

社会開発調査部  
社会開発調査部  
社会開発調査部

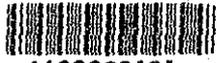
社会開発調査部  
社会開発調査部  
社会開発調査部  
社会開発調査部

社会開発調査部

社会開発調査部

社会開発調査部

JICA LIBRARY



1100839181

24282

INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS POTABLES  
Y ALCANTARILLADOS  
REPUBLICA DOMINICANA

EL ESTUDIO SOBRE EL PROYECTO DE  
DESARROLLO DE AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LA REGION OCCIDENTAL  
REPUBLICA DOMINICANA

INFORME PRINCIPAL

AGOSTO DE 1992

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

国際協力事業団

24282

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República Dominicana, el Gobierno del Japón decidió realizar el Estudio sobre el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Región Occidental y encargó este estudio a la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA).

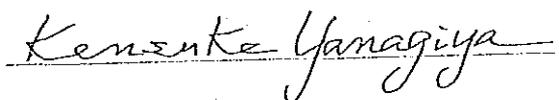
La JICA envió a la República Dominicana un equipo de estudios por 3 veces, encabezado por el Dr. Masaichi Nakayama de Kokusai Kogyo Co., Ltd.; compuesto por miembros de Kokusai Kogyo Co., Ltd, y Sumiko Consultant Co., Ltd. desde Octubre de 1990 a Junio de 1992.

El equipo realizó consultas con los funcionarios concernientes de la República Dominicana y realizó los estudios de campo en el Area del Estudio. Después de haber retornado al Japón el equipo, fueron realizados los análisis correspondientes preparándose este informe.

Espero de que este informe contribuya a la promoción del proyecto y estreche las relaciones amistosas entre nuestros dos países.

Deseo expresar mi sincero aprecio a los funcionarios concernientes del Gobierno de la República Dominicana por la estrecha colaboración extendida al equipo.

Agosto de 1992



Kensuke Yanagiya

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Agosto 1992

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

Estimado Sr. Yanagiya,

Tenemos el placer de remitirle el informe sobre el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Región Occidental, República Dominicana. El informe contiene los resultados de los estudios sobre la potencialidad de aguas subterráneas en las cuatro Provincias occidentales de la República Dominicana, el plan maestro de desarrollo de aguas subterráneas incluyendo planes de abastecimiento de agua para 158 comunidades, y el plan de implementación para 58 comunidades prioritarias.

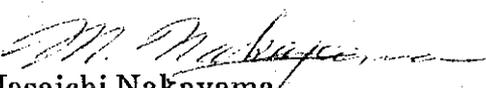
Este informe consiste de volúmenes separados para el Resumen Ejecutivo y los Informes Principal y Suplementario. El Resumen Ejecutivo describe, en forma concisa, todos los resultados del estudio. El Informe Principal describe los antecedentes del estudio, la situación socioeconómica, la potencialidad y el plan de desarrollo de aguas subterráneas, el plan de implementación y las recomendaciones para las 58 comunidades prioritarias. El Informe Suplementario contiene las condiciones de planeamiento, resultados detallados de cada estudio, figuras de referencia, y datos sobre estimación de costos de las instalaciones y sistemas de abastecimiento de agua y plan de implementación.

En vista de la deficiencia de agua, de la necesidad de desarrollo socioeconómico y la seguridad nacional en la región occidental, recomendamos que el Gobierno de la República Dominicana otorgue una alta prioridad a la implementación de este Proyecto.

Deseamos aprovechar esta oportunidad para expresar nuestros sinceros agradecimientos a su Agencia y a la Embajada del Japón en Santo Domingo. Deseamos también expresar nuestra profunda gratitud a las autoridades del Gobierno de la República Dominicana por la estrecha cooperación y asistencia recibida durante nuestra investigación y estudio.

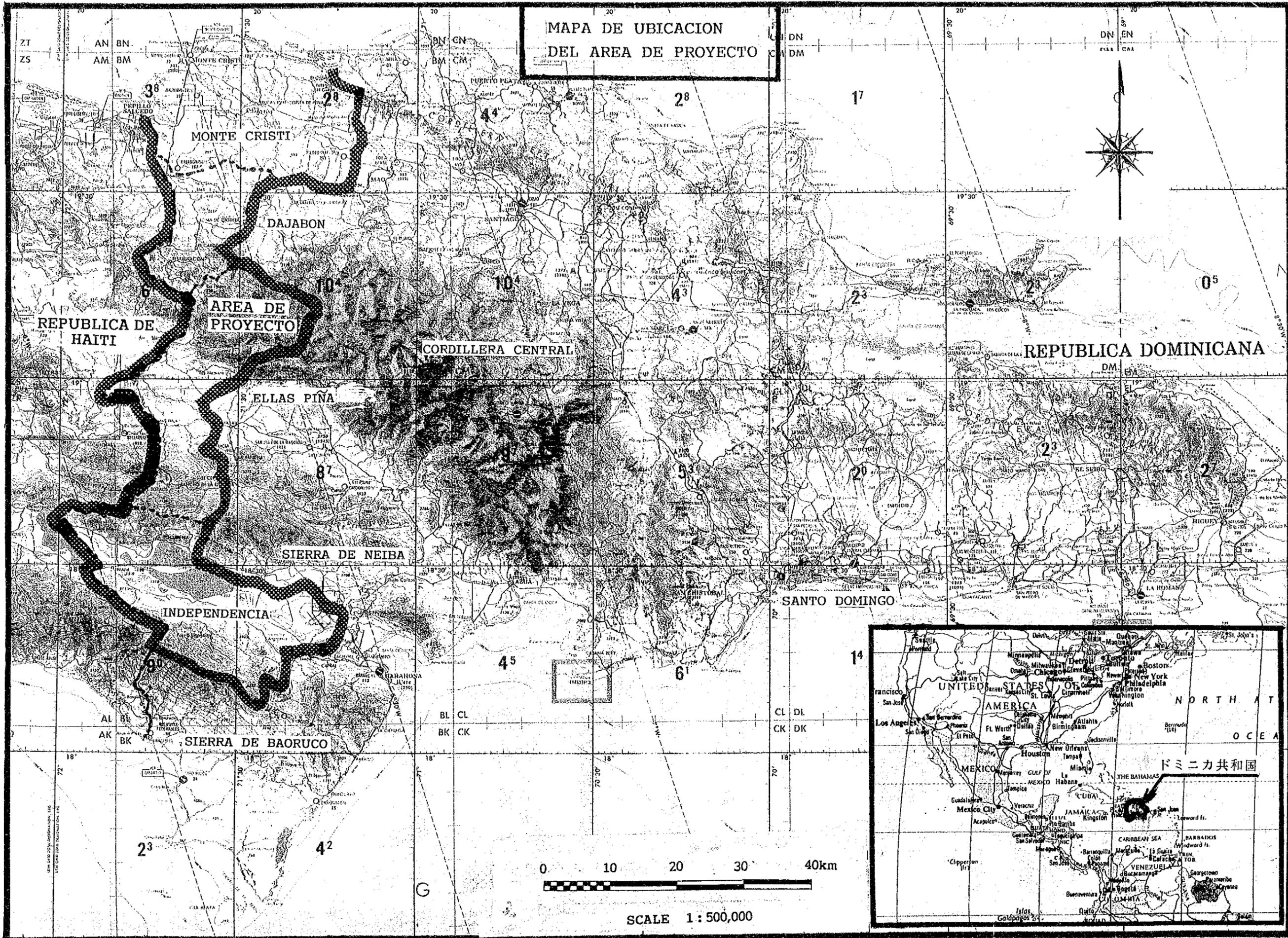
Con nuestra mayor consideración, nos suscribimos.

Muy atentamente,

  
Masaichi Nakayama  
Jefe de Equipo  
El Estudio sobre el Proyecto de Desarrollo  
de Aguas Subterráneas en la Región  
Occidental, República Dominicana

