puede ser aprovechada efectivamente como agua para riego. Corrientemente, la precipitación efectiva es definida de la siguiente manera.

- 1) La precipitación inferior a 5 mm será considerada como inefectiva.

CUADRO A.2.14 PRECIPITACION PROBABLE

Clasificación	Precipitación diaria (mm/día)	Precipitación de dos días contínuos (mm/dos días)	Precipitación de tres días contínuos (mm/tres días)
Probabilidad de cada 2 años	109	133	145
Probabilidad de cada 5 años	135	149	178
Probabilidad de cada 10 años	147	160	198
Probabilidad de cada 20 años	161	168	212

CUADRO A.2.15 PROBABILIDAD DE DIAS CONTINUOS SIN LLUVIA

(Unidad: día)

Período Años de probabilidad	Total (Ene.-Dic.)	Período de cultivo del arroz (Oct.-Abr.)	Período de siembra de la soja (Oct.-Nov.)	Período de cosecha de la soja (Mar.-Mayo)
2 años	20,6	14,8	9,4	13,1
5 años	26,6	23	13,9	18
10 años	31,1	30,7	18	22,7
20 años	35,4	40,1	22,8	28,3

- 2) En el caso de la precipitación superior a 80 mm, la parte que excede los 80 mm será considerada como inefectiva. El 80% de la parte restante, será considerado como precipitación efectiva.

En el Cuadro A.2.16 se indican los resultados de cálculos de la precipitación efectiva que se registra en el período de cultivo de las especies agrícolas. Al realizar el cálculo de la precipitación efectiva, con una probabilidad de cinco años, en base a los datos de precipitación, da un resultado de 815 mm/año. Así, los años 1.973/74 que tiene un valor aproximado a ese resultado, es apropiado usar como año base.

2.2.4 Precipitación básica

En el Plan de drenaje, serán consideradas como precipitaciones básicas, las lluvias continuas con probabilidades en cinco o en diez años. Las frecuencias de precipitaciones continuas de uno, dos y tres días, superiores a 5 mm, se indican en el Cuadro A.2.17. Según este cuadro, la precipitación de más de 5 mm que se registra en un solo día, ocupa la más alta proporción, con el 69% de la frecuencia de precipitaciones.

Sin embargo, en el caso de la precipitación más problemática para el Plan de drenaje que es aquella de más de 100 mm, la precipitación continua de tres días ocupa la más alta proporción con el 50%. Consecuentemente, la precipitación continua de tres días, será considerada como precipitación básica.

En el Plan de drenaje existe la necesidad de calcular la distribución horaria de la precipitación. Por eso, se determina en primer término la distribución diaria de la precipitación continua de tres días y luego se procederá a determinar la distribución horaria, mediante la aplicación de la fórmula de Sharman. El cálculo se hará considerando la precipitación de 178 mm, con probabilidad de cinco años, como precipitación básica. El patrón de lluvia de tres días continuos, de más de 100 mm, correspondiente a los años 1.970 - 1.980, es como se indica en el Cuadro A.2.18.; en donde se aprecia que el patrón que existe en mayor cantidad es el de la distribución normal. Por eso, se considerará la distribución diaria de la precipitación con el patrón de distribución normal. Así, para el primer día se considerará una diferencia de 14 mm/día, que existe entre la precipitación continua de dos días y la precipitación diaria. Para el segundo día se tiene una precipitación diaria de 135 mm y para el tercer día se tendrá 29 mm/día que es la diferencia entre las precipitaciones continuas de tres días y de dos días. La fórmula de Sharman que se aplica para determinar la distribución horaria de la precipitación es como se indica a continuación.

$$R_t = R_T (t/T)^k$$

R_t : Intensidad de precipitación en tiempo t (Por ejemplo, la intensidad horaria)

R_T : Intensidad de precipitación en tiempo T (Por ejemplo, la intensidad en 24 o 48 horas)

k: Constante (1/2 - 1/3) Normalmente, es más frecuente el 1/2

CUADRO A.2.16 PRECIPITACION EFECTIVA

(Encarnación)

Campaña agrícola	Período de cultivo							Total	Orden de magnitud
	10	11	12	1	2	3	4		
1973 - 1974	(190,5) 190,5	(23,6) 23,6	(249,2) 218,2	(114,8) 114,8	(102,5) 102,5	(71,7) 71,7	(81,2) 81,2	(833,5) 802,5	3
1974 - 1975	(63,2) 63,2	(178,2) 178,2	(180,6) 180,6	(197,4) 151,4	(171,5) 171,5	(217,4) 217,4	(248,3) 212,3	(1.256,6) 1.174,6	9
1975 - 1976	(245,6) 245,6	(85,3) 85,3	(187,2) 187,2	(223,2) 223,2	(76,6) 76,6	(129,6) 129,6	(73,7) 73,7	(1.021,2) 1.021,2	5
1976 - 1977	(219,0) 219,0	(150,2) 150,2	(126,1) 126,1	(200,8) 184,6	(97,6) 97,6	(69,8) 69,8	(39,4) 39,4	(902,9) 886,7	4
1977 - 1978	(66,1) 66,1	(197,2) 197,2	(174,8) 174,8	(72,6) 72,6	(107,9) 90,5	(99,6) 99,6	(25,6) 25,6	(743,8) 726,4	2
1978 - 1979	(95,6) 95,6	(154,4) 154,4	(122,2) 122,2	(27,4) 27,4	(318,0) 278,8	(119,6) 119,6	(209,9) 209,9	(1.047,1) 1.007,9	6
1979 - 1980	(357,8) 315,2	(101,8) 101,8	(314,6) 293,2	(64,0) 64,0	(161,2) 141,0	(120,0) 120,0	(119,4) 119,4	(1.238,8) 1.154,6	8
1980 - 1982	(204,0) 167,8	(95,2) 95,2	(61,0) 61,0	(8,4) 8,4	(266,5) 196,3	(99,8) 99,8	(47,5) 47,5	(782,4) 676,0	1
1982 - 1983	(110,0) 110,0	(547,8) 391,8	(172,7) 93,2	(89,9) 89,9	(468,8) 318,6	(147,6) 147,6	(330,8) 330,8	(1.867,6) 1.481,9	10
1983 - 1984	(245,2) 245,2	(66,0) 66,0	(112,0) 112,0	(266,0) 249,0	(188,9) 188,9	(139,9) 139,9	(70,0) 70,0	(1.088,0) 1.071,0	7
Promedio	(179,7) 171,8	(160,0) 144,4	(170,0) 156,9	(126,5) 118,5	(196,0) 166,2	(121,5) 121,5	(124,6) 121,0	(154,0) 142,9	

Fuente: Dirección de Meteorología, MDN

Oct. 1973 - Abr. 1984

El año 1981 no tiene datos registrados por lo que fue eliminado

Obs. En la casilla superior se indica la precipitación entre parentesis
En la casilla inferior se indica la precipitación efectiva

CUADRO A.2.17 FRECUENCIA DE PRECIPITACION CONTINUA SEGUN NUMERO DE DIAS

Encarnación, precipitación
diaria de más de 5 mm

Número de días continuos con lluvia	Un día			Dos días			Más de tres días			
	Precipitación mm	-50	50-100	Más de 100	-50	50-100	Más de 100	-50	50-100	Más de 100
Año de observación										
1970	30	2	-	6	5	-	-	1	1	
1971	30	4	-	2	5	-	-	2	1	
1972	23	3	-	6	2	2	2	1	3	
1973	25	5	-	5	6	3	2	3	-	
1974	22	4	-	7	2	1	-	2	1	
1975	38	4	1	7	2	-	1	-	3	
1976	26	3	-	3	3	1	-	2	1	
1977	30	1	-	4	5	1	-	1	-	
1978	25	-	-	9	1	-	-	1	1	
1979	26	5	1	7	6	-	-	1	2	
1980	28	-	-	5	6	-	1	1	2	
1982	34	3	2	3	2	1	1	2	1	
1983	29	5	1	6	7	6	-	1	1	
1984	42	3	-	9	-	3	1	-	2	
1985	26	2	-	5	6	-	-	2	4	
Total	444	44	5	94	58	18	8	20	23	
Porcentaje (%)	mm mm									
	-50	81,3			17,2			1,5		
	50-100	36,1			47,5			16,4		
	100-	10,9			39,1			50,0		
Total	69,0			23,8			7,2			

El año 1981 no tiene registro

CUADRO A.2.18 PATRON DE PRECIPITACION EN TRES DIAS CONTINUOS EN ENCARNACION

(Unidad: Número de veces)

Año	Patrón			Total	Observación
1970		1		1	
1971		1		1	
1972	3			3	
1973				-	
1974			1	1	
1975		1	2	3	
1976		1		1	
1977				-	
1978		1		1	
1979	1	1		2	
1980		1	1	2	
1982		1		1	
1983		1		1	
1984		2		2	
1985		2	2	4	
Total	4	13	6	23	

(De acuerdo a los datos de precipitación de más de 100 mm en tres días contínuos de os años 1970 - 1980)

CUADRO A.2.19 DISTRIBUCION HORARIA DE LA PRECIPITACION DE TRES DIAS CONTINUOS

(Unidad: mm)

Hora	Primer día	Segundo día	Tercer día
1 hr	0,29	2,84	0,61
2	0,31	2,97	0,64
3	0,33	3,12	0,67
4	0,35	3,29	0,71
5	0,37	3,50	0,75
6	0,39	3,75	0,81
7	0,42	4,06	0,88
8	0,47	4,74	0,96
9	0,52	5,03	1,08
10	0,61	5,88	1,26
11	0,77	7,38	1,59
12	1,18	11,43	2,46
13	2,86	27,54	5,92
14	0,91	8,76	1,89
15	0,68	6,51	1,39
16	0,56	5,41	1,16
17	0,49	4,73	1,02
18	0,44	3,99	0,91
19	0,41	3,90	0,84
20	0,37	3,62	0,76
21	0,34	3,39	0,73
22	0,32	3,21	0,69
23	0,31	3,04	0,65
24	0,30	2,91	0,62
Total	14	135	29

Observación: Son valores obtenidos por la fórmula $R_t = R_{24} \left(\frac{t}{24}\right)^{0,5}$

En el Cuadro A.2.19 se indica el resultado de cálculo de la distribución horaria de la precipitación de tres días contínuos.

3. Hidrología

Los principales cauces que existen en el área en estudio son, desde el lado oeste, el Arroyo Pirapó, Arroyo Capibary, Arroyo Caraguatá, y el Arroyo Tacuary. Todos estos cauces tienen sus cuencas pequeñas. Además, a excepción del Arroyo Tacuary, las cuencas presenta muchos relieves topográficos, por lo que existe muy poca posibilidad de ser aprovechados para riego de arrozales. Por esta razón, en este plan no se considera la realización de grandes obras de riego con construcción de represas para riego de arrozales, salvo la obra de mejoramiento del cauce del Arroyo Tacuary, proyectado en el Plan de Drenaje.

Por las razones mencionadas, el análisis hidrológico es de poca transcendencia en este Plan Maestro; por lo que en la especialidad de hidrología se ha procedido a confeccionar la curva H - Q, a partir de los datos hidrológicos existentes, y se ha hecho el ordenamiento de los mismos, como material a ser usado en futuras obras desarrollo del recurso hídrico.

La fórmula fundamental de la curva de H-Q es como se indica a continuación:

$$Q: c(h+z)$$

$$Q: \text{Caudal } m^3/\text{seg}$$

$$h: \text{Nivel de agua } m$$

$$c, z: \text{Coeficientes calculados por el método de cuadrado mínimo}$$

En el Cuadro A.3.1, así como en las figuras A.3.1 - A.3.5, se indican los niveles de agua, datos de medición de caudales y las curvas H-Q, que corresponden a los puntos de observación 1 - 5. Por otra parte, en la Figura A.3.6 se indica el nivel de agua del Arroyo Tacuary, en el punto de observación 1 y la fluctuación anual de la precipitación, en Carmen del Paraná.

CUADRO A.3.1 DATOS DE OBSERVACION DEL NIVEL DE AGUA Y CAUDAL

Número	Punto de observación 1 Arroyo Tacuary y Ruta 1		Punto de observación 2 Arroyo Tacuary		Punto de observación 3 Arroyo Caragu- atá y Ruta 1		Punto de observación 4 Arroyo Tacuary		Punto de observación 5 Arroyo Santa María	
	Nivel de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Nivel de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Nivel de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Nivel de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Nivel de agua (m)	Caudal (m ³ /s)
1	2,220	6,255	1,370	0,130	2,100	5,438	0,940	1,540	0,250	0,666
2	2,500	8,598	1,800	1,230	2,300	7,697	1,040	1,863	0,520	1,441
3	3,500	20,717	2,460	5,640	2,600	11,819	1,120	2,144	0,720	2,200
4	4,250	27,790	3,200	13,970	3,300	24,862	1,260	2,683	1,000	3,532
5	5,000	48,650	4,500	36,380	4,280	51,176	1,360	3,105	1,360	5,705
6	5,500	87,257	5,460	57,470	5,040	78,052	1,490	3,699	1,600	7,442
7	6,300	179,100	6,500	87,050	5,220	85,246	1,740	4,989	1,900	9,936
8	5,600	96,140	7,430	119,150	6,000	120,070	2,740	12,073	2,400	14,895
9	5,100	55,708	6,400	87,050	5,760	108,727	3,240	16,770	2,600	17,158
10	4,900	41,886	5,390	57,470	5,330	89,797	2,140	7,493	2,200	12,792
11	4,050	27,549	4,320	36,370	4,770	67,857	1,380	3,193	1,460	6,401
12	3,050	14,887	3,400	16,610	3,600	31,920	1,120	2,144	1,100	4,085
13	2,370	7,540	2,500	4,900	2,270	7,333	1,040	1,863	0,680	2,036
14	2,150	5,760	1,390	0,130	2,130	5,752	0,960	1,602	0,400	1,062
Fórmula de curva del caudal	$Q=4,7873$ $x(h-1,328)^{2,25}$		$Q=3,1064$ $x(h-1,134)^2$		$Q=4,8920$ $x(h-1,046)^2$		$Q=1,5400$ $x(h+0,060)^2$		$Q=2,0000$ $x(h+0,329)^2$	

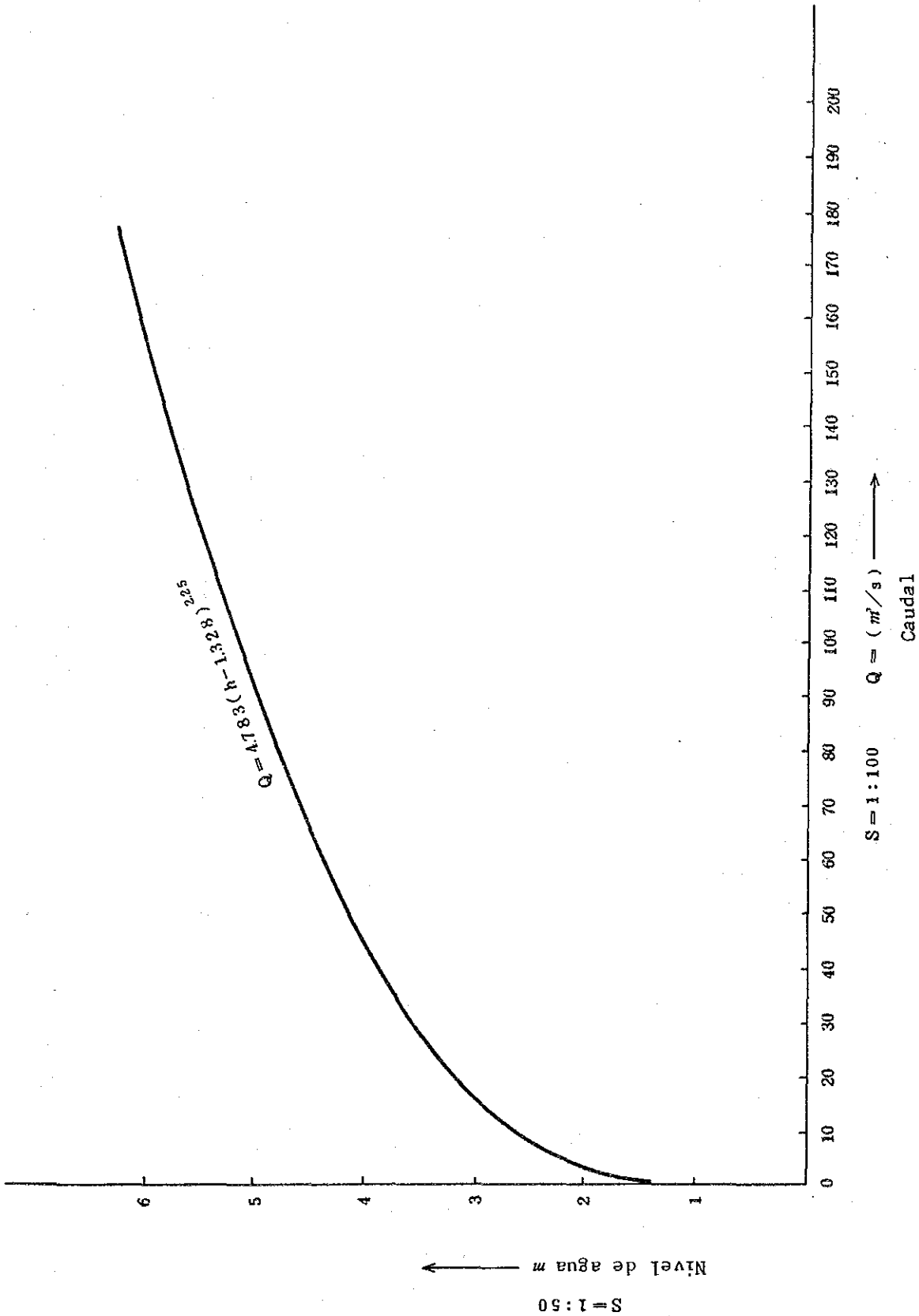


FIGURA A.3.1 CURVA H-Q EN EL PUNTO DE OBSERVACION 1 (ARROYO TACUARY)