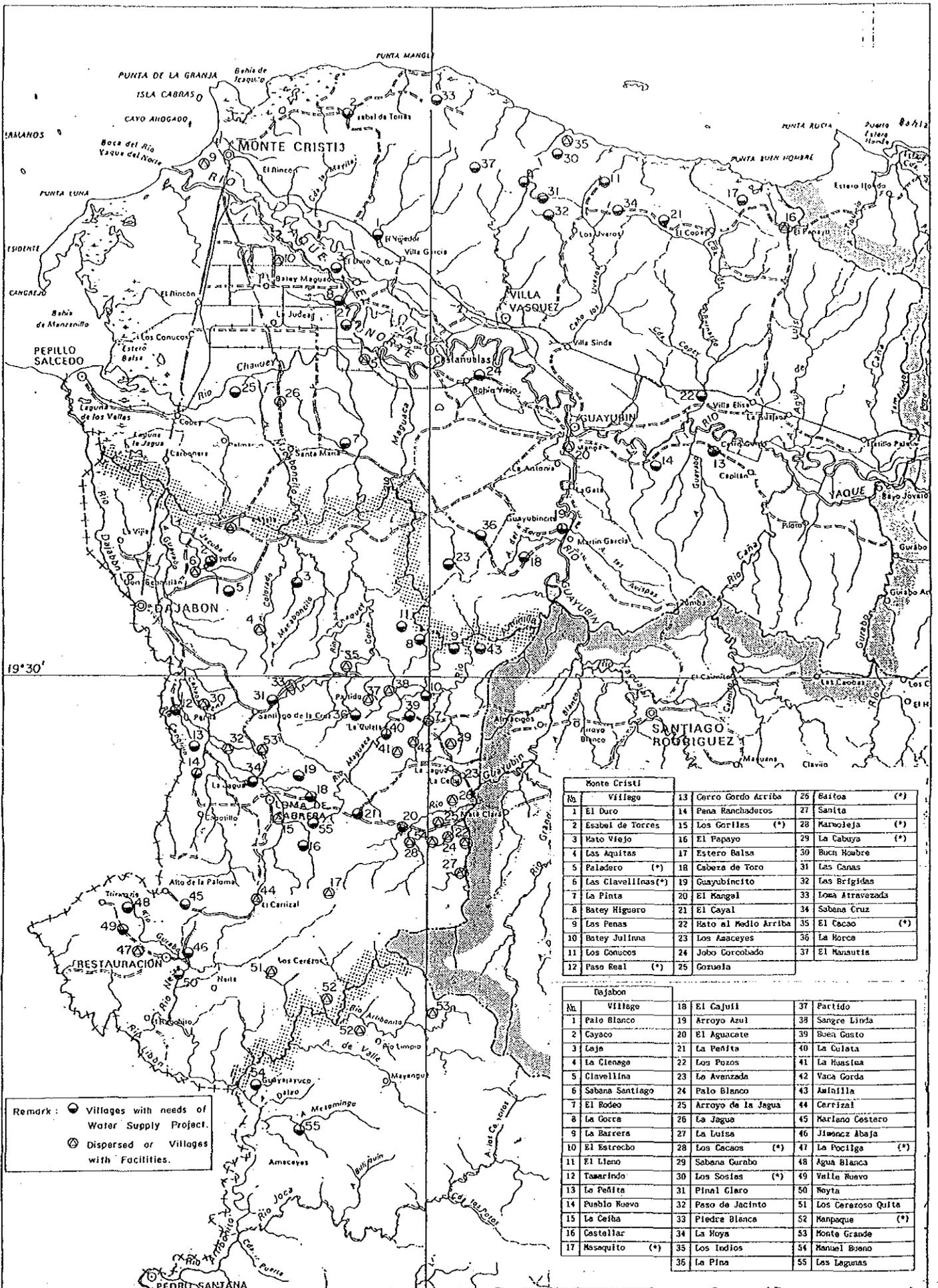


MAPA DE UBICACION  
DEL AREA DE PROYECTO



SCALE 1 : 500,000





Monte Cristi			
Nº	Village	Nº	Village
1	El Duro	13	Cerro Gordo Arriba
2	Esabel de Torres	14	Pena Ranchaderos
3	Hato Viejo	15	Los Goriles (*)
4	Las Aquitas	16	El Papayo
5	Faladero (*)	17	Estero Balsa
6	Las Clavellinas(*)	18	Cabeza de Toro
7	La Pinta	19	Guayubincito
8	Batey Higuero	20	El Mangal
9	Las Penas	21	El Cayal
10	Batey Julinna	22	Hato al Medio Arriba
11	Los Conucos	23	Los Amaceyas
12	Paso Real (*)	24	Jobo Corcobado
		25	Gozuela
		26	Baitoa (*)
		27	Sanita
		28	Marsoleja (*)
		29	La Cabuya (*)
		30	Buen Hombre
		31	Las Canas
		32	Las Brigidas
		33	Loma Atravezada
		34	Sabana Cruz
		35	El Cacao (*)
		36	La Horca
		37	El Manautia

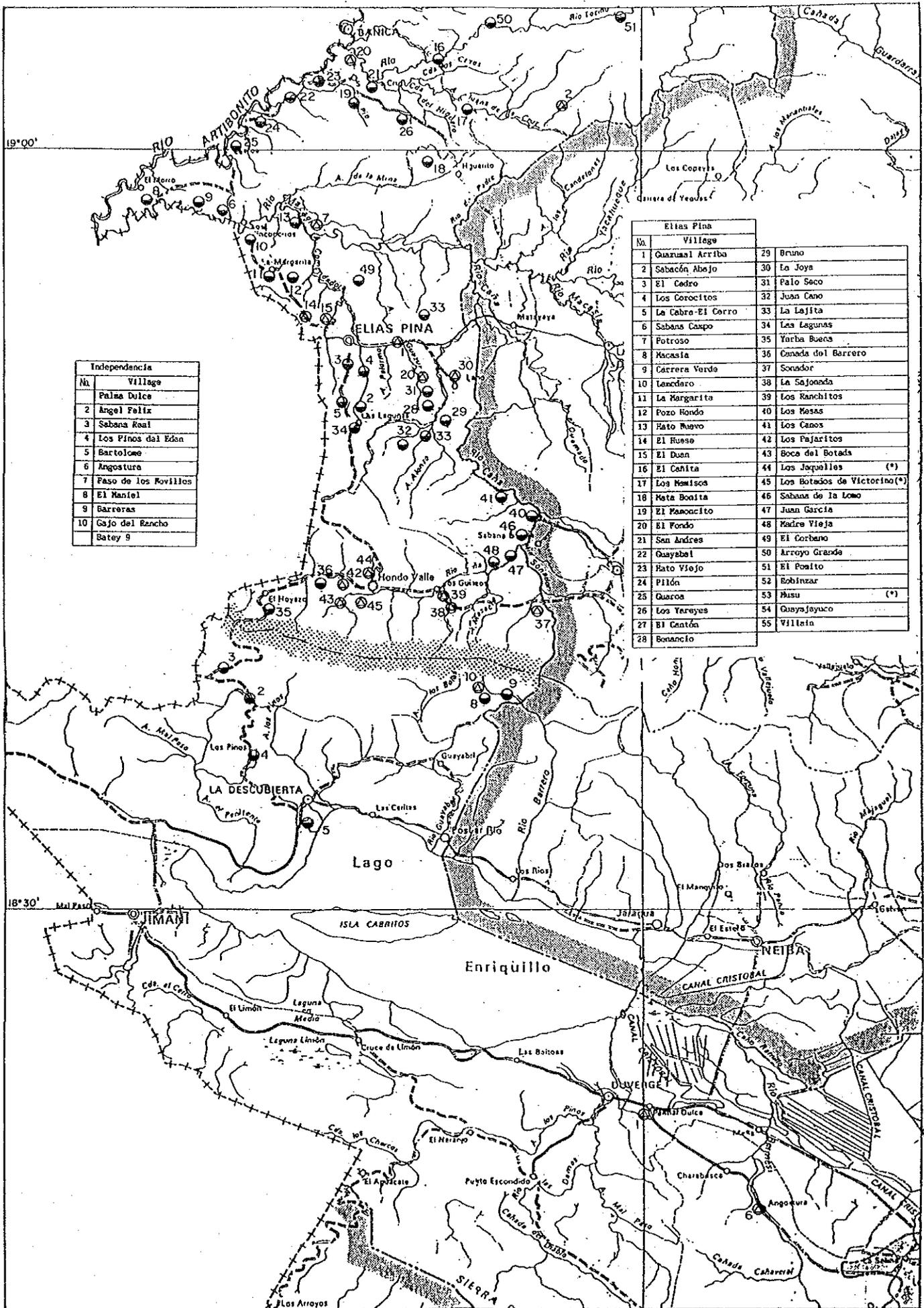
Bajabon			
Nº	Village	Nº	Village
1	Palo Blanco	18	El Cajuil
2	Cayaco	19	Arroyo Azul
3	Laja	20	El Aguacate
4	La Cienega	21	La Peña
5	Clavellina	22	Los Pozos
6	Sabana Santiago	23	La Avanzada
7	El Bodeo	24	Palo Blanco
8	La Gorra	25	Arroyo de la Jagua
9	La Barrera	26	La Jagua
10	El Estrecho	27	La Luisa
11	El Llano	28	Los Cacaos (*)
12	Tamarindo	29	Sabana Gurabo
13	La Peña	30	Los Sosias (*)
14	Pueblo Nuevo	31	Pinal Claro
15	La Ceiba	32	Peso de Jacinto
16	Castellar	33	Piedra Blanca
17	Masequito (*)	34	La Hoya
		35	Los Indios
		36	La Pina
		37	Partido
		38	Sangre Linda
		39	Buen Gusto
		40	La Culata
		41	La Huastua
		42	Vaca Gorda
		43	Amillia
		44	Carrizal
		45	Mariano Cestero
		46	Jimenez Abaja
		47	La Pochilla (*)
		48	Agua Blanca
		49	Valle Nuevo
		50	Boyta
		51	Los Cerezoso Quite
		52	Manpaque (*)
		53	Monte Grande
		54	Manuel Bueno
		55	Las Legunas

Remark : ● Villages with needs of Water Supply Project.  
 ○ Dispersed or Villages with Facilities.