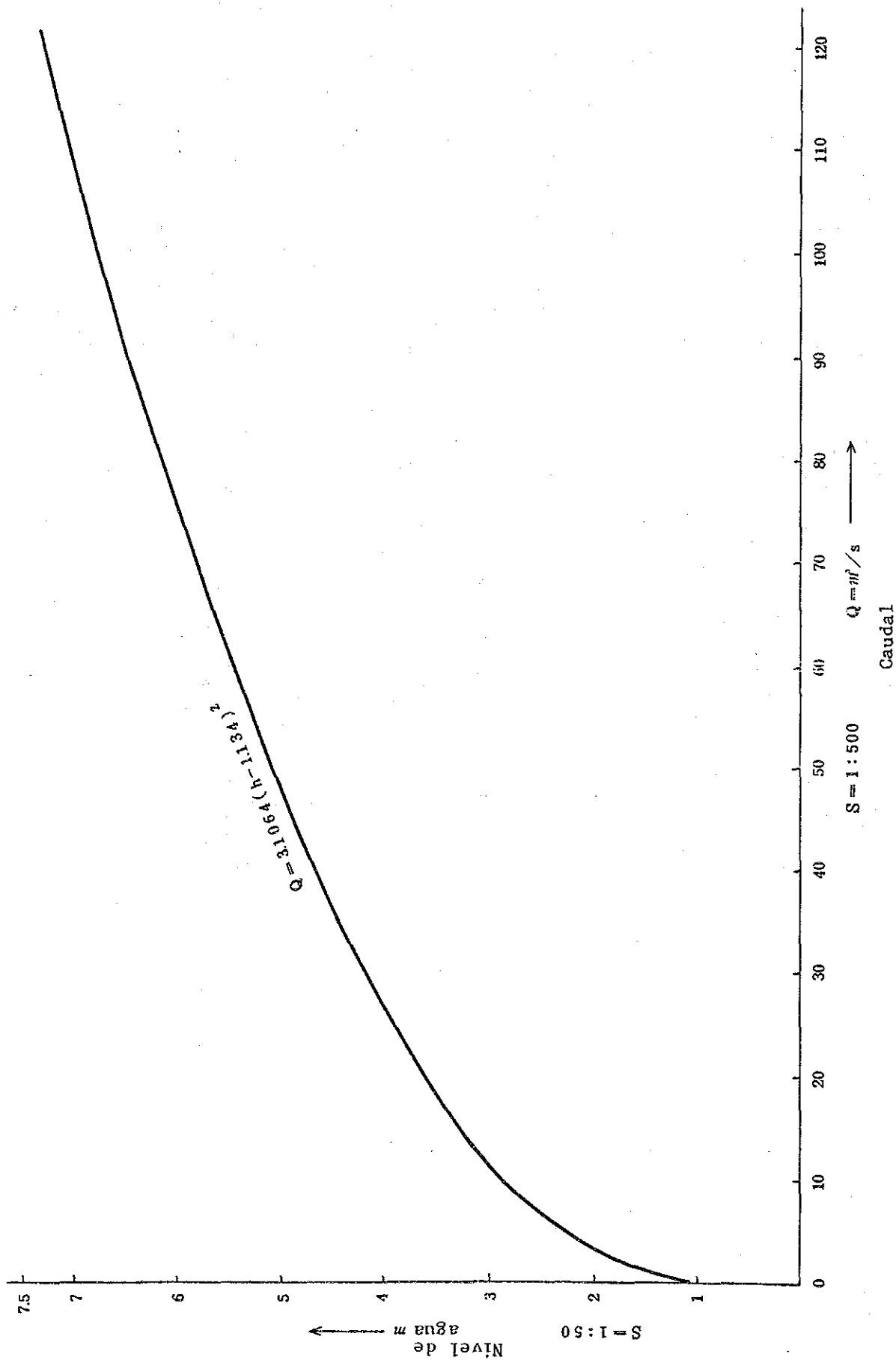


FIGURA A.3.2 CURVA H-Q EN EL PUNTO DE OBSERVACION 2 (ARROYO TACUARY)

Curva del nivel de agua y caudal del Arroyo Caraguatá

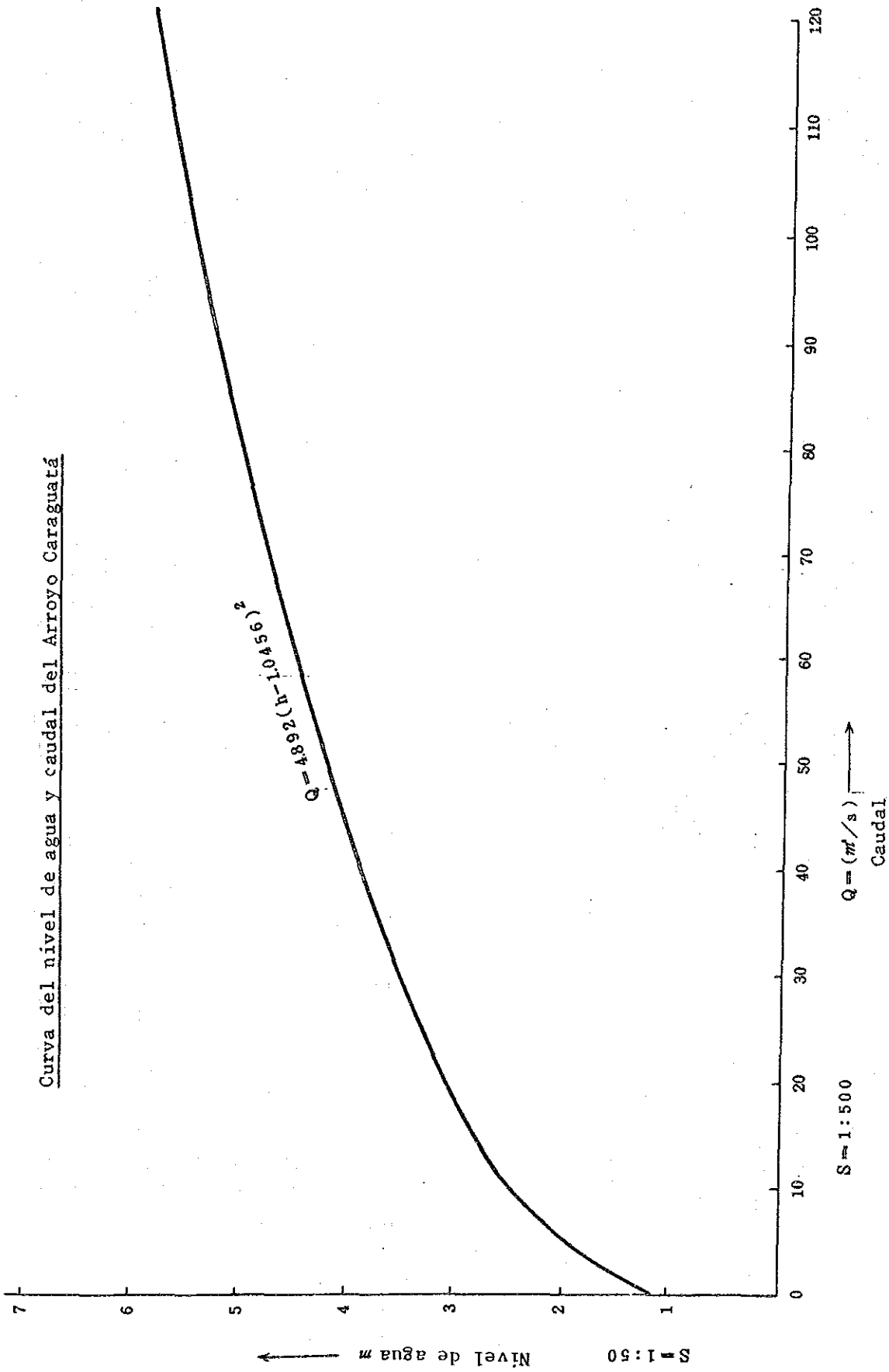


FIGURA A.3.3 CURVA H-Q EN EL PUNTO DE OBSERVACION 3 (ARROYO CARAGUATA)

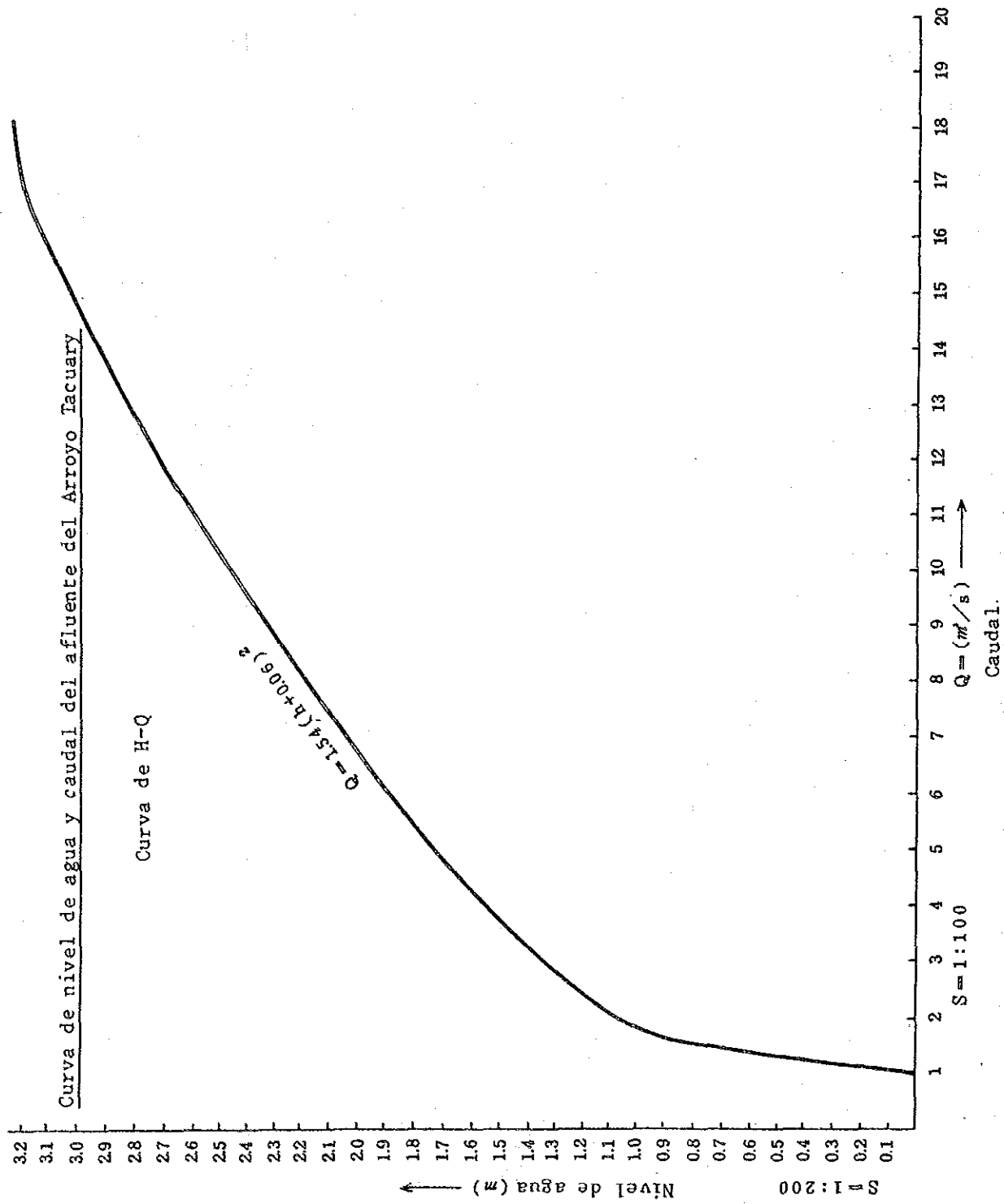


FIGURA A.3.4 CURVA H-Q EN EL PUNTO DE OBSERVACION 4 (ARROYO TACUARY)

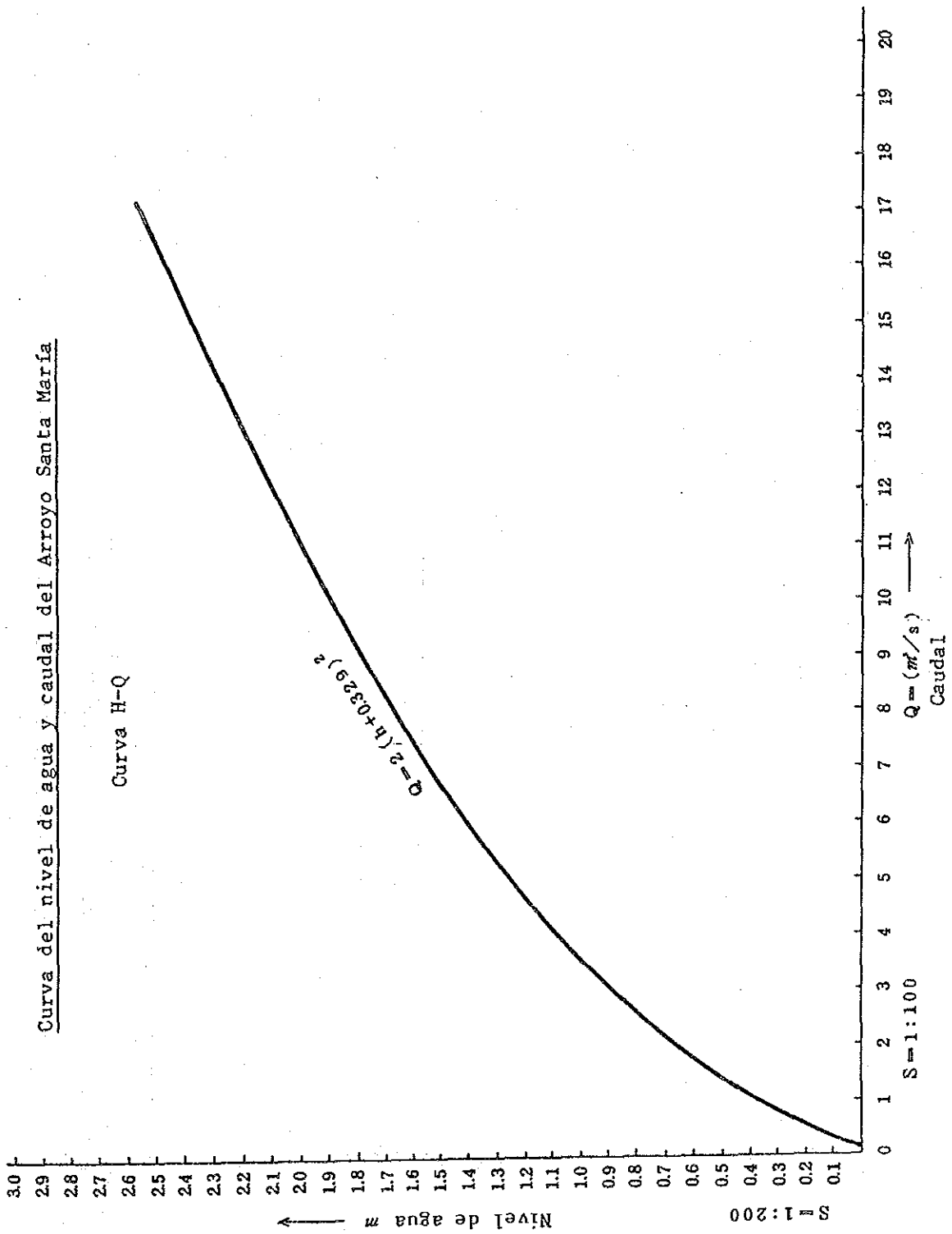
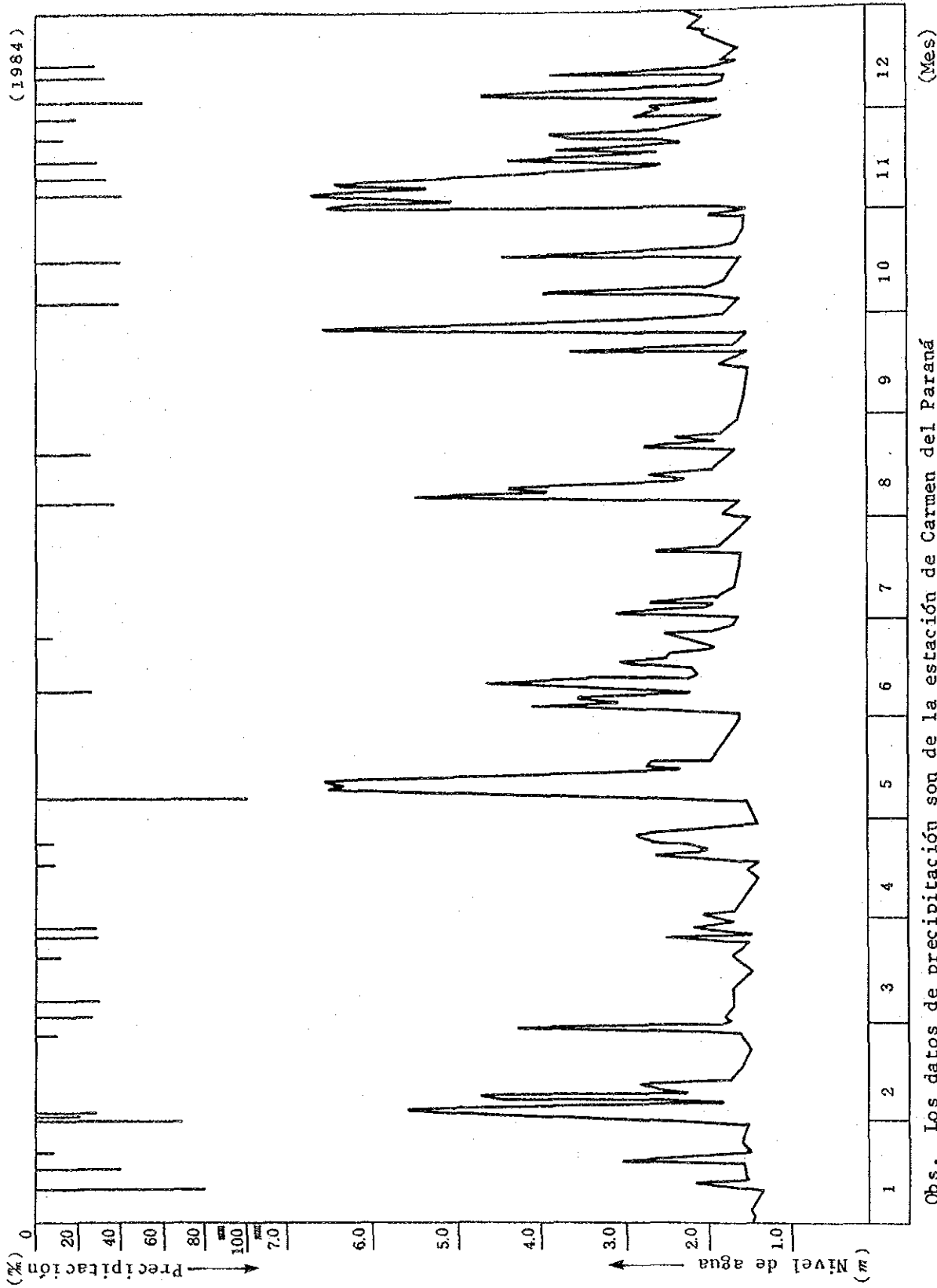