Mapa de Ubicacion de las Secciones de Resistividad







Independencia	
Nº	Village
1	Palsa Dulce
2	Angel Felix
3	Sabana Real
4	Los Pinos del Eden
5	Bartolome
6	Angostura
7	Faso de los Revillon
8	El Maniel
9	Barreras
10	Gajo del Rancho
Batey 9	

Elias Pina		
Nº	Village	
1	Guazanal Arriba	29 Bruno
2	Sabacón Abojo	30 La Joya
3	El Cedro	31 Palo Seco
4	Los Corocitos	32 Juan Cano
5	La Cabra-El Cerro	33 La Lajita
6	Sabana Caspo	34 Las Legunas
7	Potoso	35 Yerba Buena
8	Macasia	36 Canada del Barrero
9	Carrera Verde	37 Sonador
10	Lancardo	38 La Sajonada
11	La Margarita	39 Los Ranchitos
12	Pozo Hondo	40 Las Mesas
13	Hato Nuevo	41 Los Canos
14	El Hueso	42 Los Pajaritos
15	El Duan	43 Boca del Botas
16	El Cañita	44 Los Jaquillos (*)
17	Los Nemicas	45 Los Botasos de Victorino(*)
18	Mata Bonita	46 Sabana de la Loma
19	El Panocito	47 Juan Garcia
20	El Fondo	48 Madre Vieja
21	San Andres	49 El Corbano
22	Guayabal	50 Arroyo Grande
23	Hato Viejo	51 El Posito
24	Pilon	52 Robinzar
25	Guaraco	53 Misu (*)
26	Los Yareyes	54 Guayajayuco
27	El Centón	55 Villata
28	Bonancio	

Mapa de Ubicación de las Secciones de Resistividad 0 5 10 15 km



## TABLA DE CONTENIDOS

Prefacio	
Carta de Presentación	
Mapa de Ubicación	
Mapa de Ubicación de las secciones de Resistividad	
Tabla de Contenido .....	vi
Lista de Tablas .....	x
Lista de Figuras .....	xii
Abreviaciones .....	xiv
Unidades .....	xvi

### CAPITULO I INTRODUCCION

1.1 Autorización .....	1
1.2 Antecedentes del Estudio .....	1
1.3 Objetivos del Estudio .....	1
1.4 Alcance del Trabajo .....	2
1.4.1 Area del Estudio .....	2
1.4.2 Componentes del Estudio .....	2
1.5 Programa del Estudio y Miembros del Equipo de Estudios ...	3
1.5.1 Programa del Estudio .....	3
1.5.2 Equipo de Estudios .....	4

### CAPITULO II ANTECEDENTES DEL PLAN

2.1 Antecedentes Nacionales .....	6
2.1.1 Generalidades .....	6
2.1.2 Situación Social .....	8
2.1.3 Economía .....	11
2.1.4 Plan de Desarrollo Nacional y el Sector de .....	13
Abastecimiento de Aguas	
2.1.5 Condición Actual de Abastecimiento de Aguas .....	15

2.2	Antecedentes Regionales .....	21
2.2.1	Area del Estudio .....	21
2.2.2	Actividades Económicas .....	21
2.2.3	Población .....	23
2.2.4	Servicio de Abastecimiento de Aguas .....	25
2.2.5	Necesidad del Servicio de Abastecimiento .....	27

### CAPITULO III EL AREA DEL PROYECTO

3.1	Topografía y Geología .....	28
3.1.1	Area del Proyecto .....	28
3.1.2	Sensores Remotos .....	28
3.1.3	Topografía .....	30
3.1.4	Geología .....	33
3.2	Meteorología e Hidrología .....	43
3.2.1	Meteorología .....	43
3.2.2	Hidrología .....	46
3.3	Hidrogeología .....	49
3.3.1	Prospección Geofísica .....	49
3.3.2	Resultados de la Prospección Geofísica .....	50
3.3.3	Perforaciones de Prueba .....	54
3.3.4	Clasificación del Area del Proyecto .....	55
3.3.5	Potencial de Aguas Subterráneas en las Respectivas Regiones .....	63
3.4	Aguas Superficiales .....	69
3.4.1	Condición Actual del Desarrollo del Agua Superficial .....	69
3.4.2	Potencial de Desarrollo del Agua Superficial .....	71
3.5	Condición Actual del Desarrollo del Aguas de Aguas .....	76
3.5.1	Localidades Propuestas .....	76
3.5.2	Sistema de Abastecimiento Existentes .....	76

### CAPITULO IV EL PROYECTO PROPUESTO

4.1	Objetivos del Proyecto .....	78
4.2	Política Básica del Desarrollo .....	78
4.3	Componentes del Proyecto .....	80

4.4	Plan de Desarrollo del Agua Subterránea .....	81
4.4.1	Lineamientos Básicos .....	81
4.4.2	Acuíferos y la Escala de Desarrollo .....	83
4.4.3	Métodos de Perforación .....	85
4.5	Plan de Desarrollo de Aguas Superficiales .....	87
4.6	Plan de Abastecimiento de Aguas .....	89
4.6.1	Lineamientos Básicos .....	90
4.6.2	Evaluación de las Localidades Identificadas .....	91
4.6.3	Localidades Objeto del Proyecto Propuesto .....	91
4.6.4	Plan de Producción de Aguas .....	92
<b>CAPITULO V PLAN DE INSTALACIONES</b>		
5.1	Política Básica .....	94
5.2	Plan de Instalaciones .....	99
5.3	Instalaciones y Equipos para la Operación .....	100
5.4	Resumen de las Principales Instalaciones y Equipos .....	101
<b>CAPITULO VI ESTIMACION DE COSTOS</b>		
6.1	Generalidades .....	103
6.2	Estimación del Costo del Proyecto .....	104
6.2.1	Costo Directo de Construcción .....	105
<b>CAPITULO VII PLAN DE IMPLEMENTACION</b>		
7.1	Generalidades .....	108
7.2	Organización para la Implementación .....	109
7.3	Programa de Ejecución .....	110
7.4	Obención de Material y Obras de Construcción .....	111
7.5	Programa de Desembolso .....	111
<b>CAPITULO VIII PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO</b>		
8.1	Aproximación Básica .....	113

8.2 Control de Producción de Agua .....	114
8.3 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones del Proyecto	115
8.4 Costos Anuales de Operación, Mantenimiento y .....	116
Costos de Producción	
<b>CAPITULO IX EVALUACION DEL PROYECTO</b>	
9.1 Introducción .....	119
9.2 Pueblos Beneficiados .....	119
9.3 Voluntad de Pago .....	120
9.4 Mejora de Sanidad Pública .....	121
9.5 Ahorro de Tiempo .....	123
9.6 Reducción de Costo .....	123
9.7 Desarrollo de Comunidad .....	125
9.8 Desarrollo del Sector Rural de Abastecimiento de Agua .....	125
9.9 Evaluación General .....	125
<b>CAPITULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
10.1 Conclusiones .....	127
10.1.1 Situación Actual de Abastecimiento de Agua .....	127
10.1.2 Necesidad de Proyectos de Explotación y	
Abastecimiento de Agua .....	128
10.1.3 Posibilidad de Explotación de Fuentes de Agua .....	129
10.1.4 Plan de Explotación .....	132
10.1.5 Plan de Implementación .....	133
10.2 Recomendaciones .....	134
10.2.1 Principios Básicos .....	134
10.2.2 Plan de Explotación .....	135
10.2.3 Ejecución del Plan de Abastecimiento de Aguas .....	136
10.2.4 Participación de las Mujeres .....	136
10.2.5 Sanidad Pública .....	137
10.3 Responsabilidades de INAPA .....	138

## LISTA DE TABLAS

			<u>Pag.</u>
Tabla	2.1	Datos del Censo de Población .....	139
Tabla	2.2	Tamaño de Casas y Familias .....	140
Tabla	2.3	Población con Servicios y Facilidades .....	141
Tabla	2.4	Mortalidad por Años .....	142
Tabla	2.5	Causas de Mortalidad en los Infantes (0 a 1 año), 1985	142
Tabla	2.6	Producto Bruto Domestico por Actividad .....	143
Tabla	2.7	Balanza de Pagos al Precio Corrientes .....	144
Tabla	2.8	Presupuesto de Ingresos para 1989 .....	145
Tabla	2.9	Presupuesro de Egresos para 1989 .....	146
Tabla	2.10	Normas de Calidad para el Agua Potable .....	147
Tabla	2.11	Abastecimiento de Aguas y Alcancarillados de INAPA, 1990 .....	148
Tabla	2.12	Tarifas de Aguas de INAPA .....	149
Tabla	2.13	Abastecimiento de Aguas de Zonas Urbanas .....	150
Tabla	2.14	Abastecimiento de Aguas de Zonas Rurales .....	150
Tabla	2.15	Estado de Ingresos de INAPA .....	151
Tabla	2.16	Resultados del Balance Contable .....	152
Tabla	2.17	Planes de INAPA .....	153
Tabla	2.18	La Inversión Requerida en Millones de US\$ .....	154
Tabla	2.19	Fuentes de Financiamiento .....	154
Tabla	2.20	Indicadores Socioeconómicos del Area del Proyecto ...	155
Tabla	2.21	División Administrativa del Area del Proyecto .....	155
Tabla	2.22	Presupuesto del los Municipios .....	156
Tabla	2.23	Utilización de Tierras en Granjas Mayores de 12.5 hás	157
Tabla	2.24	Areas de Cultivos en Granjas Mayores de 12.5 hás ...	158

Tabla 2.25	Producción en Granjas Mayores de 12.5 hás .....	158
Tabla 2.26	Indicadores demográficos del Area del Proyecto .....	159
Tabla 2.27	La Población de les 4 Provincias Occidentales .....	160
Tabla 2.28	Sistema Existente de abastecimiento de Aguas .....	161
Tabla 2.29	Covertura del Servicio de Abastecimiento en las 4 Provincias Occidentales .....	162
Tabla 2.30	Casos Notificados de Gastroenteritis y Disentería ....	163
Tabla 3.1	Clasificación Estratigráfica .....	164
Tabla 3.2	Caudal Medio Anual y Mensual de los Ríos .....	165
Tabla 3.3	Relación entre la Resistividad Eléctrica y las Litofacies	166
tabla 3.4	(1)~(2)Resultados de Perforación de Prueba y Prueba de Bombeo .....	167
Tabla 3.5	(1)~(3) Clasificación de las Regiones Hidrogeológicas y Capacidad .....	169
Tabla 3.6	Potencial de desarrollo del Agua Subterránea en cada Región Hidrogeológica .....	172
Tabla 3.7	Balace de Aguas .....	173
Tabla 3.8	Coficiente del Régimen de Ríos y la Descarga Específica .....	174
Tabla 3.9	(1)~(9) La Condición de Abastecimiento de Aguas de las 158 Localidades .....	175
Tabla 4.1	Potencial de desarrollo del Aguas Subterráneas y su Magnitud .....	184
Tabla 4.2	(1)~(7) Evaluación de las Localidades .....	185
Tabla 4.3	(1)~(2) Resumen del Plan de Desarrollo para las Localidades Excluidas del Proyecto Propuesto ....	192
Tabla 5.1	(1)~(4) Plan de Instalaciones para el Proyecto de Abastecimiento de Aguas .....	194

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pag.</u>
Fig. 1.1 Diagrama de Flujo del Estudio .....	198
Fig. 2.1 Características Geográficas de la República Dominicana ....	199
Fig. 2.2 Cuencas Hidrológicas de la República Dominicana .....	200
Fig. 2.3 Regiones Administrativas de la República Dominicana .....	201
Fig. 2.4 Sistema Existente de Abastecimiento de Aguas .....	202
Fig. 3.1 Imagen Falso Color del Landsat .....	203
Fig. 3.2 Imagen de Clasificación del Contenido del Terreno .....	204
Fig. 3.3 Imagen de Clasificación del Contenido de Aguas .....	205
Fig. 3.4 Mapa del Sistema de Drenajes .....	206
Fig. 3.5 Mapa de Clasificación de la Morfología .....	207
Fig. 3.6 Mapa de Clasificación de Uso de Tierras y Vegetación .....	208
Fig. 3.7 Ubicación de los Observatorios Meteorológicos .....	209
Fig. 3.8 (1)~(2) Mapa de Ubicación de las Secciones de Resistividad .	210
Fig. 3.9 (1)~(4) Secciones de Resistividad .....	212
Fig. 3.10 (1)~(2) Perfiles Electromagnéticos .....	216
Fig. 3.11 (1)~(2) Ubicación de las Perforaciones de Prueba .....	218
Fig. 3.12 Mapa de Regiones Hidrogeológicas .....	220
Fig. 3.13 Calidad de Aguas de las Regiones Hidrogeológicas .....	222
Fig. 3.14 Descarga y Precipitación Mensual del Río Masacre .....	223
Fig. 3.15 (1)~(2) Mapa de Ubicación de las Localidades Solicitudes ...	224
Fig. 3.16 Clasificación de los Sistemas de Abastecimiento de Aguas ...	226
Fig. 4.1 Diagrama de Flujo de la Planificación del Desarrollo del Agua Subterránea .....	227
Fig. 4.2 Tipos de Sistema de Abastecimiento de Agua propuesto .....	228
Fig. 5.1 Diseño Típico de los Pozos (Bombas Manuales) .....	229

Fig. 5.2	Diseño Típico de los Pozos (Bombas Motorizadas) .....	230
Fig. 5.3	Sistema de Tratamiento de Aguas .....	231
Fig. 5.4	Planta de Tratamiento de Aguas de las Aguitas .....	232
Fig. 7.1	Diagrama de Organización para la Implementación .....	233
Fig. 8.1	Diagrama de Organización para la Operación y Mantenimiento .....	234

## ABREVIACIONES

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAASD	Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santo Domingo
CCT	Cinta Compatible de Computadora
CIDA	Agencia de Desarrollo Internacional del Canadá
CORAASAN	Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santiago
FMI	Fondo Monetario Internacional
FUDECO	Fundación para el Desarrollo Comunal
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana
IDSS	Instituto Dominicano para la Cooperación Agrícola
IGU	Instituto Geográfico Universitario
IICA	Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola
INAPA	Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados
INDRHI	Instituto Nacional de Desarrollo de Recursos Hídricos
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
OEA	Organización de Estados Americanos
ONAPLAN	Oficina Nacional de Planificación
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
OPS/OMS	Oficina Panamericana de Salud/Organización Mundial de la Salud
PLANDZF	Plan de Desarrollo de la Zona Fronteriza
PLANAR	Plan Nacional de Acueductos Rurales
PNB	Producto Nacional Bruto

<b>PLANIACAS</b>	<b>Plan Nacional de Investigación, Aprovechamiento y Control de Aguas Subterráneas</b>
<b>SESPAS</b>	<b>Secretaría de Salud Pública y Asistencia Social</b>
<b>SSID</b>	<b>Servicio Social de Iglesias Dominicanas</b>
<b>TM</b>	<b>Mapa Temático</b>
<b>UNEPLAN</b>	<b>Unidad Ejecutiva del Plan Nacional de Acueductos Rurales</b>
<b>USAID</b>	<b>Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos</b>
<b>UASD</b>	<b>Universidad Autónoma de Santo Domingo</b>

## UNIDADES

### Longitud

mm	: milímetro
cm	: centímetro
m	: metro
km	: kilómetro
pulg	: 25.4 mm
pie	: pies = 12 pulgadas = 30.48cm
milla	: 5,280 pies = 1,629km

### Area

cm <sup>2</sup>	: centímetro cuadrado
m <sup>2</sup>	: metro cuadrado
km <sup>2</sup>	: kilómetro cuadrado
há	: hectárea
Ta	: tarea = 625 m <sup>2</sup>

### Capacidad

ℓ	: litro
m <sup>3</sup>	: metro cúbico
hm <sup>3</sup>	: millón de metros cúbicos
gℓ	: galón = 3,785 litros

### Peso

g	: gramo
mg	: kilogramo

### Otros

h	: hora
min	: minuto
sec	: segundo
cm/sec	: centímetro por segundo
m <sup>3</sup> /sec	: metro cúbico por segundo
ℓ/sec/km <sup>2</sup>	: litro por segundo por kilómetro cuadrado

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**





# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1 Autorización

Este Informe fué preparado en base al "Alcance de Trabajo para el Estudio de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Región Occidental de la República Dominicana" acordado entre el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el 13 de febrero de 1990.

### 1.2 Antecedentes del Estudio

El Gobierno de la República Dominicana en cooperación con la Organización de los Estados Americanos preparó en 1987 el "Plan de Desarrollo de la Zona Fronteriza". El INAPA como parte de este plan solicitó al Gobierno de Japón la cooperación financiera para implementar las obras de abastecimiento de agua para las localidades rurales de 4 provincias occidentales.

En respuesta a esta solicitud, el gobierno de Japón, envió una misión de formulación de proyectos, como resultado de la cual el gobierno de la República Dominicana solicitó la cooperación técnica para dicho objeto, en Noviembre de 1989. Esta cooperación técnica fué concretizado durante la misión de estudios preliminares, firmándose el alcance del Trabajo del Estudio en Febrero de 1990. Los estudios fueron iniciados en Octubre del año mencionado, terminándose los estudios de campo en Febrero de 1992.

### 1.3 Objetivos del Estudio

Los objetivos del Estudio son:

- (1) Evaluar el potencial de agua subterránea en las 4 provincias occidentales: Monte Cristi, Dajabón, Elias Piña e Independencia.
- (2) Preparar un plan de desarrollo de las aguas subterráneas incluyendo un plan de abastecimiento de aguas para 158 localidades rurales.
- (3) Realizar la transferencia tecnológica al personal de contraparte de INAPA durante el Estudio.

## 1.4 Alcance del Trabajo

### 1.4.1 Area del Estudio

El Area del Estudio comprende las 4 provincias occidentales del país (Monte Cristi, Dajabón, Elias Piña e Independencia), cubriendo un área de 6.527 Km<sup>2</sup>.

### 1.4.2 Componentes del Estudio

El Estudio incluye estudios de campo y estudios de oficina.

#### 1) Estudios de Campo

- (1) Colección, tabulación y análisis de todos los datos e informaciones pertinentes al Proyecto.
- (2) Para la planeación de la explotación de agua subterránea y agua superficial: estudios de topografía, hidrología, meteorología, hidráulica y de geología; explotación de recursos de agua y el estudio de utilización, prospecciones eléctricas, estudio de los nacimientos, de pozos, pruebas de bombeo, etc.
- (3) Para la planificación del abastecimiento de aguas: investigaciones socioeconómicas; investigación de demanda y abastecimiento; regulaciones de facilidades de servicio.
- (4) Estudios necesarios para la formulación del plan de operación y mantenimiento para la producción y facilidades de suministro.
- (5) Para diseño de facilidades: investigación de costo de materiales y mano de obra, investigación de materiales y mano de obra disponible; estudios topográficos.

#### 2) Trabajos de oficina

- (1) Análisis de la demanda actual, y demanda futura en el área del Proyecto; y formulación del plan de abastecimiento en base a lo anterior.
- (2) Evaluación de las características del agua subterránea y superficial y su potencial de desarrollo; y en base a ello, formulación del plan de desarrollo del agua subterránea y superficial.

- (3) Diseño preliminar del desarrollo del agua subterránea y de las facilidades de abastecimiento de agua y estimación de costos.
- (4) Formulación de un plan de operación y mantenimiento.
- (5) Formulación de un plan de implementación; y
- (6) Evaluación del Proyecto .

## **1.5 Programa del Estudio y Miembros del Equipo de Estudios**

### **1.5.1 Programa del Estudio**

El Estudio fué realizado dividiéndolo en 2 fases:

**Fase I: Estimación del Potencial de Agua Subterránea y la Identificación de las Areas Potenciales para el Deasarrollo de las Aguas Subterráneas**

El Estudio en la primera fase comprendió la revisión y análisis de los datos e informaciones existentes, análisis e interpretación de las imágenes de satélites y aerofotografías, así como la primera investigación de campo.

Los resultados de los estudios y análisis mencionados llevó a la confección de un mapa hidrogeológico y a la identificación de las áreas potenciales para el desarrollo del agua subterránea.

**Fase II: Análisis y Evaluación del Potencial de Agua Subterránea y la Formulación del Plan de Desarrollo del Agua Subterránea**

Esta fase comprendió el segundo estudio de campo que incluyó los estudios geológicos, medición del nivel de aguas subterráneas, análisis de la calidad de aguas, estudios geofísicos, perforaciones de prueba y pruebas de bombeo para la evaluación del potencial de aguas subterráneas y la formulación del plan de abastecimiento rural de las zonas propuestas.

El flujo del Estudio se muestra en la Fig.1.1.