FIGURA A.3.5 CURVA H-Q EN EL PUNTO DE OBSERVACION 5 (ARROYO SANTA MARIA)

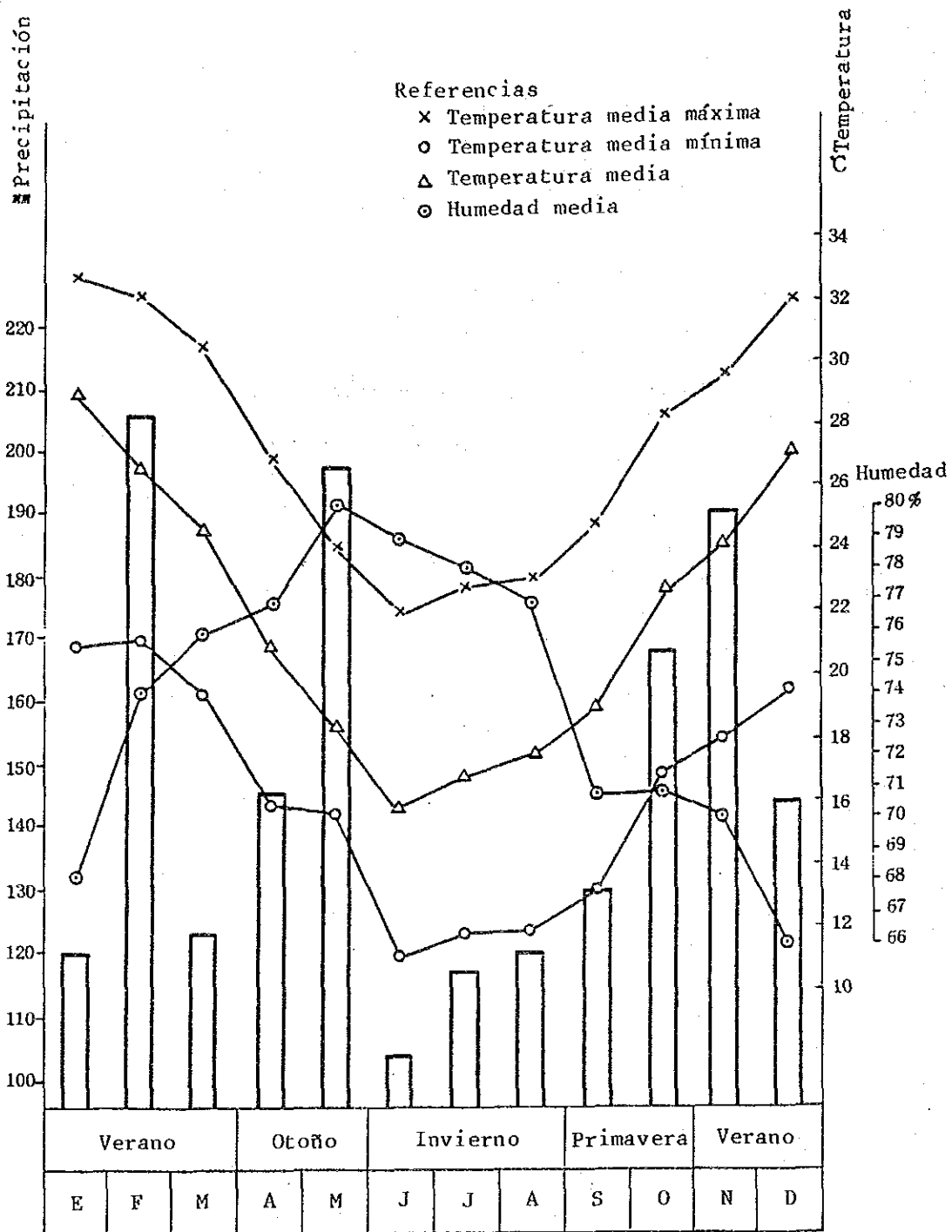


Obs. Los datos de precipitación son de la estación de Carmen del Paraná

FIGURA A.3.6 FLUCTUACION DE LA PRECIPITACION Y DEL NIVEL DE AGUA EN EL PUNTO DE OBSERVACION 1 (ARROYO TACUARY)

Anexo A Meteorología e hidrología

· Materiales de referencia



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, MDN
 Período de datos: 1976 - 1985

FIGURA ANEXA A.1 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS EN ENCARNACIÓN

CUADRO ANEXO A.1 PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA EN ENCARNACION

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANU
1940	27.2	27.0	24.4	21.6	20.5	18.0	19.7	16.7	20.1	20.6	23.5	27.7	22.3
1941	27.4	24.9	22.8	23.1	19.1	16.1	16.3	19.0	15.9	21.4	23.1	24.9	21.2
1942	26.6	26.9	24.2	21.5	15.4	13.3	13.3	19.0	19.2	21.2	25.3	26.9	21.1
1943	28.2	27.3	25.4	20.6	19.7	16.9	17.8	13.9	20.1	23.4	24.7	26.5	22.0
1944	27.3	28.6	24.2	20.7	19.1	17.5	17.3	20.4	22.7	24.1	24.3	28.8	22.9
1945	28.5	28.5	25.6	23.4	17.7	14.3	17.7	21.9	20.0	24.5	24.3	25.7	22.7
1946	25.2	26.6	24.3	20.5	18.7	15.0	13.8	19.6	21.9	21.9	25.7	25.4	21.5
1947	27.3	27.4	24.5	21.5	19.0	18.0	14.6	16.9	19.7	21.2	25.3	26.8	21.9
1948	29.2	25.8	24.2	21.5	18.0	18.5	17.0	16.0	20.4	21.6	23.1	29.2	22.0
1949	27.0	26.8	25.9	20.1	18.7	17.8	17.0	17.8	19.5	20.4	25.9	26.7	22.0
1950	26.1	25.5	23.2	22.1	21.1	17.2	16.3	19.9	19.2	21.3	23.8	26.5	21.9
1941/50	27.5	26.8	24.4	21.5	18.6	16.5	16.1	18.4	19.9	22.1	24.5	26.7	21.9
1951	26.7	25.4	23.3	18.5	19.3	17.4	17.7	17.8	21.0	22.3	23.7	26.3	20.0
1952	28.4	26.2	26.2	19.0	20.9	13.4	18.0	20.2	18.7	21.4	24.1	26.6	21.9
1953	26.9	26.6	27.0	20.8	19.4	17.1	13.0	21.3	21.9	21.3	24.7	27.2	22.3
1954	27.1	27.1	25.1	22.5	17.0	17.1	15.9	18.7	19.3	20.3	26.7	26.4	20.3
1955	27.5	28.4	24.0	21.1	17.0	16.8	12.6	17.7	19.8	19.9	24.7	26.7	21.0
1956	26.5	26.4	24.7	19.4	14.5	14.4	15.2	17.1	20.3	22.8	24.9	27.3	21.0
1957	27.6	25.3	26.1	20.7	20.9	15.9	13.7	17.3	16.7	22.8	23.5	27.1	21.5
1958	28.5	27.3	24.8	20.8	18.3	18.7	18.5	15.2	20.2	21.7	23.9	25.4	21.9
1959	27.0	26.5	25.0	22.6	18.3	16.5	19.3	16.8	20.6	22.1	23.5	25.5	22.0
1960	27.6	25.8	24.5	20.7	15.6	17.2	17.5	17.5	19.9	23.0	24.5	27.3	21.8
1951/60	27.4	26.5	25.1	20.6	18.1	16.4	16.1	18.0	19.8	21.8	24.4	26.6	21.4
1961	28.2	26.8	23.8	20.9	19.3	17.1	17.3	21.1	19.6	23.6	24.7	27.2	22.4
1962	26.3	25.1	25.2	21.1	16.5	15.8	12.4	16.1	20.7	20.4	25.8	28.2	21.1
1963	28.4	27.3	26.6	21.3	19.3	16.2	18.8	19.5	20.9	22.5	23.5	25.8	22.5
1964	27.8	26.5	25.4	22.4	19.3	14.1	14.5	17.7	19.5	21.0	23.7	25.7	21.5
1965	27.1	26.3	22.9	22.1	18.4	19.3	15.6	18.5	18.8	22.7	24.2	25.2	21.7
1966	26.1	25.5	24.5	23.1	19.0	17.9	17.5	16.4	18.7	22.3	25.7	26.7	21.9
1967	25.5	26.1	23.3	21.9	21.2	14.2	16.8	19.6	20.7	23.8	24.1	27.6	22.0
1968	26.4	26.1	24.5	17.9	15.5	16.7	16.7	17.3	16.9	21.9	26.1	26.4	21.0
1969	25.2	26.6	24.3	20.3	19.0	15.3	17.2	15.4	19.8	20.8	23.9	25.5	21.1
1970	26.8	25.6	24.9	22.7	18.6	15.8	15.4	16.3	18.2	20.7	20.1	24.8	20.0
1961/70	26.8	26.2	24.5	21.4	18.6	16.2	16.2	17.8	19.4	22.0	24.2	26.3	21.6
1941/70	27.1	26.2	24.7	21.2	18.1	16.5	16.3	17.6	19.5	22.2	24.2	26.4	21.7
1971	25.0	24.7	23.1	18.1	15.4	12.7	16.3	17.0	20.2	19.9	23.4	25.3	20.1
1972	25.7	25.2	24.1	18.9	20.1	19.6	15.8	15.9	20.1	19.5	22.6	24.3	21.0
1973	26.6	26.7	23.7	22.2	17.3	16.1	15.4	13.9	17.8	21.2	21.7	24.3	20.6
1974	26.4	25.4	23.9	20.2	18.1	13.6	17.5	16.1	18.8	19.7	21.8	24.4	20.6
1975	24.8	25.7	23.4	20.2	17.6	16.9	14.1	17.1	19.0	19.7	22.2	25.1	20.5
1976	26.0	24.4	22.3	18.9	16.0	14.7	15.4	15.8	17.4	20.5	23.0	24.9	19.9
1977	25.5	26.8	25.3	20.7	17.3	17.2	19.5	16.6	20.8	23.0	23.4	26.0	21.8
1978	27.3	25.8	26.0	18.8	15.3	15.9	18.0	15.8	19.5	22.5	23.2	25.7	21.1
1979	27.6	26.0	23.2	19.1	16.0	14.4	15.7	19.1	17.2	22.2	23.0	25.5	20.7
1980	25.5	25.5	26.3	23.3	19.4	15.6	14.9	17.7	16.5	21.0	22.4	25.2	21.1
1971/80	26.0	25.6	24.1	20.0	17.2	15.7	16.3	16.5	18.7	20.9	22.7	25.1	20.7
1981	26.2	26.2	23.3	21.1	21.4	13.8	14.5	18.3	18.2	21.1	23.7	24.9	21.1
1982	28.5	26.7	25.7	23.0	19.3	17.0	18.7	20.1	21.6	22.8	23.5	26.3	
1983	28.4	26.6	24.4	22.1	18.9	14.8	15.5	18.4	18.0	22.8	24.1	28.2	
1984	28.1	28.5	25.6	20.7	20.8	16.4	17.6	15.3	19.3	25.4	25.1	25.4	
45 年平均	27.0	26.4	24.8	20.9	18.4	16.2	16.3	17.7	19.5	21.8	24.0	26.2	21.6

CUADRO ANEXO A.2 TEMPERATURA MEDIA MAXIMA Y MINIMA EN ENCARNACION

(Unidad: °C)

Año	Mes												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976	31,3	30,9	28,8	26,0	22,5	21,0	22,0	22,8	24,0	27,2	29,5	31,1	26,4
	22,3	19,7	17,9	15,0	12,4	11,1	11,4	11,1	13,1	15,9	18,3	19,8	15,7
1977	31,0	33,2	31,6	27,9	23,5	23,4	25,5	22,4	28,0	30,1	29,5	31,9	28,1
	20,7	21,9	21,1	16,1	14,0	12,8	14,7	12,2	15,9	18,0	18,8	21,5	17,3
1978	33,3	32,5	33,4	28,3	24,7	23,0	24,0	22,1	25,9	29,2	29,4	32,1	28,1
	21,1	20,5	21,1	14,9	11,9	11,6	13,7	11,4	15,2	18,2	19,0	20,9	16,6
1979	35,0	33,0	29,1	25,3	22,0	22,0	22,2	25,1	23,5	28,0	29,6	31,4	27,2
	22,4	21,6	18,4	14,7	11,8	9,9	10,6	15,0	12,9	-	17,9	-	15,5
1980	32,4	31,9	32,4	30,0	25,0	21,8	22,7	25,3	24,1	27,0	28,7	31,6	27,7
	19,6	20,5	21,1	19,0	15,7	10,6	9,4	12,1	9,9	15,5	16,3	18,9	15,7
1981						19,6	21,5	26,5	24,5	27,6	30,0	30,9	
						8,2	8,3	11,1	12,8	14,1	17,4	18,6	
1982	33,0	31,3	30,5	28,4	25,1	21,6	24,1	24,8	26,5	27,6	27,8	30,5	27,6
	18,4	19,9	18,4	15,0	12,0	12,0	12,4	12,3	15,2	14,9	17,4	18,8	15,6
1983	32,6	31,0	29,3	26,2	21,9	19,2	19,0	22,8	23,4	27,6	28,7	32,9	26,2
	21,2	21,0	17,1	16,8	15,6	9,6	11,8	11,9	10,9	16,2	16,5	19,6	15,7
1984	32,5	33,4	29,6	25,1	25,9	21,2	23,4	20,6	24,8	30,6	29,6	30,3	27,3
	22,4	22,4	20,0	14,9	14,9	11,2	10,4	8,4	11,6	18,0	18,5	16,8	15,8
1985	33,6	32,2	30,9	26,2	24,9	23,2	22,4	22,0	24,3	29,1	34,0	36,0	28,2
	19,6	21,7	18,9	16,2	12,0	11,1	10,5	12,1	13,8	15,4	18,9	20,1	15,9

CUADRO ANEXO A.3 TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA EN ENCARNACION

(Unidad: °C)