### 1.5.2 Equipo de Estudios

Los funcionarios de INAPA, la contraparte y los miembros del Equipo de Estudio de JICA son los siguientes:

#### INAPA

Ing.	Manuel De La Cruz	Director Ejecutivo
Ing.	Eduardo Estrella	ex - Director Ejecutivo
Ing.	Marco Rodríguez	Sub-director Ejecutivo
Ing.	Jaime Valerio	ex - Sub-director Ejecutivo
Ing.	Carlos Leal	Sub-director Técnico
Ing.	José Alberto Infante	Asistente del Director Ejecutivo
Ing.	Carlos Barrientos	Encargado de la Oficina de Desarrollo Institucional
Ing.	Juan García	Enc. Depto Ingeniería
Ing.	Mercedes Rodriguez	Enc. Laboratorio de Calidad
Ing.	Martina Reyes	Enc. de UNEPLAN

#### Contraparte de INAPA

Ing.	Ramón Polanco	Coordinación
Ing.	Héctor Darío Jiménez	Geología
Ing.	Pablo De La Mota	Hidrología
Ing.	Magaly Garavito	Hidrología
Ing.	José Manuel Quesada	Geofísica
Ing.	Isaías Villa	Geofísica
Ing.	Rosendo Ramírez	Geofísica
Ing.	Alexandra Oviedo	Geofísica
Ing.	Joselyn Rodríguez	Geofísica
Ing.	Angel Monegro	Sist. de Abastecimiento
Ing.	Cesarina Nivar Senra	Sist. de Abastecimiento
Ing.	Manuel Aybar	Sist. de Abastecimiento
Ing.	Ramón Francisco	Estimación de Costos

Ing.	José Antonio	Supervisión de Perforación
Sr.	César Sánchez	Perforación
Sr.	Pedro Sánchez	Perforación
Sr.	Basilio Pinares	Perforación
Sr.	José Ricardo Javier	Perforación
Sr.	Abraham Mercedes Bidó	Prueba de Bombeo
Sr.	Marcos Willy Morel	Prueba de Bombeo
Sr.	Julio Tejera Pérez	Prueba de Bombeo
Sr.	Daniel Félix Soriano	Prueba de Bombeo

Equipo de Estudios de JICA

Dr.	Masaichi Nakayama	Jefe de Equipo
Ing.	Koichi Shinoda	Hidrogeología
Ing.	Ikuro Inamori	Meteorología, Hidrología
Ing.	Naoyoshi Takahashi	Geofísica
Ing.	Yuichi Shiokawa	Geofísica
Sr.	Yasunori Yoshioka	Supervisión de Perforación
Ing.	Hiroataka Nishimoto	Supervisión de Perforación
Ing.	Katsuya Kamisato	Supervisión de Perforación
Ing.	Takashi Tamura	Supervisión de Perforación
Ing.	Masatoshi Tanaka	Supervisión de Perforación
Ing.	Akira Naotsuka	Planificación Abastecimiento
Ing.	Shinichi Matsunaga	Diseño, Estimación de Costos
Dr.	Masaru Obara	Socio-economía, Evaluación de Proyectos

**CAPITULO II**  
**ANTECEDENTES DEL PLAN**





## CAPITULO II

### ANTECEDENTES DEL PLAN

#### 2.1 Antecedentes Nacionales

##### 2.1.1 Generalidades

###### 1) Geografía

La isla de Hispaniola es la segunda isla en el tamaño de las Grandes Antillas, seguido después de la isla de Cuba. La República Dominicana ocupa los dos tercios de la isla, con una superficie de 48,442 km<sup>2</sup>. Por el Norte limita con el Océano Atlántico, por el sur con el Mar de Caribe, por el Este con el Paso de Mona que lo separa de la Isla de Puerto Rico y por el Oeste con la República de Haití.

El país está atravesado por 4 cadenas de montañas: la Cordillera Central, la cual corre en dirección NO - SE desde Haití atravesando la parte Central del territorio e incluye el punto más alto de las Antillas Pico Duarte (3,175 mts); la Cordillera Septentrional, la cual corre paralelamente a la Cordillera Central, separando el Valle del Cibao de la costa Atlántica; la Sierra de Neiba, la cual corre paralelamente al Sur de la Cordillera Central y que entre la cual se forma el Valle de San Juan; y la Sierra de Baoruco en la parte Sur de la República. Entre la Sierra de Neiba y la Sierra de Baoruco está el Lago de Enriquillo -la mayor de la República- formando la Cuenca del Enriquillo (Ver Fig. 2.1).

Según se muestra en la Fig. 2.2, el INDRHI dividió el territorio de la República Dominicana en 14 grandes cuencas hidrológicas. Las principales cuencas son las del Río Yaque del Norte, río Yaque del Sur, río Yuna, río Nizao, río Ozama y el río Artibonito. El Area del Estudio comprende parte de las cuencas del río Yaque del Norte, río Dajabón, río Artibonito y Lago Enriquillo.

La temperatura media del país es de 26 °C. Aunque las estaciones no están claramente distinguidas, generalmente la estación lluviosa comprende desde Mayo a Octubre y la estación seca desde Noviembre a Abril. Es bastante caluroso de Abril a Octubre y considerablemente frío de Noviembre a Marzo debido a las brisas provenientes del Océano Atlántico. Huracanes y ciclones tropicales atacan ocasionalmente el país en los períodos de lluvias. La precipitación anual varía grandemente;

existen zonas con precipitaciones mayores de 2,100 mm anuales, como las provincias de Sánchez Ramírez, Samaná y Monseñor Nouel y zonas con precipitaciones anuales menores de 700 mm en Monte Cristi.

## 2) Administración Política

La administración nacional del estado se conduce en la división típica de 3 poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial. El Poder Ejecutivo, consiste de la Presidencia de la República, 12 Secretarías de Estado y otras oficinas administrativas.

La Constitución del Estado otorga al Presidente una vasta autoridad, uno de los cuales es el nombramiento de los Secretarios de Estado, Gobernadores Provinciales, personal militar y otros funcionarios gubernamentales.

El país, al Febrero de 1986, estuvo dividido administrativamente en un Distrito Nacional, 29 Provincias, 136 Municipalidades y 648 secciones. El Censo de Población de 1981 encontró 41 ciudades (Santo Domingo, Capitales provinciales y otros centros urbanos con población mayor de 10,000 habitantes), 269 villas (cabeceras de distritos municipales y comunidades en más de 1,000 y menos de 10,000 habitantes) y de 432 aldeas (otros centros de concentración humana). Las ciudades, villas y aldeas representaron el 62% de la población total, siendo el restante, población dispersa.

Autoridades locales, tales como, síndicos o alcaldes y miembros del Consejo Municipal, son elegidos por el voto popular por un período de 4 años. El municipio ejerce poderes legislativos y administrativos dentro de su jurisdicción; sin embargo, un municipio generalmente tiene insuficiencia de recursos humanos y financieros, por lo que reciben subsidios del gobierno Central.

En 1981, El Gobierno Central dividió el país, en 3 regiones (Cibao, Sureste y Suroeste) y en 7 sub-regiones con el objetivo de mejorar el control administrativo y la planificación regional. De las 4 provincias incluídas en este Estudio, las provincias de Monte Cristi y Dajabón, pertenece a la Sub-región del Cibao Occidental. Las provincia de Elias Piña pertenece a la sub-región del Valle de San Juan y la provincia de Independencia a la Sub-región del Lago Enriquillo. Las dos últimas sub-regiones pertenecen a la Región del Suroeste.

## 2.1.2 Situación Social

### 1) Población

La población de la República Dominicana fué estimada para 1990 en 7,100,000 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 2.99% entre el Censo Nacional de 1970 y 1981. Durante este periodo intercensal, la población urbana creció 6 veces más rápido que el rural, abarcando el 52% de la población total en 1981. Este porcentaje fué estimado que creció hasta el 59% en 1990. Correspondientemente la población rural se estimó que decreció del 48% al 41% entre 1981 y 1991. Los datos del censo de población se muestra en la Tabla 2.1.

El rápido crecimiento de la población implica que la población se ha incrementado en las grandes ciudades, especialmente en Santo Domingo y Santiago, mientras que el área rural se está despoblando. La densidad total de la población fué de 146 personas/km<sup>2</sup> en 1990, estando concentrado ésta en el área surcentral del país, en donde se encuentran las grandes ciudades del país:

Santo Domingo	2,400,000 habitantes
Santiago	480,000 "
La Vega	190,000 "
San Francisco de Macorís	160,000 "
San Cristóbal	130,000 "

### 2) Situación de la Familia y Vivienda

En 1981, el Censo de la Población, presentó sus resultados dividido en 3 grupos: El Distrito Nacional, la Provincia de Santiago y el resto del país, como se muestra a continuación:

	D.N.	Santiago	Resto	Total
Población	27.6%	9.6%	62.8%	100%
Familias	29.0%	9.1%	61.9%	100%
Viviendas	29.0%	9.2%	61.8%	100%

Como se muestra en la tabla anterior y las Tablas 2.2 y 2.3, el Distrito Nacional concentra más de la cuarta parte de la población y viviendas del país. El promedio de miembros por familia fluctúa entre el 4.7 y 5.2, siendo alto en Santiago y el resto del país en comparación al Distrito Nacional. Aunque el tamaño de la familia en promedio del país es similar a la de otros países, el Censo ha registrado familias con 15 miembros o más y aproximadamente una familia en 5 tiene 8 miembros o más.

Las viviendas en el Distrito Nacional son relativamente más holgadas que en el resto del país. Por ejemplo, uno de cada 5 viviendas tiene 5 o más habitaciones en el Distrito Nacional, mientras que en el resto del país, esta proporción es solamente uno de cada 9 viviendas.

Viviendas con 2 y 3 habitaciones comprende más de la mitad en el Distrito Nacional y de 65% en el resto del país.

La Tabla 2.3 muestra la población servida con instalaciones y servicios básicos en las viviendas. El servicio de abastecimiento de agua dentro de la casa, representa el 30% del total de la población, 46% en el Distrito Nacional, 41% en Santiago y 22% en el resto del país. El abastecimiento de agua mediante piletas públicas localizadas a menos de 100 mts de la residencia representa el 27% de la población total, 32% en el Distrito Nacional, 19% en Santiago y 26% en el resto del país. La población sin servicio de abastecimiento de agua por acueductos representa el 43% de la población del país, 22% del Distrito Nacional y 40% de Santiago y 52% del resto del país. El servicio por inodoro prevalece sobre la letrina sólo en el Distrito Nacional, en una relación de 6 a 4, mientras que en el resto del país, la población que usan letrinas eran más del doble que el de inodoros.

La instalación de la cocina existían en el 86% de la población, del cual más de la mitad estaban dentro de las viviendas. En el resto del país, a excepción del Distrito Nacional y Santiago, la cocina fuera de la casa prevalecía en una relación de 2 a 1.

La población con acceso a la electricidad acumuló el 61% de la población total, pero era menos de la mitad en el resto del país (menos Santiago). En consecuencia, la electricidad era usada para cocinar por solamente 1% de la población en el Distrito Nacional, 0.4% en todo el país. El gas propano

prevaleció como combustible para cocinar en el Distrito Nacional, mientras que la leña y el carbón fué preferido en el resto del país.

### 3) Condición Sanitaria y Salud Pública

Las principales causas de muerte en la República Dominicana son por desórdenes intestinales, problemas gástricos, problemas cardíacos, enfermedades pulmonares y de sistemas circulatorios, y de complicaciones ocurridos durante el embarazo. La tasa de mortalidad es de 4.3 por mil, del cual el 30% son de infantes mayores de 4 años y el 23% de menos de un año, como se muestra en la Tabla 2.4.

El gobierno dominicano se está esforzando en erradicar los problemas ocurridos durante el embarazo (la causa más alta de mortalidad) y de enfermedades infantiles por medio de la protección materno-infantil, el mejoramiento de la sanidad pública y otros programas relacionados. Las principales causas de la mortalidad infantil se muestran en la Tabla 2.5.

El sistema médico que se estructura en 5 categorías como se indica abajo, se basa principalmente en el servicio gratuito otorgado por la Secretaría de Salud Pública y Bienestar Social (SESPAS).

- (1) Los hospitales públicos dentro de las jurisdicción del SESPAS, proveen un servicio gratuito
- (2) El Instituto Dominicano de Seguro Social provee un tratamiento médico en sus hospitales
- (3) Hospitales militares proveen servicios médicos para los militares, policías y sus familiares
- (4) Hospitales privados proveen servicios médicos para seguros médicos privados
- (5) Clínicas privadas proveen servicios médicos para personas que pueden asumir el costo de estos servicios.

El SESPAS ha promovido el servicio de salud y sanidad de la población desde 1971, clasificando el país en 8 unidades administrativas (0 a VII), para la provisión del tratamiento médico general y servicio gratuito médico para estratos de bajos ingresos en instalaciones de salud categorizados en 5 etapas.

### 2.1.3 Economía

#### 1) Estructura Económica

La República Dominicana es un país agrícola, donde los productos agrícolas abarca más de la mitad de la exportación y aproximadamente el 40% de la fuerza laboral está empleada en el sector primario. La población económicamente activa está definida como la población mayor de 10 años. El producto nacional bruto (PNB) per cápita fué de US\$790 en 1989, con un crecimiento anual de 2.2% durante la década del 80.

Como la exportación depende de algunos productos agrícolas (azúcar, café y cacao) y de productos mineros (ferroniquel), la inestabilidad del mercado internacional influye grandemente en la situación económica del país. Además, la estructura económica del país es altamente dependiente de la importación, lo cual lleva a una balanza comercial estructuralmente deficitaria, cubierta por inversiones foráneas y préstamos. La economía del país se basa altamente en sus relaciones comerciales con los Estados Unidos de América, con el cual contabilizaba el 67% de las exportaciones y el 40% de importaciones en 1986.

La participación de la agricultura en el PNB decreció de 22.6% en 1970 al 18.6% en 1985. Sin embargo, la agricultura todavía emplea aproximadamente el 40% de la fuerza laboral y comprende alrededor del 60% de la exportación. Además la caña de azúcar cubre aproximadamente el 40% del área agrícola, representando el azúcar, el 20% de la exportación. Los otros productos agrícolas tradicionales son el café, cacao y tabaco.

El sector manufacturero de la República Dominicana comprendió el 17.1% del PNB en 1986. El procesamiento de comestibles, excluyendo bebidas y azúcar, representaron el 45% de la producción industrial en 1985. Metales y textiles son también importantes productos industriales. Otros productos son manufacturados por la industria ligera para el mercado local.

#### 2) Desarrollos Recientes

Después del ataque del huracán en 1979, la economía de la República Dominicana experimentó una tasa de crecimiento relativamente alta. La tasa de crecimiento estimado del PNB era de 3.4% por año entre 1980 y 1983, permaneciendo estacionario entre 1983 y 1986, período durante el cual fué implementado un programa de ajuste bajo la supervisión del FMI; recobrándose fuertemente en 1987 con 7.9% de crecimiento por el masivo

incremento de la inversión pública, estancándose el crecimiento en 1988 y creciendo en un 4.1% en 1989 (Ver Tabla 2.6). En 1990, el PNB decreció en 5.9% y la economía general se deterioró, pero se recobró significativamente en 1991.

La composición del PNB muestra que la participación del sector primario decreció del 20% en 1980 al 18% en 1988, mientras que el sector secundario se incrementó del 28% al 29% y el sector terciario del 52% al 53% durante el mismo período. Sin embargo, el sector primario era el más importante sector en términos de empleo, con un estimado del 46% de la fuerza laboral empleado en actividades agrícolas en 1980, seguido de 39% de la fuerza laboral ocupado en servicios y 15% en actividades manufactureras.

El estancamiento económico a mediados del 80 causó un salto en el desempleo abierto, estimándose que en 1986 era el 27%, 19% en 1987 y 17% en 1989. Similarmente, la inflación se aceleró después de permanecer moderado durante los primeros años de la década del 80, llegando al 44.4% en 1988 y 45.4% en 1989. La alta tasa de inflación causó una baja estimada del 25% en el salario real entre el 1980 y 1989.

La balanza de pagos (Ver tabla 2.7) muestra un incremento del déficit de la balanza comercial de US\$ 558 millones en 1980 a US\$ 753 millones en 1989. El déficit de la balanza comercial no puede ser compensado por el ingreso de capital de corto y largo término. Se observa por otra parte un gran incremento de remesas de dominicanos que trabajan en el extranjero, de US\$ 183 millones en 1980 al US\$ 315 millones en 1989.

Como consecuencia de problemas económicos en la segunda mitad de la década del 80 se produjo la acumulación de la deuda externa. El estimado de la deuda externa del país en 1989 era alrededor del US\$ 4,000 millones, equivalente a aproximadamente 60% del PNB, y el servicio de la deuda externa se estimaba en 29% de los valores de exportación.

Para reactivar la economía del país, el gobierno comenzó a tomar una serie de medidas políticas en la segunda mitad de 1990 y un acuerdo de stand-by fue firmado con el FMI en junio de 1991. El acuerdo hace posible obtener fondos para la implementación de políticas económicas y de contingencias financieras. Estas medidas, conjuntamente con el reforzamiento de las finanzas públicas y la reprogramación de la deuda externa, parece que ha sido efectivo para controlar la inflación y estabilizar la economía del país.

## 2.1.4 Plan de Desarrollo Nacional y el Sector de Abastecimiento de Aguas

### 1) Objetivos de Desarrollo

Los objetivos del gobierno dominicano son los siguientes:

- (1) Concentrar las acciones gubernamentales en el desarrollo de áreas potencialmente altas en la base de la recolocación de las finanzas públicas y promoviendo los incentivos a los inversionistas privados.
- (2) Eliminar las disparidades económicas y sociales inter-regionales por medio del mejoramiento de la calidad de vida de los grupos marginados, tomando acciones simultáneas en los frentes sociales y económicos.
- (3) Promover el turismo, desarrollando centros alrededor de atracciones elegidas en ubicaciones estratégicas a lo largo del país.
- (4) Rehabilitar la infraestructura económica y social.

De acuerdo con los objetivos arriba mencionados y el artículo 7 de la Constitución, el gobierno dominicano ha formulado un plan de desarrollo integrado para 7 provincias occidentales en 1987, incluyendo el abastecimiento de aguas como una componente.

### 2) Objetivos del Abastecimiento de Aguas

Los objetivos específicos para el abastecimiento de aguas, enmarcado dentro de los lineamientos generales de la Década Internacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de las Naciones Unidas, era el de proveer el agua segura para el 85% de la población urbana y el 80% de la población rural en 1990. El gobierno dominicano, usando sus propios fondos, ha completado prácticamente el objetivo de abastecimiento de aguas en áreas urbanas durante la década del 80.

En términos de política, el abastecimiento de aguas y el saneamiento tiene acordado una alta prioridad a nivel nacional, considerando que éste es un elemento esencial para el desarrollo socioeconómico del país. En consecuencia, la política gubernamental es proteger y preservar los recursos de aguas y de obtener suficientes recursos financieros para la utilización racional del agua.

La alta prioridad del abastecimiento del agua está dada a las comunidades sin el servicio de abastecimiento de aguas ó con servicios insatisfactorios en áreas rurales y áreas marginales urbanas. La eficiencia en la inversión tiene que ser maximizada en los trabajos de abastecimiento de aguas; esta es, lograr la más amplia cobertura posible con un nivel dado de inversión. Por otra parte, la participación pública es promovida, a fin de obtener de la población, especialmente mujeres, la participación en las soluciones de sus problemas de abastecimiento de aguas y saneamiento.