Año	Mes												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976	35,5	36,0	36,0	33,4	30,4	30,4	31,0	33,0	33,4	34,4	35,0	36,0	36,0
	16,6	12,0	5,4	4,5	3,5	-1,6	-3,3	-1,0	2,5	5,6	8,0	12,4	-3,3
1977	33,6	35,8	37,5	35,0	31,4	31,0	32,4	31,0	36,0	37,2	34,0	37,0	37,5
	17,4	14,2	15,4	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	10,4	11,4	16,4	0,0
1978	38,4	37,0	38,2	35,0	33,0	30,0	31,0	30,2	33,4	37,0	35,0	37,0	38,4
	13,0	14,8	14,0	3,4	-1,7	-3,8	6,8	-0,4	4,8	7,6	10,0	14,2	-3,8
1979	40,5	39,4	34,0	29,5	29,0	29,2	32,0	32,0	35,4	35,4	35,0	37,4	40,5
	12,4	17,4	12,0	6,6	-0,8	-2,0	-2,0	6,0	-0,6	7,8	7,8	13,0	-2,0
1980	36,6	35,4	36,6	33,6	31,6	30,6	30,4	33,0	33,8	35,4	34,4	38,4	38,4
	11,0	15,0	18,0	3,0	3,4	-1,5	-2,4	-1,6	-0,2	8,0	9,8	13,4	-2,4
1981	35,6	35,0	35,4	35,4	34,0	28,6	31,0	34,2	35,4	35,0	36,0	36,0	36,0
	13,4	20,0	9,4	9,0	7,0	-3,8	-2,2	0,2	2,2	3,2	8,6	14,0	-3,8
1982	38,0	36,4	34,2	33,0	33,0	29,6	30,0	33,4	33,0	35,4	35,4	34,4	38,0
	12,8	15,0	8,5	6,5	1,0	1,0	1,5	3,6	7,2	4,0	12,0	9,1	1,0
1983	37,4	35,0	33,6	32,4	29,4	29,6	26,4	33,6	34,0	34,6	34,6	37,4	37,4
	18,0	15,0	9,0	10,0	5,5	-0,2	3,0	2,4	-0,5	6,0	8,6	14,0	-0,5
1984	38,4	36,4	33,4	31,6	33,4	28,8	31,0	26,6	29,4	36,4	34,4	35,0	38,4
	19,0	12,4	13,6	3,0	1,0	-1,2	-1,5	-1,5	4,2	11,6	13,0	11,0	-1,5
1985	38,0	37,6	34,4	34,0	31,0	30,0	29,0	32,0	31,2	37,0	40,4	42,0	42,0
	16,0	16,5	14,0	8,5	1,2	0,2	-1,2	3,4	5,0	3,5	11,4	13,0	-1,2

CUADRO ANEXO A.4 HUMEDAD MEDIA MENSUAL EN ENCARNACION

Año \ Mes	Mes												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976	82	77	81	80	85	79	79	76	73	71	69	70	77
1977	81	76	77	77	85	85	77	84	71	71	77	74	78
1978	69	73	69	66	71	74	80	74	74	73	73	70	72
1979	57	72	78	83	83	79	80	81	73	77	70	76	76
1980	68	76	81	77	85	76	75	76	71	76	76	72	76
1981						75	70	64	73	60	69	64	
1982	53	69	70	74	72	83	77	77	72	66	76	66	71
1983	66	74	72	81	87	77	83	69	66	68	70	60	73
1984	73	72	78	78	76	81	72	74	69	69	70	64	73
1985	61	75	76	79	78	74	76	80	73	65	49	44	69
1976-85	68	74	76	77	80	79	78	77	71	71	70	66	74

CUADRO ANEXO A.5 PRECIPITACION MENSUAL Y NUMERO DE DIAS DE LLUVIA EN ENCARNACION

(Unidades en mm, dfa)

Año	Mes												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976	237,4 14	78,6 4	135,0 10	73,9 5	114,6 6	68,9 3	123,0 5	64,4 7	101,6 7	220,4 9	157,6 10	128,6 6	1.504,0 86
1977	212,3 13	110,3 6	91,4 8	43,0 4	150,2 6	123,6 6	123,0 10	56,0 7	69,4 5	77,5 7	197,2 10	178,2 7	1.431,9 86
1978	75,6 5	114,0 6	100,4 4	25,6 3	43,8 2	66,5 6	143,8 12	60,0 6	78,8 7	105,6 10	154,4 8	129,8 7	1.097,7 76
1979	27,4 1	320,8 10	125,4 5	220,6 12	143,6 8	46,8 5	64,2 8	193,6 9	195,2 6	365,2 13	109,0 7	315,4 12	2.127,2 96
1980	66,0 4	165,6 7	136,8 11	119,4 6	321,8 10	49,2 6	43,8 3	96,8 6	140,4 10	213,0 10	100,8 12	68,0 7	1.521,6 92
1981	149,6	120,2	135,2	211,8	68,2	154,2 7	154,2 3	154,2 2	154,2 5	154,2 4	154,2 9	154,2 6	1.496,9
1982	2	12	3	5	3	11	8	11	7	7	16	9	94
1983	6	11	6	8	16	9	14	6	7	8	14	114,2 7	2.632,8 112
1984	13	10	8	10	6	11	7	8	5	11	12	6	2.081,4 107
1985	53,0 5	215,5 11	116,2 9	293,1 12	244,7 9	45,7 2	197,6 9	301,7 13	133,7 12	59,6 10	2,2 1	61,1 2	1.234,1 95
1976-85	1.197,1 62	2.062,6 77	1.231,8 64	1.451,4 65	1.976,9 66	1.041,7 66	1.175,0 79	1.204,3 75	1.296,0 71	1.679,2 89	1.893,6 99	1.426,7 69	
	119,7 8	206,3 9	123,2 7	145,1 7	197,7 7	104,2 7	117,5 8	120,4 8	129,6 7	167,9 9	189,4 16	142,7 7	1.763,7 94

CUADRO ANEXO A.6 NUMERO DE DIAS CON ESCARCHA POR MES EN ENCARNACION

(Unidad en día)

Mes \ Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1976						5	4	3					
1977					1	1	2						
1978					6	5		1					
1979					1	2	2		1				
1980						3		1					
1981						2	1	1					
1982						1							
1983						1							
1984						2	4	4					
1985						2	2						
					8	24	15	10	1				
1976 85	-	-	-	-	0,8'	2,4'	1,5'	1,0'	0,1'	-	-	-	5,8

CUADRO ANEXO A.7 NUMERO DE DIAS CONTINUOS SIN LLUVIA EN ENCARNACION

Año	Mes												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1975	8	9 12	6 4	5	11	9	11	7 15	5 7	11	7	6	15
1976	9	10 11	10 10	12 18	20 4	20 9	13 4	17 5	13	12	11	7	20
1977	7 6	7	7	13 16	9 8	11 13	6	9 22	13	8	7	11	22
1978	8	7 10	9 19	17 14	16 27	11 10	9 9	16	6 6	11	8 6	10	27
1979	26 9	9	9 5	11	9 12	15	10 8	7 11	8	8 8	7	8	26
1980	7	7 5	12	17	9	10	19 5	10	10 5	6 6	8 4	7	19
1982	10	12 5	13 13	11 19	14 15	4 5	10	5	7	10	4	8	19
1983	12 7	5	13	8	4 6	9	7 12	13	10	8	10	9	13
1984	6	8	9	9 7	12 13	8 6	10	11 20	13	5	6	9	20
1985	7 7	7 10	5	6 7	9	28	13	6	5 7	5	27 38	18	38
1975 85	26' 10'	12' 9'	13' 11'	17' 19'	20' 19'	28' 27'	19' 13'	21' 19'	13' 22'	19' 7'	27' 8'	18' 38'	38

ANEXO B: GEOLOGIA Y MECANICA DE SUELOS

Indice

Lista de Figuras y Cuadros

1. Geología	B-1
2. Mecánica de Suelos	B-5
3. Mecánica de Rocas	B-30
4. Consideraciones	B-31

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

(VOLUMEN PRINCIPAL)

CUADRO B.1.1	ZONIFICACION DE AFLORACIONES ROCOSAS EN EL PARAGUAY	B-3
CUADRO B.1.2	ZONIFICACION DE SUELOS CON AFLORACIONES ROCOSAS DEL AREA EN ESTUDIOS	B-4
FIGURA B.1.1	MAPA GEOLOGICO DEL PARAGUAY	B-2
FIGURA B.1.2	MAPA GEOLOGICO BASICO DEL PARAGUAY, REGION ORIENTAL	B-4
CUADRO B.2.1	RESULTADOS DE ANALISIS DE LA MECANICA DE SUELOS DE LAS CARRETERAS	B-7
CUADRO B.2.2	NORMAS TECNICAS DE CLASIFICACION DE LA MECANICA DE SUELOS SEGUN AASHO	B-8
CUADRO B.2.3	RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LA BASE LECHO DE TERRAPLEN	B-11
CUADRO B.2.4	RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LOS CAMINOS TRONCALES NO. 1 Y NO. 2	B-13
CUADRO B.2.5	RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LOS CAMINOS TRONCALES NO. 3 Y NO. 4	B-14
CUADRO B.2.6	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN LA MARGEN DERECHA DEL ARROYO CAPIIBARY	B-18
CUADRO B.2.7	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL ARROYO CAPIIBARY	B-19
CUADRO B.2.8	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN EL ARROYO POTIY	B-20
CUADRO B.2.9	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS EN EL CURSO INFERIOR DEL RIO TACUARY	B-21
CUADRO B.2.10	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS EN EL CURSO MEDIO Y SUPERIOR DEL RIO TACUARY	B-22
CUADRO B.2.11	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 1)	B-23
CUADRO B.2.12	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 2)	B-24
CUADRO B.2.13	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 4)	B-25

CUADRO B.2.14	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 9)	B-26
CUADRO B.2.15	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 11)	B-27
CUADRO B.2.16	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS DE LA CUENCA DEL ARROYO TACUARY	B-28
CUADRO B.2.17	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE APTITUD DE LAS ROCAS COMO MATERIALES PARA PAVIMENTACION	B-29
FIGURA B.2.1	PLANO DE UBICACION DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS	B-6
FIGURA B.2.2	DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN EL METODO DE AASHO	B-8

1. Geología

1.0.1 Situación geológica del Paraguay

El Paraguay se encuentra dividido por el río del mismo nombre, en dos grandes regiones naturales que son, la Oriental y la Occidental. Desde el punto de vista geológico, también puede ser dividido en dos regiones. En la Figura B.1.1 se presenta la clasificación geológica de todo el Paraguay, basada en la estimación por eras geológicas. Por otra parte, en el Cuadro B.1.1 se presenta la clasificación litogeográfica. De acuerdo a ésta, las zonas geológicas de la Región Oriental son relativamente complejas, ya que en la zona central se distribuyen las formaciones pertenecientes a la última parte del período Jurásico, y al oeste de éste se encuentran distribuidas las formaciones pertenecientes al período Pérmico, Carbonífero y Silúrico; además, a lo largo de los límites con el Brasil y la Argentina se encuentran las formaciones de la última etapa del período Cretáceo. En la Región Occidental no se han realizado suficientes estudios geológicos, pero presenta una estructura geológica relativamente simple, donde predominan las formaciones pertenecientes a la Era Cuaternaria.

1.0.2 Situación geológica del área en estudio

La geología del área en estudio puede ser dividida en dos; una que pertenece a la formación de Alto Paraná (Rocas basálticas) del período Cretáceo y la otra, la formación de Misiones (Arenisca metamorfozada) del período Jurásico. La formación de Alto Paraná se encuentra distribuido ampliamente en la zona noreste y en las lomadas que se extienden desde la parte central del área en estudio hasta las proximidades del Río Paraná.

En la zona de lomadas, en donde se extiende la formación de Alto Paraná, presenta una estructura geológica compleja, causada por los movimientos orogénicos, con estratos alternados de basalto y rocas de menor consistencia originada por metamorfización del basalto. En el estrato superficial aflora la tierra colorada con alto contenido de hierro, resultante de la oxidación de la roca basáltica. Esta tierra colorada se caracteriza por su elevado contenido de arcilla, que al absorber el agua aumenta su volumen, tornándose lodosa. En cambio, al secarse se compacta y disminuye su volumen. Su capacidad de retención de la humedad es grande y es de poca permeabilidad.

En la zona donde se extiende la formación de Misiones aflora la arenisca metamorfozada, formada por la acumulación de arenas transportadas por el viento y compactada por la lava. Esta arenisca metamorfozada es de poca consistencia y es susceptible a la erosión. En el estrato superficial abunda el suelo arenoso y ácido, con alto contenido de aluminio. Su capacidad de retención de humedad es reducidas y es muy permeable.

El lecho rocoso es profundo en las crestas de las lomadas, mientras en las tierras con pendiente, de las laderas, el lecho se encuentra a poca profundidad, a causa de la acción de la erosión. En la Figura B.1.2 y en el Cuadro B.1.2, se presentan el Mapa geológico y la Clasificación litogeográfica del área en estudio, respectivamente.

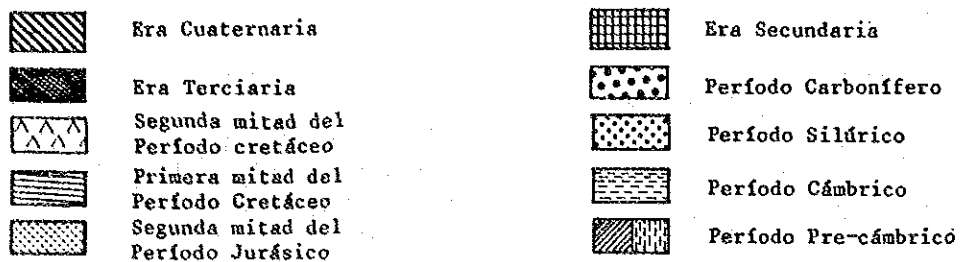
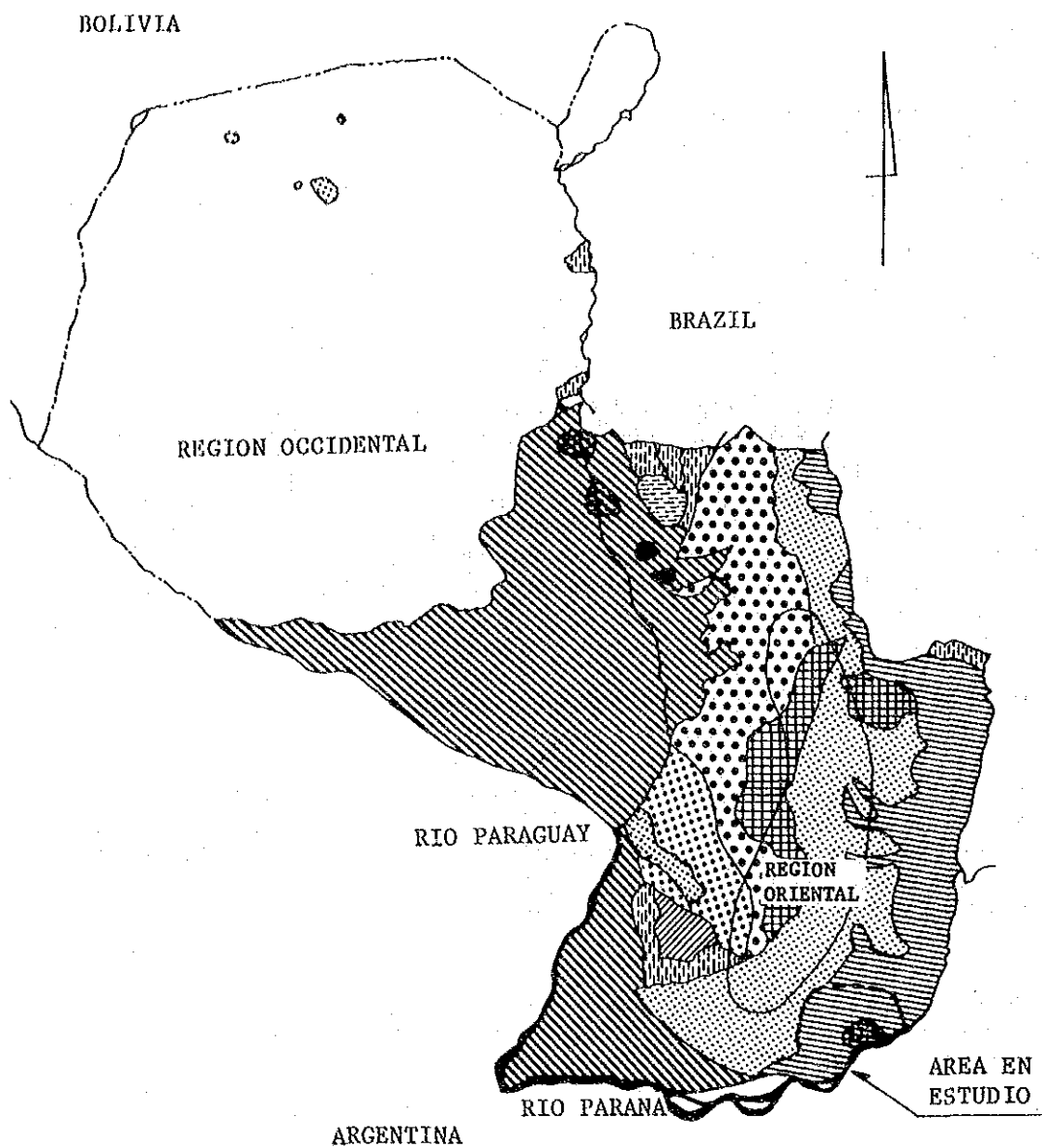


FIGURA B.1.1 MAPA GEOLOGICO DEL PARAGUAY

CUADRO B.1.1 ZONIFICACION DE AFLORACIONES ROCOSAS EN EL PARAGUAY

Era	Período	Formación	Estrato	Composición litológica (A simple vista)
Cenozoica	Cuaternario	Cuaternario		Sedimentos aluviales y coluviales depositados mecánicamente
	Terciario	Terciario	SAN ANTONIO	Arenisca colorada formada por la acción fluvial, sin metamorfización.
			NEMBY	Grupo de basalto-olivino, olivino y nefelina (Semi saturado, en las proximidades de Asunción)
Mesozoica	Cretáceo	Cretáceo	ACARAY	Arenisca fina, continental
			SAPUCAI	Rocas alcalinas
			ALTO PARANA	Afloramiento del basalto
	Segunda mitad del Jurásico	Fines Jurásico	MISIONES	Arenisca continental colorada de marga metamorfizada
Paleozoica	Pérmico YBYTYRUZU	Pérmico	PANETEY	Esquiso silíceo con contenido de marga, caliza
			INDEPENDENCIA	Arenisca de textura gruesa y media
	Carbonífero	Carbonífero CERRO CORA		Sedimento mecánico de origen glacial y esquiso silíceo con caliza
	Primera mitad del Silúrico	Principios del Silúrico	Arenisca Cariy Lutita Vargas Peña Arenisca E. Ayala	Arenisca micácea, arenisca con fósiles
			CAACUPE	Arenisca Tobatí Arenisca Cerro Jhú Paraguarí
Cámbrico	Cámbrico ITAPUCUMI		Calcita caliza, marga y lutita	
Pre-cambriana		VILLA FLORIDA	CAAPUCU	Granito, pórfido
			SAN MIGUEL	Cuarcita, gneis, esquistos micáceos

CUADRO B.1.2 ZONIFICACION DE SUELOS CON AFLORACIONES ROCOSAS DEL AREA EN ESTUDIOS

EXPLICACION

CUATERNARIO	Q	
MESOZOICO	MbV MSI MS	Fm Alto Paraná Intrusivos Fm Misiones
PALEOZOICO	P	Fm Independencia
	C	Fm Chel Oviedo

Arena, limo, arcilla, menogrova; aluviones
Conglomerado guijarroso (Qc)

Basalto localmente amigdaloidal - Ms. Localmente masiva silicificada, estratificación cruzada, intercalada con basaltos - Ms masiva friable estratificación cruzada colica menor fluvial Ms intercalada con MbV

Areniscas, calcareos, lutita, siltita, lutita carbonosa menor bolita silicificada

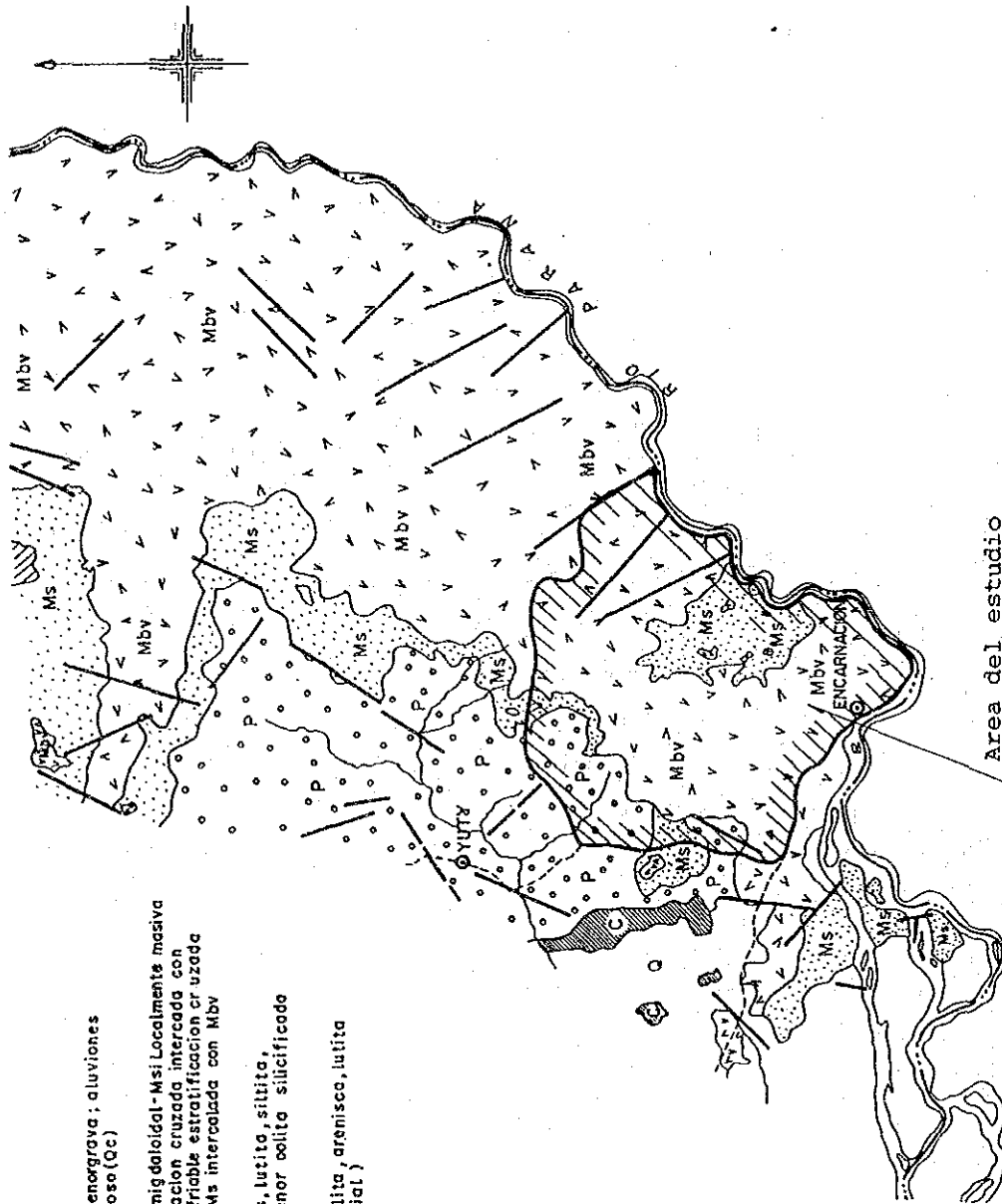
Diamictita, varvita, siltita, arenisca, lutita (glacial fluvio glacial)

Falla

Contacto geológico

Rios

Rutas



Area del estudio

REPUBLICA DEL PARAGUAY
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
EL PROYECTO DE AUMENTO DE LA
PRODUCCION DE GRANOS PRINCIPALES EN
EL AREA CENTRAL DEL DEPARTAMENTO
DE ITAPUA

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JARCO

PLANO

FIGURA B.1.2 MAPA GEOLOGICO BASICO DEL PARAGUAY, REGION ORIENTAL

2. Mecánica del suelo

2.0.1 Generalidades del estudio de la mecánica del suelo

Para tener conocimiento de la naturaleza de los suelos del área en estudio, se han realizado los estudios, efectuándose los ensayos in situ y en laboratorio. Los lugares objetos del estudio fueron los puntos situados sobre los trazados de los caminos previstos, lugares previstos para la construcción de puentes, así como los lugares previstos para la implementación de los planes de riego y de drenaje, y las tierras de cultivos secanos, afectados por la erosión. El contenido de los estudios realizados es como se indica a continuación.

1) Estudio de la mecánica de suelo de los caminos

- (1) Peso específico
- (2) Granulometría
- (3) Consistencia
- (4) Contenido de humedad
- (5) Compactación
- (6) Ensayo de penetración por cono estático

2) Ensayo de CBR de la base de los caminos

3) Estudio de la mecánica de suelo en los lugares previsto para la construcción de las obras de arte

- (1) Perforación
- (2) Ensayo de penetración normal

4) Lugares previstos para los planes de riego y de drenaje

- (1) Peso específico
- (2) Granulometría
- (3) Consistencia
- (4) Contenido de humedad

5) Lugares afectados por la erosión

- (1) Ensayo de permeabilidad in situ
- (2) Granulometría
- (3) Consistencia
- (4) Contenido de humedad
- (5) Tasa de dispersión

En la Figura B.2.1 se presenta el Plano de ubicación de los lugares donde se realizaron los estudios de la mecánica de suelos.

2.0.2 Estudio de la mecánica de suelo y ensayo de penetración normal de los caminos

Los resultados del estudio de la mecánica de suelo de los caminos son como se indican en el Cuadro B.2.1. Por otra parte, en el Cuadro B.2.2 y Figura B.2.2 se indican las normas de clasificación de los suelos. El

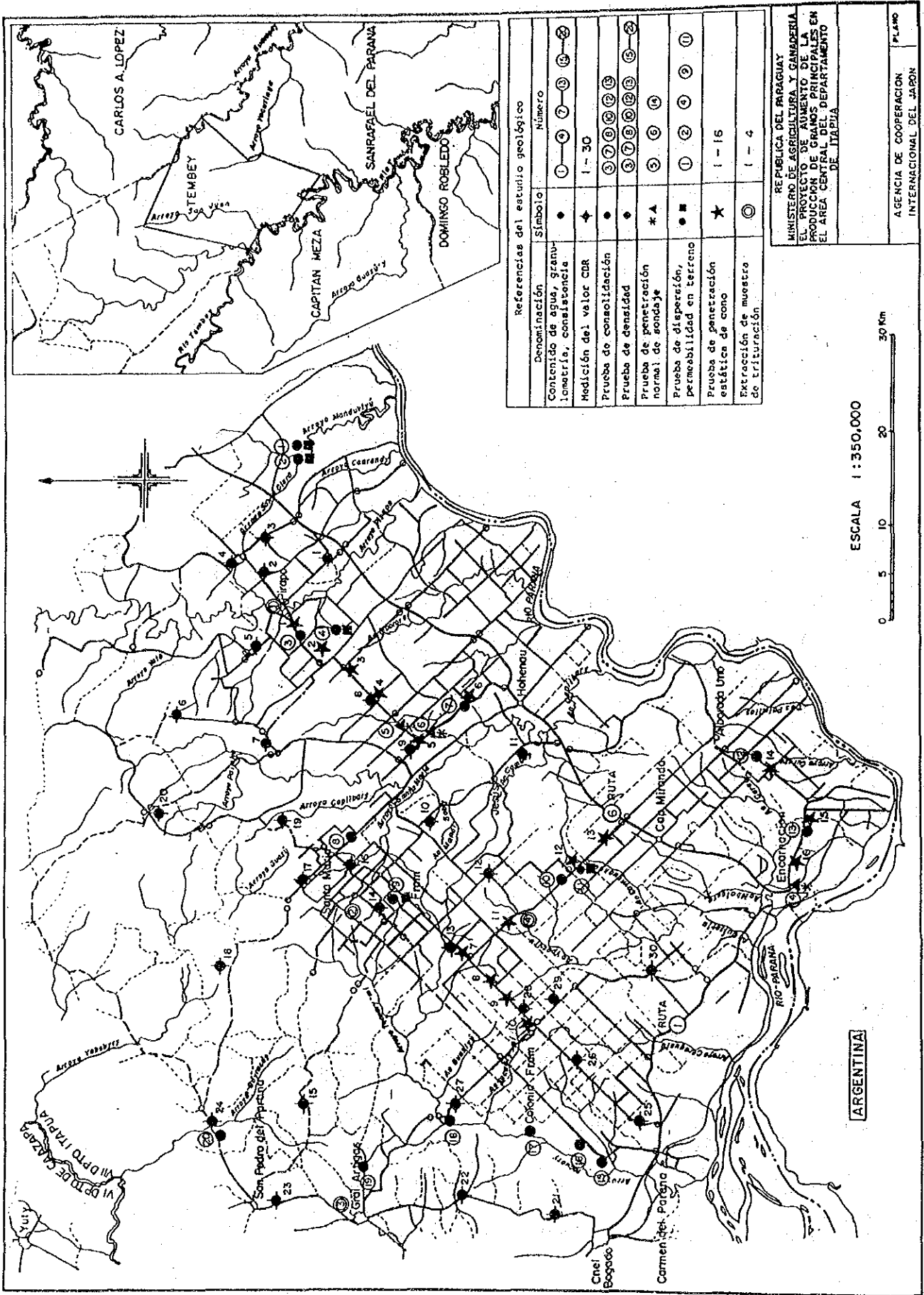


FIGURA B.2.1.1 PLANO DE UBICACION DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS

CUADRO B.2.1 RESULTADOS DE ANALISIS DE LA MECANICA DE SUELOS DE LAS CARRETERAS

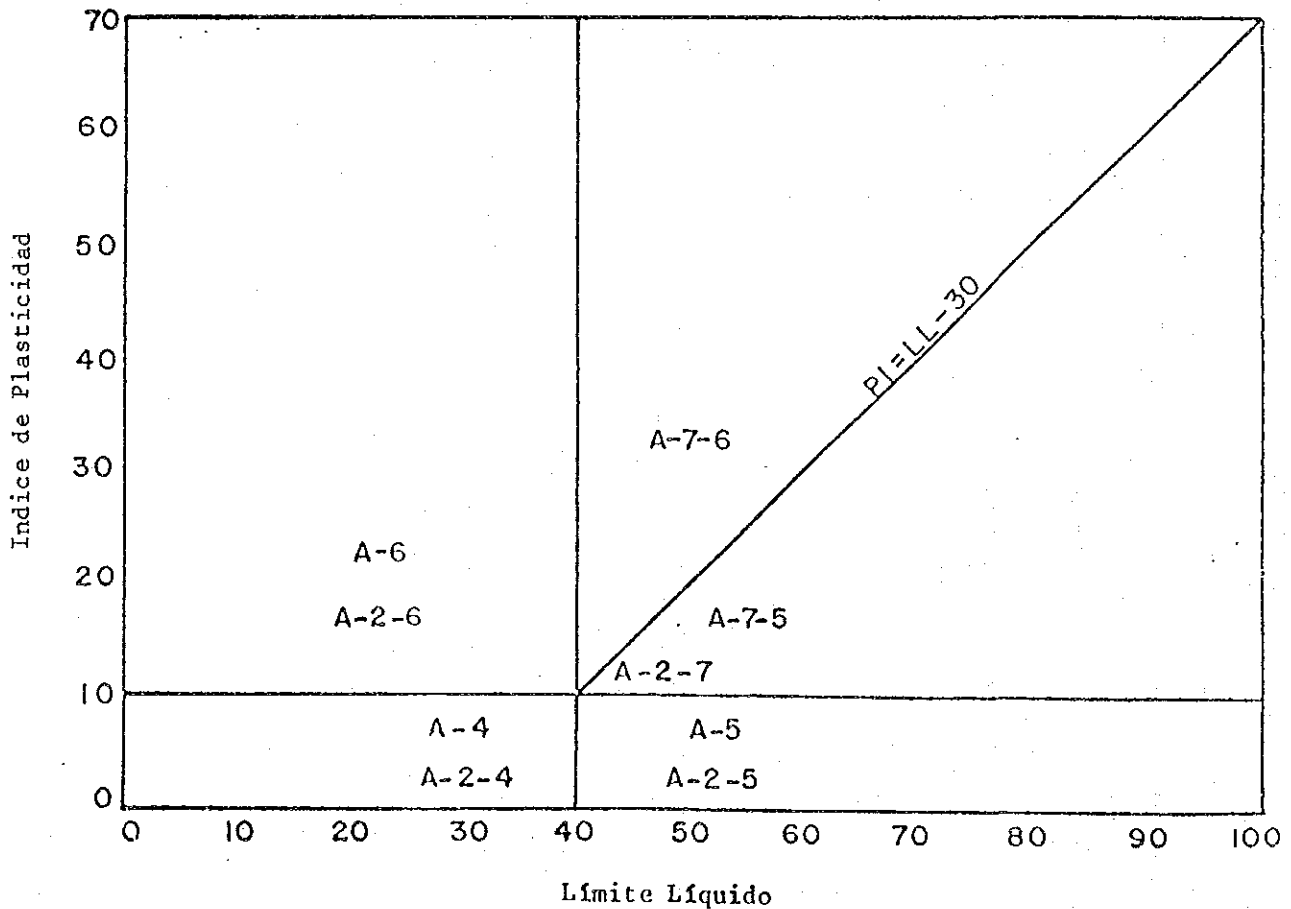
Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (m)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis			Límites e Indices					Clasificación	Peso específico	Compactación			C. B. R.			TEST
				% Pasada			LL	PL	PI	GI	Densidad máxima de sequedad en k/m ³			Humedad optima %	Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	Coeficiente de dispersión %	C.B.R.		
				#10	#40	#200														
3	1	0.10-0.30	28.8	100	99	94	39.5	23.9	15.6	10	A-6	2.84	1,695	22.3	1,576	26.6	0.04	2.04		
5	0	0.00-1.00		100	94	86	37.8	25.4	12.4	9	A-6	2.90								
5	1	1.00-2.00		100	97	83	36.0	33.4	2.6	8	A-4	2.90								
5	2	2.00-2.80		97	88	68	30.4	21.0	9.4	8	A-4	3.10								
6	0	0.00-0.10		100	97	93	43.7	28.7	15.0	10	A-7-5	2.81								
6	1	1.00-2.00		100	99	87	39.1	28.0	11.1	8	A-6	2.75								
6	2	2.00-3.00		100	99	78	37.2	26.0	11.2	8	A-6	2.85								
7	1	1.10-0.30	43.6	99	99	97	48.7	38.0	10.7	10	A-7-5	2.65	1,475	29.3	1,397	31.4	0.10	1.7		
8	1	1.10-0.50	29.9	98	96	94	52.4	32.9	19.5	14	A-7-5	2.66	1,500	27.4	1,473	28.8	0.10	6.12		
10	1	0.10-0.50	19.7	99	96	89	35.3	21.3	14.0	10	A-6	2.90	1,765	19.4	1,712	22.6	0.40	3.0		
12	1	0.10-0.50	29.9	78	56	38	37.2	27.6	9.6	1	A-4	2.73	1,699	19.0	1,633	21.1	0.40	7.14		
13	1	0.10-0.50	21.7	97	95	88	55.0	28.2	26.8	18	A-7-6	2.75	1,600	25.5	1,519	26.5	0.7	1.7		
14	0	0.00-1.00		100	97	84	32.3	19.1	13.2	9	A-6	2.87								
14	1	1.00-1.45		100	97	85	47.7	25.4	22.3	14	A-7-6	2.67								
14	2	2.00-2.45		100	99	87	69.4	30.6	38.8	20	A-7-5	2.72								
14	3	3.00-3.27		100	97	84	43.3	27.3	16.0	11	A-7-6	2.80								

CUADRO B.2.2 NORMAS TECNICAS DE CLASIFICACION DE LA MECANICA DE SUELOS SEGUN AASHO

Clasificación General	Material Granular (Prop. Granos Pasados menor que 35%)							Material Arena Límica (Prop. Granos Pasados mayor que 35%, No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis % Pasado No. 10 (2,00 mm) No. 40 (425µm) No. 200 (75µm)	50 max 30 max	50 max 25 max	51 min 10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de Fracciones Pasadas No. 40 (425µm) Límite Líquido Índice de Plasticidad	6 max		NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Tipo de Material Predominante	Piedra Segm. Grava y Arena		Arena Fina	Gravas y Arena Limosa o Arcillosa				Suelo Limoso		Suelo Arcilloso	
Puntaje General como Subgrade (Becho Vial)	Excelente a Bueno							Regular a Pobre			

El índice de plasticidad del Suógrupo A-7-5 es igual o menor que LL menos 30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30 (Ver Fig. 1)
Reproducido con la autorización de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Autopistas (AASHTO)

FIGURA B.2.2 DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN EL METODO DE AASHO



Note—A-2 soils contain less than 35% finer than 200 sieve

FIG. 1 Liquid Limit and Plasticity Index Ranges For Silt-Clay Materials

ensayo de penetración por cono estático se ha realizado sobre los trazados de los caminos principales.