### 3) Estrategia de Abastecimiento de Aguas

La estrategia de desarrollo del abastecimiento de aguas se basa en soluciones de bajo costo, dando preferencia al agua subterránea y asumiendo un mejoramiento "paso a paso" en el nivel del servicio, de las bombas manuales a molinos de viento y conexiones domiciliarias. La calidad del agua abastecida debe ser mejorada, la capacidad personal debe ser reforzada en todo nivel, así como el incremento de la eficiencia de la operación. El ingreso debe ser maximizada aplicando la tarifa de agua basada en el costo y los gastos se deben minimizar, así como eliminar la necesidad de subsidios. Finalmente, se debe dar un uso selectivo a la cooperación técnica y financiera ofrecida por organismos bilaterales y multilaterales.

El sector de abastecimiento de agua y saneamiento ha recibido la asistencia técnica y financiera de diversas organizaciones bilaterales y multilaterales, tales como el BID, USAID y GTZ. En particular, el BID ha financiado los sistemas de abastecimiento de aguas para comunidades rurales concentradas incluidos en los proyectos PLANAR I, II y III. Organizaciones bilaterales tales como el USAID y el CIDA, y un número de organizaciones no gubernamentales (NGO), proveen asistencia para el abastecimiento de aguas en comunidades rurales dispersas. En el otro lado, una asistencia técnica es provista para instituciones de abastecimiento de aguas por la OMS/OPS de las Naciones Unidas.

## 2.1.5 Condición Actual de Abastecimiento de Aguas

### 1) Instituciones Encargadas del Servicio de Aguas

#### (1) Instituciones gubernamentales

El desarrollo y abastecimiento de agua potable en la República Dominicana la realizan las siguientes 5 instituciones gubernamentales:

Nombre	Responsabilidades
Secretaría de Salud Pública y Asistencia Social (SESPAS)	Supervisión y orientación de las obras de abastecimiento por INAPA, CAASD, CORAASAN y otros
Instituto Nacional de Desarrollo de Recursos Hídricos (INDRHI)	Implementación de desarrollo de recursos hídricos y proyectos especiales de abastecimiento
Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA)	Desarrollo de abastecimiento de aguas y alcantarillados en todo el país, a excepción de Santo Domingo y Santiago
Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD)	Desarrollo de abastecimiento de aguas y alcantarillados de Santo Domingo
Corporación de Aguas y Alcantarillados de Santiago (CORAASAN)	Desarrollo de abastecimiento de aguas y alcantarillados de Santiago

Las Tablas 2.8 y 2.9 muestran los presupuestos de las 3 principales instituciones de abastecimiento de aguas para 1989. De esto puede verse que INAPA y CAASD tiene similares presupuestos, ambos en términos de ingresos y gastos. Por otro lado, CORASAAN tiene un presupuesto total de cerca de 10% de INAPA y CAASD. Ingreso de venta de mercaderías y servicios era bueno para CORAASAN, representando la mitad de INAPA y un tercio de CAASD. Los gastos de construcción fué cerca de 60 veces más alto para CAASD e INAPA que para CORAASAN.

Para los propósitos de abastecimiento de aguas en la República Dominicana en 1990, el 63% de la población total estaba bajo la jurisdicción de INAPA, mientras que el 37% de la población total estaba bajo la jurisdicción del CAASD y CORAASAN. Como puede verse en el cuadro de abajo, 60% de la población urbana estaba bajo la jurisdicción de CAASD y CORAASAN; pero la población rural estaba bajo la jurisdicción de INAPA.

	Población Total (1,000)	Población Urbana (1,000)	Población Rural (1,000)
República Dominicana	7,170 (100.0)	4,205 (100.0)	2,965 (100.0)
CAASD y CORAASAN	2,646 (37.0)	2,527 (60.0)	149 (37.0)
INAPA	4,494 (63.0)	1,678 (40.0)	2,816 (95.0)

## (2) Organizaciones No Gubernamentales (ONG)

Las ONG relevantes para el servicio de abastecimiento de aguas son dos: el Servicio de Iglesias Dominicanas (SSID) y la Fundación para el Desarrollo Comunal (FUDECO).

### a) El Servicio Social de Iglesias Dominicanas (SSID)

El SSID preparó un plan quinquenal de abastecimiento de aguas y saneamiento (1990-1994) para la región noroccidental del país, estableciendo las siguientes metas.

- (a) Construcción de 80 tanques de almacenamiento de aguas por año, con una capacidad de 1,000 galones cada uno, la cual beneficiará a un total de 25,500 pobladores
- (b) Construcción de 100 letrinas por año
- (c) Expansión de los servicios de abastecimiento de aguas y saneamiento a 14 comunidades adicionales
- (d) Rehabilitación de 50 sistemas de abastecimiento de aguas
- (e) Construcción de 50 pozos con bombas manuales
- (f) Perforación de 50 pozos
- (g) Programas educativos y organización de comités de aguas

El SSID realiza su actividad en áreas con sistemas de abastecimiento de aguas críticos y con problemas sanitarios; y en donde los residentes de las comunidades demuestran fuerte interés en participar en las soluciones de sus problemas.

### b) Fundación para el Desarrollo Comunal (FUDECO)

Inició sus actividades en Loma de Cabrera en 1976 bajo los auspicios de la Fundación Americana para la Salvación de la Niñez, siendo actualmente una organización dominicana totalmente independiente en virtud de la Ley 520 de 1979. Actualmente, FUDECO es activo en aproximadamente 120

comunidades fronterizas, con un estimado de 50,000 beneficiarios, operando desde las oficinas principales de Santo Domingo y dos oficinas descentralizadas en Loma de Cabrera y Las Matas de Farfán.

FUDECO provee asistencia en variados aspectos, desde las técnicas agrícolas, salud, agroindustria, reforestación, a la construcción de viviendas y escuelas. FUDECO enfatiza sobre el uso de la tecnología apropiada y materiales locales.

Con asistencia alemana, FUDECO construyó los sistemas de abastecimiento de aguas rurales, las cuales no requieren electricidad para captación y conducción del agua. FUDECO, también ha implementado programas para reducir la mortalidad infantil y minimizar la incidencia de la diarrea, enfermedades respiratorias y la malnutrición, promoviendo la vacunación infantil así como la planificación de la familia.

## 2) INAPA

### (1) La Organización de INAPA

El Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) fué establecido mediante la ley 5994 del 30 de Julio de 1962, el cual fué modificado en diferentes oportunidades, através de los años. INAPA es una institución autónoma con jurisdicción a nivel nacional sobre el sector salud, dotado de personería jurídica, sus propios recursos y completamente autorizado para negociar contratos y obligaciones.

La máxima autoridad de INAPA es el Consejo de Administración, compuesto de 5 miembros: el Sub-Secretario de Salud Pública y Asistencia Social como el presidente del Consejo, el sub-secretario de Obras Públicas, el Vice-gobernador del Banco Central, el Sub-secretario de la Oficina Nacional de Planificación y el Director Ejecutivo de INAPA quien es nombrado por el Presidente de la República. El Director Ejecutivo y el Sub-director Ejecutivo supervisa los actividades de 3 sub directores a cargo de materias técnicas, operativas y administrativas.

El Sub-director Técnico tiene jurisdicción sobre el Departamento de Ingeniería, el cual incluye la División de Proyectos y sobre el Departamento de Hidrología, el cual incluye la división Molinos de Vientos.

El Sub-director de Operaciones es responsable de los Departamentos de Operaciones, de Electromecánica y de abastecimiento de aguas rurales, para el cual, el país está dividido en 8 zonas. Los sistemas de

abastecimiento de Dajabón, Loma de Cabrera, Monte Cristi y Guayubín están en la Zona I, mientras que el sistema de Elías Piña está en la zona II y los sistemas de Duvergé y Jimaní en la zona VIII. Las responsabilidades del Sub-director de Administración incluye el Departamento de Servicios Generales que incluye transportes y talleres, y el Departamento de Finanzas, el cual está a cargo de presupuesto y contabilidad. Dependen directamente del Director Ejecutivo y del Sub-director Ejecutivo el Departamento Comercial, que se responsabiliza de medición, facturación, cobranza y servicios al usuario.

El INAPA tenía 2,214 empleados en 1990 y presupuestados 2,342 para 1992. La información de estos empleados están incompletos y desactualizados, haciendo difícil evaluar los recursos humanos de INAPA. El personal calificado es escaso, especialmente entre los rangos medios y bajos. La falta de un sistema de manejo del personal y bajos salarios que prevalece en INAPA induce a que su personal busquen mejores condiciones de trabajo en el sector privado.

INAPA es responsable de la dirección y supervisión de toda materia concerniente al adecuado abastecimiento del agua potable, el tratamiento de aguas servidas, la asignación de prioridades en el abastecimiento de aguas, alcantarillados cloacales y pluviales, a la operación y mantenimiento de instalaciones existentes y a la conservación y la utilización racional de todas las aguas de dominio público.

## (2) Servicio de abastecimiento de aguas de INAPA

INAPA operaba en 1990, las siguientes instalaciones:

311	sistemas de abastecimiento de aguas
228	molinos de viento
20	sistemas urbanos de alcantarillados
4	sistemas rurales de alcantarillados
2	sistemas de alcantarillados de áreas turísticas

El sistema de abastecimiento de agua potable depende mucho de las bombas (66%) en comparación con el método por gravedad (32%) y el sistema mixto (2%).