A continuación se indican las situaciones de la naturaleza de los suelos de cada uno de los trazados de caminos.

1) Trazado Colonia Vacay - Pirapó

De acuerdo a los resultados del estudio, en el ensayo de granulometría ha pasado el 94% de los gránulos por la malla de 75 μ m. Con respecto a la consistencia, ha dado 39,5% de LL (Límite líquido) y 15,6% de PI (Índice de plasticidad), de donde se deduce que es un suelo arcilloso (A - 6) de la clasificación por el método de AASHO. No obstante, el contenido óptimo de la humedad es 22,3%, y la densidad máxima de sequedad es de 1.695 kg/m^3 , siendo relativamente alto el grado de compactación.

De acuerdo a los resultados del ensayo de penetración por cono estático, el índice del cono acusó un promedio de 10 kg/cm^2 , en el estrato ubicado a 10 - 15 cm de la superficie de la calzada, siendo un suelo sumamente duro, por lo que no presenta inconveniente alguno para el tránsito vehicular, siempre que no llegue a un alto contenido de humedad y se evite la formación de lodos.

2) Trazado Hohenau - Colonia Vacay

Conforme a los resultados del estudio del suelo, en el ensayo granulométrico ha pasado el 86% por la malla de 75 μ m, la consistencia es de LL 37,8% y el PI es de 12,4%. Estos valores corresponden al suelo arcilloso (A-6), presentando características similares al anterior.

En el ensayo de penetración por cono estático, el índice ha acusado un valor bajo, con 2,6 kg/cm^2 , a una profundidad de 5 cm de la calzada. Con alto contenido de humedad, el suelo es removido por las ruedas de los vehículos. Sin embargo, el índice aumenta a los 10 cm de profundidad, llegando a 9 kg/cm^2 . Esto indica que la lluvia caída sobre la capa superficial (0 - 10 cm), es absorbida por la misma, y debido a su alta capacidad de retención de humedad, ésta aumenta de volumen, aflojándose y se convierte en lodos; sin embargo la infiltración hacia las capas inferiores es reducida.

3) Trazado Santa María - Obligado

Los puntos de medición No. 7 y 8 corresponden a la clase de suelo arcilloso (A - 7 - 5). Su LL es 50%, con contenido óptimo de humedad de alrededor de 30%, y la densidad máxima de sequedad de 1.500 kg/m^3 . Su grado de compactación no es muy elevado.

Sin embargo, de acuerdo al ensayo de penetración por cono estático, el índice del cono a 10 - 15 cm de profundidad acusó un promedio de 10 kg/cm^2 ; es decir es un suelo sumamente duro y posee una resistencia similar al suelo de los demás trazados.

4) Trazado Carmen del Paraná - La Paz

El estudio de la mecánica del suelo del tramo de 18 km, entre Carmen del Paraná y Apereá Fram, fue ejecutado con el fondo del Banco Mundial. Según el resultado del mismo, el suelo del lugar presenta las siguientes características: La clase del suelo es arcilloso (A - 6, A - 7 - 5); el promedio de LL es elevado llegando a 57%, pero el promedio de la densidad máxima de sequedad es 1.676 kg/m^3 , y la humedad óptima de 22% en promedio; siendo en consecuencia relativamente alto el grado de compactación.

De acuerdo al ensayo de penetración por cono estático realizado en lugares con lodos, de suelo aflojado por el paso de los vehículos, el índice del cono acusó un valor bajo, a 10 cm de profundidad, con $2,8 \text{ kg/cm}^2$. Sin embargo este valor llega a $7,2 \text{ kg/cm}^2$ a 20 cm de profundidad. Por otra parte, en los lugares secos, el índice del cono a 5 cm dió un promedio de $8,2 \text{ kg/cm}^2$. Es decir, es un suelo sumamente compacto, con suficiente resistencia.

Consecuentemente, este punto presenta un mayor contenido de arcilla que los demás lugares, y se estima que a 20 cm de profundidad, y en condiciones de humedad elevada, se producen aflojamiento y se llega a embarrarse.

5) Trazado Capitan Miranda - Fuji

Según el resultado de análisis de suelo de este punto, este trazado presenta el mayor grado de compactación entre las consideradas en el presente estudio. Las características observadas son como sigue: Ensayo de granulometría $75 \mu\text{m}$, proporción de granos pasados 89%, LL 35,3%, PI 14,9%. Esto corresponde a la clase de tierra arcillosa (A-6), el índice de humedad óptima es de 19,4% y la densidad máxima de sequedad es de 1.765 kg/m^3 . Ello indica que la proporción de arcilla es regulada con el uso de gravas, las cuales elevan la efectividad de compactación.

De acuerdo al ensayo de penetración por cono estático, el índice de cono acusó un promedio de $9,8 \text{ kg/cm}^2$, a 5 - 10 cm de profundidad. Esto indica que es un suelo sumamente firme, y efectivamente, el camino se encuentra en estado transitable aún en tiempos de lluvia.

6) Trazado Encarnación - Alborada Uno

En las ceranfas del punto de estudio No. 12 se observa el afloramiento de arenisca metamorfozizada (Formación de Misiones) en una distancia de 1,5 km, y presenta un color gris oscuro. El suelo es limoso, próximo a arena limosa, y es clasificado como suelo A-4, cuyas características son: Ensayo de granulometría de $75 \mu\text{m}$, proporción de granos pasados 38%, LL 37,2%, PI 9,6%, con poco contenido de arcilla. El índice de humedad óptima es 19%, siendo éste el valor, el más bajo registrado en los trazados estudiados, y la densidad máxima de sequedad es 1.699 kg/m^3 , es decir, posee un grado de compactación relativamente alto.

CUADRO B.2.3 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LA BASE LECHO DE TERRAPLEN

Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (m)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis % Pasada No. 40 #200	Límites e Índices				Clasificación	Peso específico	Compactación		C. B. R.			TEST
					LL	PL	PI	GI			Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	Humedad de dispersión	C.B.R.		
1	1	Lat. cut ①		100						1485	29.0	1436	2875	0	3.0	
2	2	Gutter ②								1475	29.9	1464	30.1	0	3.4	
3	3	1.10-0.20 ③								1665	23.4	1624	24.4	0.3	6.6	
4	4	1.10-0.20								1613	25.3	1611	25.4	0.7	15.9	
5	5	1.10-0.20								1680	23.2	1625	24.0	0.3	4.76	
6	6	1.10-0.20								1560	26.2	1550	25.6	0.2	6.11	
7	7	1.10-0.20								1500	28.4	1494	27.7	0.8	15.3	
8	8	1.10-0.20								1520	27.4	1490	28.5	0.1	4.0	
9	9	Lat. cut								1520	28.5	1510	29.1	0.1	8.0	
10	10	Gutter								1550	27.3	1544	27.7	0.14	8.5	
11	11	Lat. cut								1520	29.5	1470	30.4	0.46	4.0	
12	12	1.10-0.20								1652	19.0	1635	19.2	0.1	28.4	
13	13	1.10-0.20								1750	18.6	1697	19.4	0.7	9.5	
14	14	1.10-0.20								1560	26.0	1548	26.9	0.3	6.3	
15	15	1.10-0.20								1790	15.7	1805	15.9	0.73	7.14	
16	16	1.10-0.20								1530	28.5	1500	29.4	2.9	7.1	
17	17	1.10-0.20								1620	21.3	1600	21.7	0.03	8.2	
18	18	Lat. cut								1850	14.7	1840	15.0	0.05	12.0	
19	19	1.10-0.20								1320	29.2	1290	30.2	4.14	3.4	

Nota ①, ②: Se utilizaron los taludes de corte y cunetas para extraer desde más de 1 m debajo de la superficie original.

Nota ③: Se encuentra a 0,10 - 0,20 de las condiciones actuales del corte y existe una profundidad de más de 1 m desde la superficie original.

Nota ④: Extraído del enripiado de la superficie del camino

CUADRO B.2.3 (Continuado)

Perforación No.	Muestra No.	Profundidad (m)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis % Pasada		Límites e Índices			Clasificación	Peso específico	Compactación		C. B. R.			C. B. R. TEST
				475	75	LL	PL	PI			GI	Densidad máxima de sequedad en k/m ³	Humedad óptima %	Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	
20	20	1.10-0.20									1545	26.6	1486	27.5	0.08	6.8
21	21	1.10-0.20									1833	16.7	1800	16.7	0.08	4.4
22	22	1.10-0.20									1900	12.8	1856	13.8	0.2	4.3
23	23	Int. cut									1650	19.5	1626	20.4	0.25	5.9
23-1	23-1	1.10-0.20									1760	17.4	1706	18.2	0.1	9.2
24	24	Gutter									1960	10.8	1948	11.0	0.29	8.5
25	25	1.10-0.20									1650	21.4	1646	22.3	0.7	7.14
27	27	1.10-0.20									1760	17.8	1750	17.2	0.3	14.3
28	28	Gutter									1525	26.7	1508	27.5	0.12	8.5
29	29	1.10-0.20									1475	28.1	1470	28.9	0.2	5.9
30	30	1.10-0.20									1510	30.3	1460	31.2	0.1	2.8

El suelo del punto de estudio No. 13 es arcilloso (A-7-6), al igual que en los demás trazados. En la granulometría de 75 μ m, el LL resultó elevado con 55%, así como el PI con 26,8%. Es el más elevado de los suelos estudiados, y su contenido de arcilla es alto. El índice de humedad óptima es 25,5%, la densidad máxima de sequedad es 1.600 kg/m³, y su grado de compactación no es muy alta.

Según el ensayo de penetración por cono estático, el índice de cono acusó en ambos puntos un valor alto a 5 - 15 cm de profundidad, con un promedio de 8 kg/cm²; es decir es un suelo sumamente firme, pero esta firmeza se reduce bruscamente a 5 cm de profundidad en estados de elevada humedad, registrando un valor de 2,4 kg/cm².

2.0.3 Ensayo de CBR de la base de caminos

El ensayo de CBR de la base de camino fue efectuado en 30 lugares, con el objeto de conocer las condiciones la base de los caminos troncales y principales. Los resultados del estudio son como se indican en el Cuadro B.2.3.

A continuación se presentan los resultados del ensayo de CBR practicado en los caminos troncales No. 1, 2, 3, 4 y en los caminos principales.

1) Caminos Troncales No. 1 y No. 2

Los valores CBR de los caminos troncales No. 1 y No. 2 son como sigue.

CUADRO B.2.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LOS CAMINOS TRONCALES NO. 1 Y NO. 2

Punto No.	25	28	13	14	16	(8)	9	(7)	(10)	12
VALOR CBR	7.1	8.5	9.5	6.3	7.1	6.1	8.0	1.7	3.0	20.4

Obs.: Las cifras entre paréntesis indican los valores arrojados en el momento de realizarse el estudio de la mecánica de suelos. Ver Cuadro B.2.1.

De los valores CBR de diez puntos, el 1.7 correspondiente al punto No. (7) fue excluido porque comparado con los demás, el índice de humedad del molde de ensayo es sustancialmente más elevado. También, el punto No. 12 fue excluido porque la muestra extraída fue de la capa de ripio del camino. Consecuentemente, los resultados del cálculo de CBR de diseño son como sigue.

(1) Determinación de los valores a descartar

$$(6,1 - 3,0) / (9,5 - 3,0) = 0,477 > 0,468 = r(8,0.05)$$

Se descarta el valor 3,0 del punto No. (10).

(2) CBR de diseño

$$7,5 - (9,5 - 6,1) / (2,83) = 6,3$$

El CBR de diseño se determina en 6,0.

2) Caminos principales No. 3 y No. 4

Los valores de CBR correspondientes a los caminos troncales No. 3 y No. 4 son como sigue.

CUADRO B.2.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR DE LOS CAMINOS TRONCALES NO. 3 Y NO. 4

Punto No.	1	2	3	4	5	6
Valor CBR	3.8	3.4	6.6	15.9	4.8	6.1

Los resultados del cálculo de CBR de diseño son como sigue.

(1) Determinación de los valores a descartar

$$(15,9 - 6,6)/(15,9 - 3,4) = 0,75 > 0,56 = r(6,0.05)$$

El valor 15,9 del punto No.4 fue descartado.

(2) CBR de diseño

$$4,9 - (6,6 - 3,4)/(2,48) = 3,6$$

El CBR de diseño se determina en 3.

3) Caminos principales

Aunque no se tiene planificada la pavimentación de los caminos principales, el ensayo de CBR se realizó en un punto por cada trazado, para conocer los aspectos generales de las condiciones del suelo.

Como resultado de ello, el valor medio de CBR fue de 7,5 en 17 puntos, excluyendo aquellos que corresponden a los caminos troncales; de donde se deduce que los suelos de tales puntos son buenos para per utilizados en la base de los caminos.

2.0.4 Mecánica de suelos de los puntos previstos para construcción de las obras de arte

Los ensayos de perforación y penetración normal fueron efectuados en tres puntos del arroyo Capiibary y Patiy, en donde existen las obras de arte construídas. Los resultados son como se indican en los Cuadros B.2.6 al B.2.8. La capa superficial de dichos puntos es de limo arcilloso y su valor N es pequeño, oscilando entre 1 y 7. Pero a 3m de profundidad se localizan las bases rocosas de basalto y el valor N se incrementa a 50. Consecuentemente, se estima que el asentamiento de la fundación de las obras de arte en la base rocosa será relativamente fácil, ya que a causa de la erosión, dicha base se localiza a poca profundidad.

Los resultados de los ensayos realizados sobre las muestras extraídas por perforación son como se indican en el Cuadro B.2.1 (puntos No. 5, 6, 14). De acuerdo a los mismos, en la granulometría de 75 μ m, la proporción de granos pasados es en promedio 84%, el LL promedio es 42%, el PI promedio es de 15%, con elevado contenido de arcilla. De ahí, se requerirá la protección del talud de las márgenes.

2.0.5 Mecánica de suelos de las zonas previstas en el Plan de riego y drenaje

El estudio de la mecánica de suelos de la cuenca del Arroyo Tacuary, que es la zona prevista en el Plan de riego y drenaje, fue efectuado en tres puntos de su curso inferior y otros tres en los cursos medio y superior, con el objeto de emplear sus resultados como datos básicos del Plan de construcción de canales de riego y drenaje. Los resultados de las pruebas son como se indican en los Cuadros B.2.9 al B.2.10. A continuación se presentan los resultados de análisis de los ensayos realizados.

1) Cuenca inferior del Arroyo Tacuary (Puntos No. 15, 16 y 17)

El suelo del punto No. 15 es de tipo arcilloso (A-7-5), disminuyendo su contenido de arcilla a medida que se avanza hacia la cuenca superior y en los puntos No. 16 y No. 17 el suelo se torna limoso (A-4). En la granulometría con malla de 75 μ m, la proporción de granos pasados es de 94% en el punto No. 15, de 75% en el No. 16 y de 67% en el No. 17; el PI es 16% en el punto No. 15, 12% en el No. 16 y 7% en el No. 17, disminuyendo el contenido de arcilla.

El suelo del punto No. 15 es firme, y acusa un LL medio de 50% y un índice de humedad de 42%, por lo que, en el caso de construcción de los bordes de los canales, es menester evitar la compactación brusca de los mismos.

Los puntos No. 16 y 17 son frecuentemente inundados por el desborde del arroyo Tacuary. No obstante, debido a su alta permeabilidad, la filtración subterránea avanza relativamente rápido, acompañando al decrecimiento del nivel del agua del cauce. En consecuencia, en el Plan de riego se deberá considerar la compactación de la tierra con un adecuado índice de humedad, a fin de evitar la filtración de aguas del canal.

2) Cuenca media y superior del Arroyo Tacuary (Puntos No. 18, 19, 20)

El punto No. 18 corresponde a la franja baja de la cuenca superior del Arroyo Tacuary, el No. 19 a la planicie baja que se existe entre las lomadas y el No. 20 a la planicie baja de la cuenca del Arroyo Guyracay, afluente del Río Tebicuary. Todos estos puntos se encuentran en praderas naturales inundadas frecuentemente por el desborde de los cauces mencionados.

En los puntos No. 18 y 19, el suelo es limoso (A-4), pero el contenido de arena aumenta en el punto No. 20 y el suelo de este punto es areno limoso (A-2-4). Sus características son: En granulometría de 75 μ m; proporción de granos pasados 72% en el punto No. 18, 70% en el No. 19, 33% en el No. 20; PI 9,5% en el punto No. 18, 8,9% en el No. 19 y NP en el No. 20, reduciéndose el contenido de arcilla a medida que se avanza hacia el norte. La excavación de los canales de drenaje puede ser efectuado normalmente en los puntos No. 18 y No. 19, mientras que el punto 20 requerirá de medidas contra el desmoronamiento de taludes y la filtración de agua (Tales como la suavización de pendiente y protección del talud), debido a la alta permeabilidad del suelo.

2.0.6 Estudio de la mecánica de suelos de los lugares afectados por la erosión

El ensayo de permeabilidad in situ y los ensayos de laboratorio fueron realizados en cinco (5) parcelas de cultivo soja-trigo, a los fines de estudiar su susceptibilidad a la erosión. Los resultados los ensayos de permeabilidad efectuados in situ se indican en los Cuadros B.2.11 al B.2.15; y los de los ensayos de laboratorio, en el Cuadro B.2.16. A continuación se presentan los resultados de análisis de cada una de las pruebas realizadas, ordenando por parcela.

1) Punto No. 1

El coeficiente de permeabilidad es bajo, con un valor de $3,96 \times 10^{-4}$ cm/seg. El tipo de suelo es arcilloso, clasificado como A-6. La granulometría con malla de $75 \mu\text{m}$ de la proporción de granos pasados de un promedio de 91%, el LL promedio de 49% y el PI medio de 14%, con elevado contenido de arcilla.

Es un suelo erosionable, cuyo índice de dispersión es 16,2% (De acuerdo a la clasificación de Middleton, los suelos con índices de dispersión superior a 15% son tipificados como erosionables).

La pendiente media oscila entre 8% y 9% y se observan suelos erosionados.

2) Punto No. 2

El coeficiente de permeabilidad es sumamente bajo, con $7,51 \times 10^{-5}$ cm/seg. El suelo es arcilloso (A-6, A-7-5), en la granulometría con malla de $75 \mu\text{m}$, la proporción de granos pasados es 86% en promedio, LL medio es 48%, PI medio es 15%, con elevado contenido de arcilla. Es un suelo erosionable cuyo índice de dispersión es de 19,4%. La pendiente media oscila entre 7% y 8% y se observan suelos afectados por la erosión laminar.

3) Punto No. 4

El coeficiente de permeabilidad es bajo, con un valor de $5,1 \times 10^{-4}$ cm/seg. El suelo es arcilloso del tipo A-7-5, cuyas características son: Granulometría de $75 \mu\text{m}$, de una proporción de granos pasados promedio de 80%, LL medio 57% y PI promedio 14%, con elevado contenido de arcilla. El índice de dispersión es de 13,3%, o sea menor que 15% y por ende, es relativamente resistente a la erosión. No obstante se observan suelos erosionados en surcos debido a la pendiente promedio de 16% que presenta. (promedio 16%).

4) Punto No. 9

El grado de permeabilidad es mediano con un índice de $4,67 \times 10^{-3}$ cm/seg. El suelo es arcilloso del tipo A-7-5. Con granulometría de $75 \mu\text{m}$, la proporción de granulos que pasan llega a un promedio de 94%, su LL promedio es 51%, PI, 18%, con alto contenido de arcilla. Su índice de dispersión es 18,4% por lo que es un suelo erosionable. La pendiente media es de 8% y se observa la erosión laminar.

5) Punto No. 11

El coeficiente de permeabilidad es bajo, con un valor de $6,70 \times 10^{-5}$. El suelo es arcilloso (A-7-5), cuyas características son: Proporción de granos pasados por malla $75 \mu\text{m}$, da un promedio de 91%, LL promedio es 65%, PI promedio es 22%, con elevado contenido de arcilla. El índice de dispersión es de 15,4%, es decir es un suelo susceptible a la erosión. Por otro lado, la pendiente media es pronunciada, con un valor de 18%, razón por la que se observan suelos erosionados en cárcava.

CUADRO B.2.6 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN LA MARGEN DERECHA DEL ARROYO CAPIIBARY

CONSULTEC S.R.L. CONSULTORES E INGENIEROS	Location: Capiivary Creek		Emission: 26-09-85	
	BORING SP-5		Scale: 1/50 Page: 1/1	
Client: J.A.L.D.A	Project: Grains production increment project at Central Itapúa		Dates	
			Start: 23-08-85	End: 23-08-85
Penetration	Water Level(m)	Depth (m)	Conv. Sign	Classification
S.P.T. 10 20 30 40				
7	1.55			Silty clay reddish brown, turning gray at 0.65 m depth. The consistency of the layer is medium to soft.
4	23.08.85	2.95		
15				ROCK
8				Δh betwen water level of the creek and drill hole is 1.60 m

— SPT index Split tube sampler $\phi_a = 2" \quad \phi_i = 1 \frac{3}{8}"$

CUADRO B.2.7 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL ARROYO CAPIIBARY

CONSULTEC S.R.L. CONSULTORES E INGENIEROS		Location: Capiivary Creek					
		BORING SP-6		Emission: 26.09.85			
Client: J.A.L.D.A.				Scale: 1/50 Page: 1/1			
				Dates			
Project: Grains production increment project at Central Itapúa		Start	End				
		'24-08-85	'24-08-85				
Penetration				Water Level(m)	Depth (m)	Conv. Sign	Classification
SPT	10	20	30				
2					1.55		Silty clay reddish brown turning gray at 1.65 m depth. The consistency of the layer is very soft.
					(24.08.85)		
1						2.76	ROCK.
						(End)	
30/6							Δh between water level of the creek and drill hole is 1.65 m.
SPT index				Split tube sampler $\phi = 2''$ $\phi \times l = 7/8''$ Hammer weight = 65 kg			

CUADRO B.2.8 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PERFORACION EN EL ARROYO POTIY

CONSULTEC S.R.L. CONSULTORES E INGENIEROS	Location: Potiy Creek	
	BORING SP- 14	
Client: J.A.L.D.A.	Emission: 26-09-85	
	Scale: 1/50	Page: 1/1
Project: Grains production increment project at Central Itapúa		Dates
		Start: 23-08-85

S.P.T.	Penetration				Water Level(m)	Depth (m)	Conv. Sign	Classification
	10	20	30	40				
0								Silty Sandy Clay, reddish brown Soft consistency.
3						1.30		
4					2.67			Silty Clay grayish brown with black and yellow concretion turning gray from 1.70 m depth. The consistency of the layer is soft.
20/12					23-08-85	3.20		
						3.27	(End)	ROCK
								Δh between water level of the creek and drill hole is 0.90 m.

— SPT Index Split tube sampler $\phi_u = 2"$ $\phi_i = 1 \frac{3}{8}"$

CUADRO B.2.9 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS EN EL CURSO INFERIOR DEL RIO TACUARY

Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (E)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis			Límites e Indices				Clasificación	Peso específico	Compactación		C. B. R. TEST		
				% Pasada	#10	#40	#200	LL	PL	PI			GI	Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	Densidad máxima de sequedad en k/m ³	Humedad optima %
15	1a	0.10-0.50	42.4	100	99	94	48.9	33.1	15.8	12	A-7-5	2.46					
15	1b	0.10-0.50	42.4	100	99	94	52.0	36.2	16.8	13	A-7-5	2.40					
15	1c	0.10-0.50	42.4	100	99	94	49.1	31.2	17.9	13	A-7-5	2.36					
16	1a	0.10-0.50	26.4	100	94	75	31.9	22.2	9.7	8	A-4	2.50					
16	1b	0.10-0.50	26.4	100	94	75	32.1	22.0	10.1	8	A-4	2.55					
16	1c	0.10-0.50	26.4	100	94	75	37.8	23.4	16.1	19	A-4	2.57					
17	1a	0.10-0.50	28.8	100	92	67	23.6	16.6	7	6	A-4	2.52					
17	1b	0.10-0.50	28.8	100	92	67	23.1	16.1	7	6	A-4	2.54					
17	1c	0.10-0.50	28.8	100	92	67	24.4	17.2	7.2	6	A-4	2.56					

CUADRO B.2.10 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS EN EL CURSO MEDIO Y SUPERIOR DEL RIO TACUARY

Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (m)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis		Límites e Indices				Clasificación	Peso específico	Compactación		C. B. R.			TEST
				% Pasada No. 40	% No. 200	LL	PL	PI	GI			Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	Coeficiente de dispersión I	C. B. R.		
18	1a	0.10-0.50	36.9	95	85	72	28.7	19.3	9.4	7	A-4	2.55					
18	1b	0.10-0.50	36.9	95	85	72	28.5	18.6	9.9	7	A-4	2.55					
18	1c	0.10-0.50	36.9	95	85	72	28.0	18.9	9.1	7	A-4	2.56					
19	1a	0.10-0.50	30.6	100	90.5	70	29.2	20.7	8.5	7	A-4	2.53					
19	1b	0.10-0.50	30.6	100	90.5	70	29.2	20.4	8.8	7	A-4	2.51					
19	1c	0.10-0.50	30.6	100	90.5	70	31.7	22.4	9.3	7	A-4	2.53					
20	1a	0.10-0.50	28.5	100	98	33	14.4	NP	-	0	A-2-4	1.58					
20	1b	0.10-0.50	28.5	100	98	33	14.8	NP	-	0	A-2-4	2.56					
20	1c	0.10-0.50	28.5	100	98	33	14.8	NP	-	0	A-2-4	2.59					

CUADRO B.2.11 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 1)

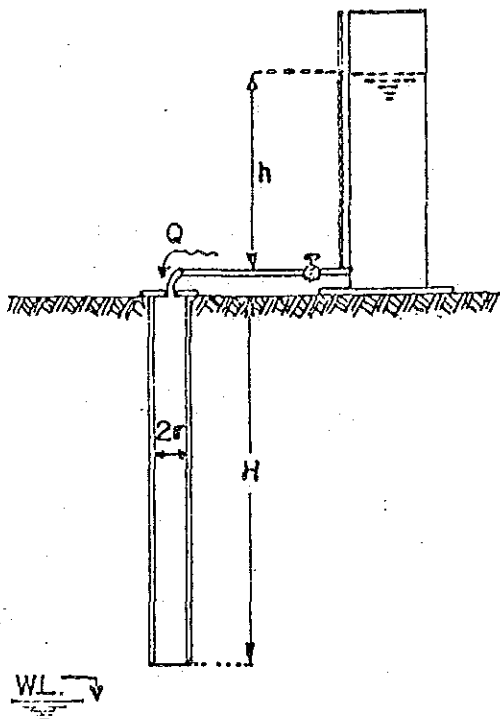
CONSULTEC S.R.L.
CONSULTORES E INGENIEROS

Test de Permeabilidad In Situ

Perforación No. 1
Diámetro 7,5 cm

Lugar: Capitan Meza
Profundidad: 3,00 m

Intervalo de Tiempo	Calibre (h) en cm	Cantidad en lt/seg
0 Sec.	49	
15 "	48,5	
30 "	48,5	
60 "	48,2	
3 Minut.	47,5	
5 "	46,5	
10 "	44	
20 "	39	
30 "	34,5	
45 "	27	
60 "	19,5	$2,45 \times 10^{-3}$



$$K = \frac{Q}{5,5rH}$$

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)

Q = Volumen

r = Radio

H = Profundidad del Pozo

$$K = 3,96 \times 10^{-4}$$

CUADRO B.2.12 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 2)

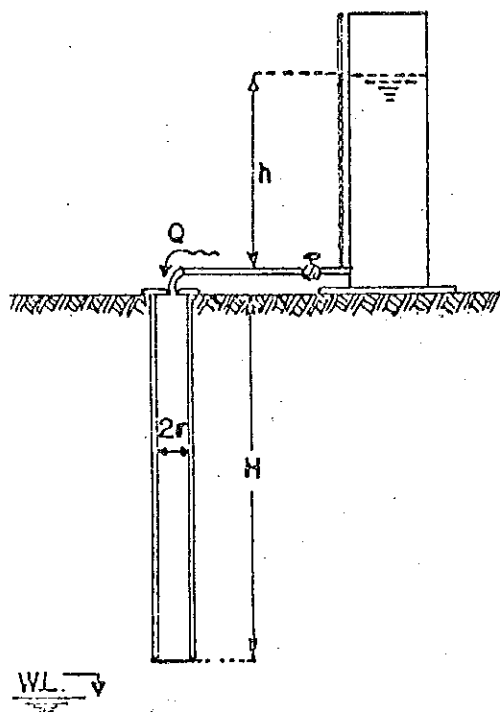
CONSULTEC S.R.L.
CONSULTORES E INGENIEROS

Test de Permeabilidad In Situ

Perforación No. 2
Diámetro 7,5 cm

Lugar: Capitan Meza
Profundidad: 3,00 m

Intervalo de Tiempo	Calibre (h) en cm	Cantidad en lt/seg
0 Sec.	43,6	
15 "	43,5	
30 "	43,5	
60 "	43,5	
3 Minut.	43	
5 "	43	
10 "	43	
20 "	42	
30 "	41	
45 "	39,5	
60 "	38	$4,65 \times 10^{-4}$



$$K = \frac{Q}{5,5rH}$$

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)

Q = Volumen

r = Radio

H = Profundidad del Pozo

$$K = 7,51 \times 10^{-5}$$

CUADRO B.2.13 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 4)

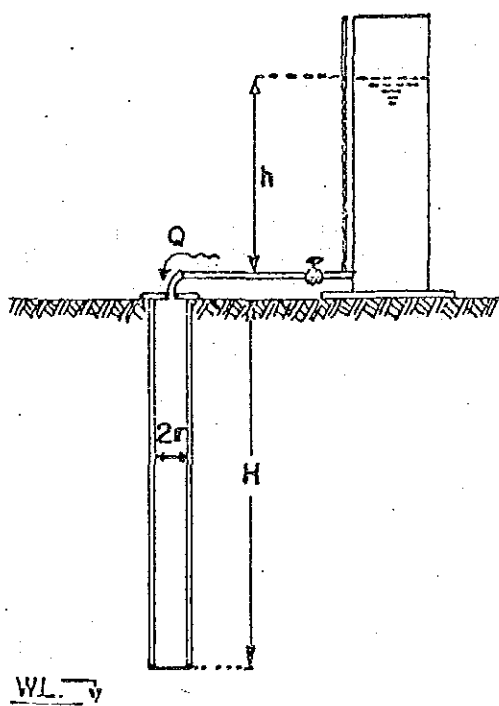
CONSULTEC S.R.L.
CONSULTORES E INGENIEROS

Test de Permeabilidad In Situ

Perforación No. 4
Diámetro 7,5 cm

Lugar: Colonia Vacay
Profundidad: 3,00 m

Intervalo de Tiempo	Calibre (h) en cm	Cantidad en lt/seg
0 Sec.	68	
15 "	67,5	
30 "	67	
60 "	66,5	
3 Minut.	64	
5 "	62,5	
10 "	58	
20 "	51,5	
30 "	46,5	
45 "	38,5	
60 "	30	$3,15 \times 10^{-3}$



$$K = \frac{Q}{5,5rH}$$

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)

Q = Volumen

r = Radio

H = Profundidad del Pozo

$$K = 5,1 \times 10^{-5}$$

CUADRO B.2.14 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 9)

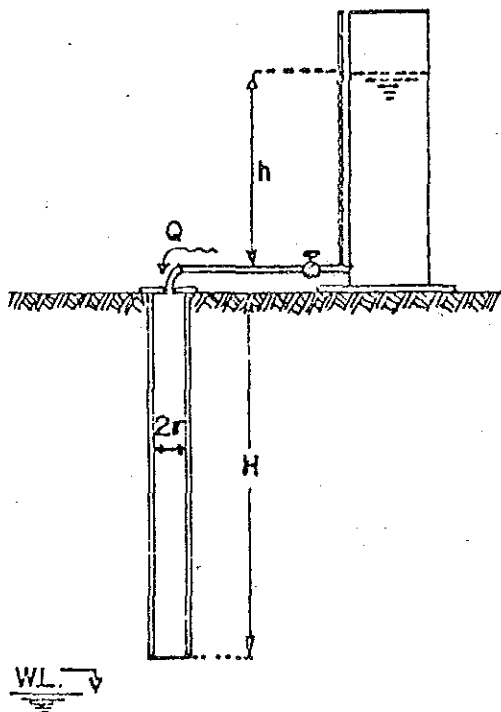
CONSULTEC S.R.L.
CONSULTORES E INGENIEROS

Test de Permeabilidad In Situ

Perforación No. 9
Diámetro 7,5 cm

Lugar: Fram (Santa Rosa)
Profundidad: 3,00 m

Intervalo de Tiempo	Calibre (h) en cm	Cantidad en lt/seg
0 Sec.	41,5	
15 "	41	
30 "	40,5	
60 "	38	
3 Minut.	31	
5 "	12,5	$2,89 \times 10^{-2}$
10 "		
20 "		
30 "		
45 "		
60 "		



$$K = \frac{Q}{5,5rH}$$

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)

Q = Volumen

r = Radio

H = Profundidad del Pozo

$$K = 4,67 \times 10^{-3}$$

CUADRO B.2.15 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (PUNTO NO. 11)

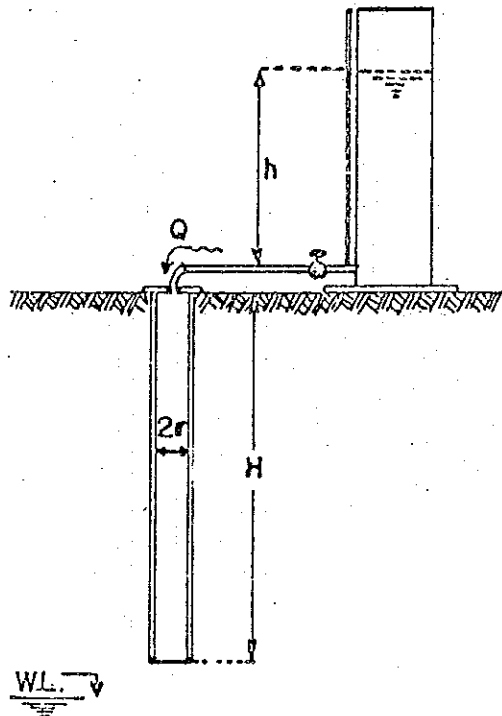
CONSULTEC S.R.L.
CONSULTORES E INGENIEROS

Test de Permeabilidad In Situ

Perforación No. 11
Diámetro 7,5 cm

Lugar: Fram (Cerrilo)
Profundidad: 3,00 m

Intervalo de Tiempo	Calibre (h) en cm	Cantidad en lt/seg
0 Sec.	33	
15 "	33	
30 "	33	
60 "	33	
3 Minut.	32,8	
5 "	32,7	
10 "	38,3	
20 "	31,6	
30 "	29,9	
45 "	28,9	
60 "	28	$4,15 \times 10^{-4}$



$$K = \frac{Q}{5,5rH}$$

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)

Q = Volumen

r = Radio

H = Profundidad del Pozo

$$K = 6,70 \times 10^{-5}$$

CUADRO B.2.16 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA MECANICA DE SUELOS DE LA CUENCA DEL ARROYO TACUARY

Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (m)	Contenido hídrico natural %	Sieve Analysis		Límites e Indices						Clasificación	Peso específico	Compactación			C. B. R.			TEST
				% Pasada #10	% Pasada #200	LL	PL	PI	GI	Densidad máxima requerida en k/m ³	Humedad optima %			Densidad seca k/m ³	Humedad de Molde	Coefficiente de dispersión $\frac{w}{z}$	C. B. R.			
1	1	0.00-1.00	28.2	100	99	94	45.3	30.1	15.2	11	A-6									
1	2	1.00-2.00		100	98	89	49.6	34.8	14.8	12	A-6									
1	3	2.00-3.00		99	96	89	52.7	41.1	11.6	12	A-6									
2	1	0.00-1.00	34.7	99	93	86	39.0	25.2	13.8	10	A-6									
2	2	1.00-2.00		99	93	87	49.6	38.5	11.1	10	A-7-5									
2	3	2.00-3.00		97	92	84	56.6	35.3	21.3	16	A-7-5									
4	1	0.00-1.00	38.2	96	92	88	59.5	37.5	22.0	17	A-7-5									
4	2	1.00-2.00		100	95	80	57.8	42.3	15.5	15	A-7-5									
4	3	2.00-3.00		100	93	72	52.8	43.1	9.7	9	A-5									
9	1	0.00-1.00	38.0	100	98	94	41.9	26.6	15.3	10	A-7-6									
9	2	1.00-2.00		100	98	94	51.8	37.4	14.4	11	A-7-5									
9	3	2.00-3.00		100	98	94	59.4	36.5	22.9	17	A-7-5									
11	1	0.00-1.00	20.9	100	97	93	60.6	40.8	19.8	16	A-7-5									
11	2	1.00-2.00		100	96	91	70.5	45.1	25.4	18	A-7-5									
11	3	2.00-3.00		100	94	90	64.2	44.0	20.2	16	A-7-5									

CUADRO B.2.17 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE APTITUD DE LAS ROCAS COMO MATERIALES PARA PAVIMENTACION

Perforación No.	Huestra No.	Profundidad (m)	Lugar	Abrasion %	Absorción %	Peso específico	Compactacion		C. B. R.		C. E. R.
							Densidad máxima de sequedad en k/m ³	Humedad optima %	Densidad seca k/m ³	Humedad de Moide	
1.1.	1.1.1.	Quarry	Pirapá JICA Quarry. Stone # 4	22.4	0.50	2.94	2395	7.7			
1.1.	1.1.2.	Quarry	Pirapá JICA Quarry. Stone # 5	23.4	0.76	2.89	2450	6.25			
1.2.	1.2.1.	Superf.	Fcaun	17.0	0.32	2.95	2320	6.5			
1.2.	1.2.2.	Superf.	Fcaun	33.1	1.92	2.94	2420	7.5			
1.3.	1.3.1.	Superf.	Federico Chavez	18.1	0.32	2.95	2470	6.7			
1.3.	1.3.2.	Super.	Federico Chavez	21.8	2.22	2.62	2402	7.3			
1.4.	1.4.1.	Quarry	Gral. Artigas	20.10	0.16	2.89	2430	7.1			
1.4.	1.4.2.	Quarry	Gral. Artigas	28.0	0.73	2.85	2395	7.2			

3. Mecánica de las rocas

3.0.1 Estudio del volumen de materiales de pavimentación existentes en el áreas en estudio

Los caminos, cuya pavimentación está prevista en el Plan Vial son los troncales y los principales, en una extensión total de 391,5 km, requiriéndose de tal forma, un considerable volumen de materiales para la construcción de los pavimentos. Consecuentemente, la dificultad en la provisión de tales materiales influirá sustancialmente en los costos de las obras. Por lo tanto, fue estudiado el afloramiento de las rocas a los efectos de determinar la posibilidad de provisión local de los materiales para la pavimentación.

En cada zona del área de estudio existen afloramientos de gravas metamorfizadas (Denominada tosca). Este material fue empleado para la pavimentación del camino que empalma la Ruta Nacional No. 6 con Fram, a través del mejoramiento vial encarado por JICA. La tosca tiene un alto contenido de suelo metamorfizado por lo cual no puede ser empleado como material del hormigón o el asfalto, pero si es aprovechable como base del terraplén.

Por otra parte, las afloraciones del basalto, que serían como material del hormigón y el asfalto, son escasas en comparación a las toscas.

3.0.2 Estudio de aptitud de las rocas como material

A los efectos de implementar las obras viales, se realizó el análisis de aptitud de los materiales rocosos, mediante la extracción de muestras de los cuatro (4) lugares con posibilidad de ser explotadas como canteras, los cuales se exponen a continuación.

- 1) Cantera de la Oficina de JICA en Pirapó
- 2) Afloramiento basáltico de Fram (Existen afloramientos de piedras basálticas no metamorfizadas a 1,5 km al norte de La Paz, a lo largo de 500 metros, sobre el camino)
- 3) Afloramiento basáltico de Federico Chaves (aprox. a 5 km al norte de Federico Chaves)
- 4) Cantera de Gral. Artigas (Frente a la Estación del Ferrocarril)

El contenido de los estudios son: 1) Peso específico, 2) Ensayo de abrasión, 3) Ensayo de CBR modificado, y 4) Ensayo de absorción cuyos resultados son como se indican en el Cuadro B.2.17. De acuerdo a este, la afloramiento basáltico de Fram es la mas apropiada como material para el hormigón y el asfalto, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo de la roca así como de la ubicación de la cantera.

4. Consideraciones

4.0.1 El tipo de suelo predominante en el área en estudio es de color rojizo pardo (Formación de Alto Paraná) derivado del basalto, cuyas características generales son: Baja permeabilidad, elevada consistencia y susceptibilidad a la erosión. Consecuentemente, para implementar las obras de ingeniería, deberán tomarse las medidas que se indican a continuación, y realizar la construcción de los caminos y canales, y de prevención de la erosión, acordes con las características de los suelos arriba mencionadas.

1) Medidas para la construcción de caminos

A excepción de las rutas nacionales, en la construcción de las principales vías del área en estudio prácticamente no se han empleado materiales especiales para las bases del terraplén. Por ello, en los tiempos de lluvia, especialmente en los lugares con drenaje deficiente, la calzada se debilita formando lodos y en tiempos secos, levanta el polvo. De acuerdo al estudio de la mecánica de suelos, esta tierra puede ser empleada en la base del terraplén, si la compactación se realiza en adecuadas condiciones de humedad. En consecuencia, en el plan se emplearán las actuales superficies del terraplén para los caminos a ser asfaltados o enripiados. En lo que respecta a los caminos de tierra, se considerarán las medidas de drenaje, a los efectos de evitar el debilitamiento de la calzada en tiempos de lluvia.

En cuanto al material pétreo para la construcción de la base del terraplén se propone el uso de la tosca existente en el área en estudio, y como material básico del hormigón y el asfalto, y la utilización del basalto no metamorfigado existente en el distrito de Fram.

2) Medidas para la construcción de canales de riego y drenaje

La mecánica del suelo de la zona con posibilidad de implementar el plan de riego y drenaje es arcilla - limo en la cuenca del Arroyo Tacuary al suroeste del área en estudios, y limo - arena limosa al noroeste, en la cuenca del Río Tebicuary. Consecuentemente, para la construcción de canales debe evitarse la compactación brusca de la tierra arcillosa; y en la tierra limosa, la compactación deberá realizarse con apropiado contenido de humedad. Por otra parte, en la tierra de arena limosa deberán tomarse las medidas de protección contra el derrumbamiento de taludes y el escape de aguas.

3) Prevención de la erosión del suelo

El estado de erosión en las cinco (5) parcelas seleccionadas dentro del área en estudio es como sigue: La erosión laminar se presenta en las tierras con pendiente de alrededor de 6% a 15%, y en las tierras con mayores pendientes se observan las erosiones en surcos y en cárcavas. El suelo de las parcelas es susceptible a la erosión, por lo que es recomendable que la pendiente de las parcelas sea inferior a 6%. Es necesario que en las parcelas con pendientes mayores a 6% sean

cultivados con construcción de curvas de nivel, o con franjas de protección trazadas en curvas de nivel (Camellones, franjas de protección con cedrón etc.).

ANEXO C: SUELO

Indice

Lista de Cuadros y Figuras

1. Suelos del Paraguay	C-1
1.1 Generalidades	C-1
1.2 Primera región	C-1
1.3 Segunda región	C-1
1.4 Tercera región	C-3
2. Suelos del área en estudio	C-3
2.1 Objetivos y método del estudio de suelos	C-3
2.2 Clasificación de suelos y su distribución	C-6
2.3 Características físico-químicas del suelo	C-16

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

CUADRO C.1.1	MAPA SINOPTICO DE LA DISTRIBUCION DE SUELOS EN EL PARAGUAY	C-2
CUADRO C.2.1	SUPERFICIE DE DISTRIBUCION POR CLASIFICACION DEL SUELO	C-7
CUADRO C.2.2	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA SECCION DEL SUELO POR CLASIFICACION DEL SUELO	C-8
CUADRO C.2.3	RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO	C-17
FIGURA C.2.1	PLANO DE UBICACION DEL ESTUDI DEL SUELO	C-5
FIGURA C.2.2	PLANO DE DISTRIBUCION DEL SUELO	C-13

1. Suelos del Paraguay

1.1 Generalidades

En el Paraguay no se ha realizado aún un estudio detallado de suelos en forma planificada y de alto grado de precisión con respecto a todo su territorio nacional. Por eso, los aspectos de distribución de suelos de este país será efectuado en base al Mapa de suelos del mundo de la FAO/UNESCO.

La formación de suelos es influido por la naturaleza de la roca madre, clima, flora y topografía entre otros. Reflejando estos elementos, el suelo del Paraguay puede ser clasificado en tres grandes grupos, tal como puede apreciarse en la Figura C.1.1. En primer lugar, en las zonas altas de la Región Oriental, al este del Río Paraguay se hallan distribuidos extensamente los suelos de Acrisoles, además de otros como suelos de Luvisoles y Nitosoles. En segundo lugar, los suelos de Kastanozems y Solonetz se encuentran distribuidos en la Región Occidental o Chaco, al Oeste del Río Paraguay. En tercer lugar, las franjas aluviales de los ríos Paraguay y Paraná, en donde predominan los suelos de Planosoles, además de Gleysoles y Fluvisoles.

1.2 Primera región

El suelo de la primera región es representativo de las zonas tropicales y sub-tropicales. Se caracteriza por su color rojizo con formación de capas arcillosas de Argillic Horizonte B, originadas por el prolongado período de lixiviación a que se expone bajo las condiciones climáticas, con estaciones secas y lluviosas que se alternan. Generalmente este suelo es altamente erosionable, siendo éste un aspecto que debe ser considerado en el caso de destinarlo al cultivo. Los Acrisoles son suelos con bajo grado de saturación de bases y de avanzada lixiviación de nutrientes, de manera que son usados para fines forestales y campo de pastoreo, aunque pueden ser convertidos a tierras de cultivo elevando el grado de fertilidad con la incorporación de fertilizantes. Los Luvisoles son básicamente similares a los Acrisoles, pero su grado de saturación de bases es elevado por lo que son aptos para el cultivo. Los Nitosoles son suelos derivan de roca madre de naturaleza básica, con alto grado de fertilidad natural y la capa arable es profunda, por lo que constituyen uno de los suelos más apropiados para el uso agrícola en las regiones tropicales y subtropicales. En el Paraguay, este suelo está representado por la tierra roja que se encuentra distribuida en las zonas de lomadas de los departamentos de Itapúa y Alto Paraná, en donde se realizan cultivos de trigo, soja y tung y otros.

El área en estudio corresponde a la zona de Nitosoles de la Primera Región, distribuida en la franja ribereña del Río Paraná.

1.3 Segunda región

El suelo de la segunda región es representativo de las zonas subtropicales con clima semi-seca del tipo continental. Los suelos de Kastanozem, se forman bajo condiciones climáticas con riguroso invierno y

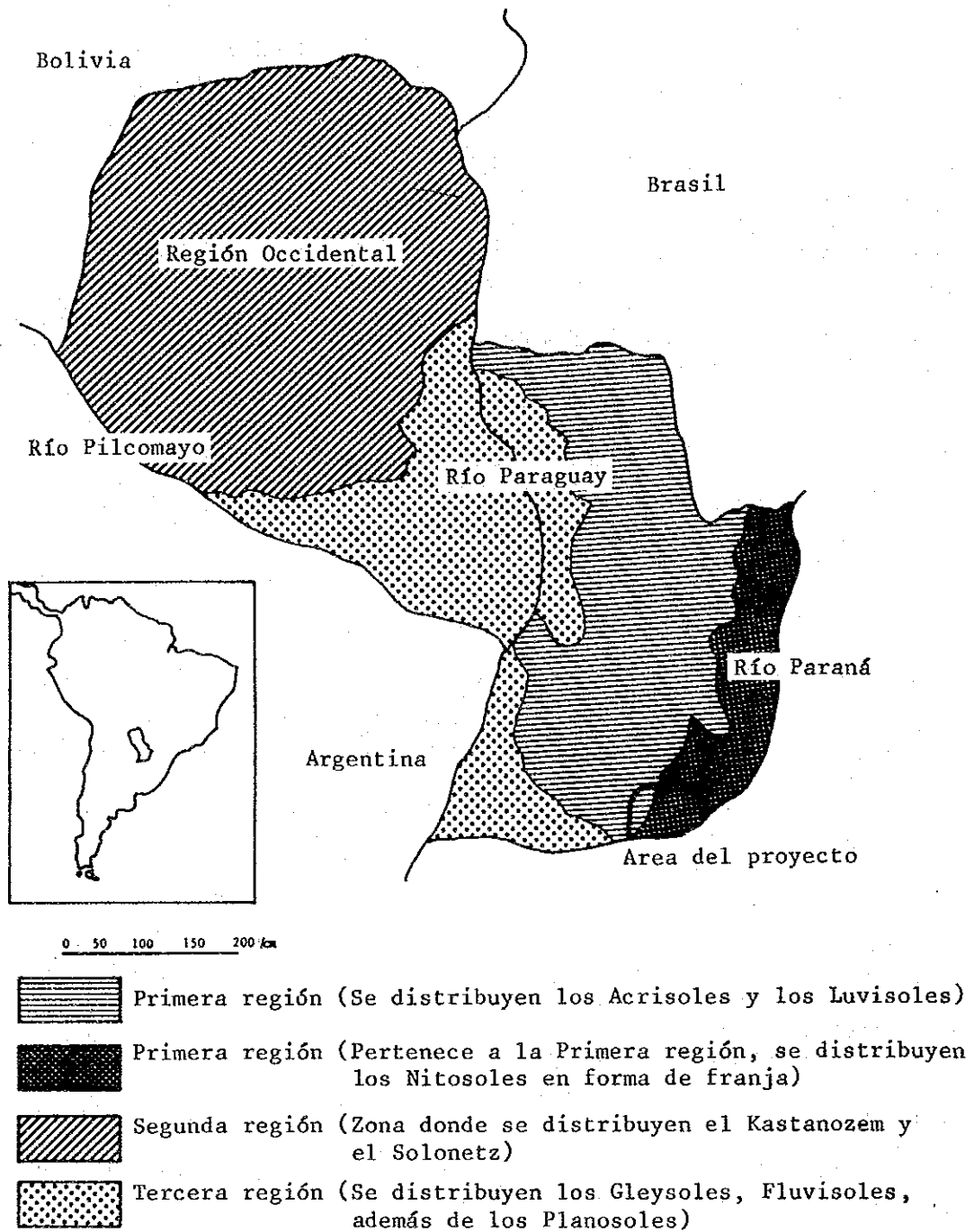


FIGURA C.1.1 MAPA SINOPTICO DE LA DISTRIBUCION DE SUELOS EN EL PARAGUAY