Alrededor de 30% de las instalaciones de abastecimiento fueron equipadas con planta de purificación con sistema de filtración rápido y lento. Entre las 338,692 conexiones domiciliarias bajo jurisdicción de INAPA en 1990, sólo

58,888 (17%) contaban con medidor, de los cuales sólo el 54% se estimaba que estuvo en condición de funcionamiento.

La calidad de agua potable abastecida fue inadecuada y la aplicación del control sanitario en los sistemas de abastecimiento fué tan sólo del 25%.

El resultado de control sanitario demuestra que, con poca excepción, la norma de calidad no estaba cumplida (ver la Tabla 2.10). Una de las razones de la calidad deficiente radica en el escaso equipo y poco número de personal en los laboratorios que se encuentra solamente en Santo Domingo y Puerto Plata. Esto dificulta tanto la llegada oportuna de las muestras de agua como la realimentación deseable desde el laboratorio para que se pueda tomar acciones correctivas en el nivel local.

Finalmente se estima que un 48% de agua potable producida fue pérdida debido a la pérdida en las tuberías de distribución, conexión ilegal y otras pérdidas.

A pesar de todas las dificultades arriba mencionadas, es un hecho de que el 63% de la población total del país depende de INAPA en el abastecimiento de agua potable. La población bajo jurisdicción de INAPA es el 95% de la población rural y el 40% de la urbana. Como se muestra en la Tabla 2.11, de la población bajo jurisdicción de INAPA en 1990, el 55% tenía servicio de abastecimiento de agua potable, lo cual se descompone en el 80% de la población urbana y el 40% de la población rural. Sin embargo, las personas con conexión domiciliaria de agua potable comprendía mucho menos que 30%, cuyo detalle consistía en el 56% de la población urbana y el 14% de la rural. Lo más importante es que la población sin servicio de agua potable asciende a 45% de la población total, comprendiendo el 20% de la población urbana y el 60% de la rural. Excluyendo las áreas de servicio con bombas manuales y molinos de viento, INAPA recauda tarifas de abastecimiento de agua potable a través de las conexiones domiciliarias.

El sistema de tarifa varía según servicio con o sin medidor, área urbana o rural, además del número de grifos que se dispone. Las tarifas de servicio de agua potable en el área urbana están clasificadas en; residencial, comercial, industrial y uso especial. El rango mensual de tarifa de INAPA para el uso doméstico oscila entre RD\$ 6.80 y RD\$ 39.00, dependiendo del número de grifos. Los ejecutivos de INAPA comprenden que estos precios están bajos, y piensan introducir sistema de tarifa basado en el costo. Las tarifas aplicadas por INAPA se muestran en la Tabla 2.12.

Los servicios de INAPA en áreas urbanas están clasificados en seis categorías dependiendo de la magnitud de población, que define a su vez la cantidad de agua potable a abastecer per capita por día, como se observa en la Tabla 2.13. Asimismo, el servicio de agua potable para áreas rurales está clasificado en tres categorías como se observa en la Tabla 2.14.

### (3) Situación Financiera de INAPA

La cuenta de resultados y el balance general de INAPA en 1988 y 1989 están en las Tablas 2.15 y 2.16 respectivamente. No obstante, el análisis financiero en forma generalmente aceptado de dichos datos no sirven mucho para evaluar las ventajas y desventajas, debido a su alto nivel de subvenciones, lo cual obliga a frenar el ingreso de operación que sólo cubre aproximadamente la mitad de los costos de operación y mantenimiento. Esta realidad es bien considerado por los nuevos ejecutivos de INAPA, quienes estudian todas las posibilidades para mejorar la situación.

La inversión de INAPA en el período de 1981 a 1990 asciende a RD\$458.2 millones (US\$478.9 millones) y viene en su mayor parte del fondo nacional asignado por el presupuesto del gobierno central. Asimismo, la deuda exterior fué también cubierta por el fondo del gobierno central. Debe considerar que las inversiones de INAPA no dejan ver su imagen completa, ya que una porción significativa de las inversiones en el abastecimiento de agua potable fué encargada por la Oficina de Coordinación y Supervisión de Obras Gubernamentales, una organización que depende directamente del Presidente de la República, y por el Ministerio de Obras Públicas.

Por otra parte, las inversiones de INAPA con fondos exteriores durante el período de 1981 a 1990 ascienden a US\$8.1 millones que fueron proporcionadas por BID para el Proyecto PLANAR III. Las donaciones sobre equipos, cooperación y formación técnica, efectuadas principalmente por BID, GTZ, OMS/OPS, OEA y CIDA ascienden a US\$810,000. Se reconoce que las tarifas de agua potable están muy por debajo de cubrir el costo de operación, sin tomar en cuenta el costo de capital, por el cual INAPA incurre en alto déficit financiero. Esto requiere un subsidio del Gobierno Central para la nómina, electricidad, inversión de capital, deuda y pago para los préstamos nacionales y extranjeros.

### (4) Plan de INAPA

La proyección del reciente nivel de inversión, tecnología y norma de servicio motiva una estimación de cobertura de 65% en abastecimiento de agua

potable y 20% en alcantarillado para el año 2000. Esta cobertura se ha considerado como inaceptablemente bajo. Teniendo en consideración esta situación, INAPA formuló recientemente planes alternativas a fin de incrementar la cobertura hasta el año 2000.

#### **Plan Alternativo 1**

Este plan requiere una inversión de US\$405 millones, equivalente al triple de la inversión promedio del período 1986 - 1990. La meta es abastecer agua potable al 100% de la población urbana y al 80% de la población rural, además de suministrar sistema de alcantarillados en un 50% de la población urbana.

#### **Plan Alternativo 2**

Este plan requiere una inversión de US\$489 millones, equivalente a 4.8 veces de la inversión promedio en el período 1986 - 1990. La meta es abastecer agua potable al 100% de la población bajo la jurisdicción de INAPA, además de suministrar sistema de alcantarillados en el 60% de la población urbana. Los detalles de los planes alternativos están en la Tabla 2.17, 2.18 y 2.19.

## **2.2 Antecedentes Regionales**

### **2.2.1 Area del Estudio**

Las 4 provincias incluídas en el Area del Estudio son Monte Cristi, Dajabón, Elías Piña e Independencia. Estas provincias ocupan el 13.4% de la superficie y 4.4% de la población total de país según el Censo de Población realizado en 1981. En la Tabla 2.20, se muestran algunos indicadores socioeconómicos del Area del Estudio.

Las 4 provincias occidentales comprenden 21 municipalidades indicadas en la Tabla 2.21. Los presupuestos de estas municipalidades se muestran en la Tabla 2.22, donde se muestra sus limitados recursos financieros.

### **2.2.2 Actividades Económicas**

Estas provincias dependen mayormente de la agricultura. El arroz y la caña de azúcar se producen generalmente en la zona baja a lo largo de grandes ríos, tales como el área sur de Elías Piña que se sitúa al oeste de la valle San Juan, Monte Cristi y Dajabón del valle occidental de Cibao. La zona montañosa, por otra parte, esta más implicada en la producción de yuca, maíz, habichuela y ganadería. El Censo Agrícola de 1981 sólo publicó datos de las granjas mayores de 12.5 hás. La utilización de tierras y tipo de

cultivos por provincia y total del país se muestra en las Tablas 2.23, 2.24 y 2.25. Se puede ver que, tanto el área cultivada como la producción, la suma de las 4 provincias no alcanza al 10% de los valores del país registrados en 1981.

Se observan que los canales de irrigación está muy extendido en los lugares de topografía plana y de suelo adecuado.

Si bien los datos actuales de agricultura y de otras actividades económicas por provincia no fueron disponibles, a continuación se describen las impresiones recibidas a través del recorrido en el campo por las 4 provincias:

#### 1) Provincia de Dajabón

En el sur, se observaron actividades agro-silviculturales con una combinación de piña y grandúl, y café debajo de árboles de hojas anchas. El cultivo de maní es uno de los medios más importantes para obtener el dinero en efectivo, por lo que se observaron de vez en cuando camiones con gran carga de maní con cáscara. De la venta de maníes procesados en pequeñas bolsas y dulces de leche que se venden a lo largo de la carretera, se puede inferir la existencia de industrias artesanales en el sur. Hacia el este y norte de la provincia, los ranchos de ganados parecen predominantes, aunque las praderas en la topografía montañosa estaban subexplotadas. Se supone que la producción de la leche es abundante, ya que se observaron muchos niños y niñas cargando un de recipientes de leche a caballo o a bicicleta. El cultivo de tabaco se observó en la zona.

#### 2) Provincia de Monte Cristi

Esta provincia parece que está evaluando en una próspera área de agricultura basada en cultivos con irrigación, excepto la seca faja del norte. Es una zona tradicional en producción de tabaco, y se puede observar cobertizos para secar hojas de tabaco en cualquier lugar de la provincia. Además de los tradicionales productos de arroz y tabaco, están introduciendo nuevos cultivos. Se ven cultivos de cebolla y melón en gran extensión en la zona plana con irrigación. Las tierras que se dedicaban tradicionalmente al cultivo de algodón se están utilizando para la producción del tomate. De todo esto, se puede suponer que los agricultores de la zona se orientan mucho hacia el mercado y son sensibles en el cambio de condiciones del mercado. Existe una enorme plantación de magüey,

completada con una planta de procesamiento a fin de elaborar hojas de magüey para exportar aditivos de productos cosméticos.

### 3) Provincia de Elías Piña

Se encuentran en todas partes campos de arroz y parece que están bien administrados, contando con irrigación y mecanización, con estructuras para control de agua. De acuerdo con la información local, el arroz se cosecha dos veces al año en la zona. Se observa muy comúnmente terrenos de cultivo de maní a lo largo de la carretera. Otros cultivos importantes de la zona son habichuelas, grandúles, cebollas, guineos y platanos. El cultivo de yuca se observa en todos los lugares, lo que indica que es un producto importante para el consumo.

### 4) Provincia de Independencia

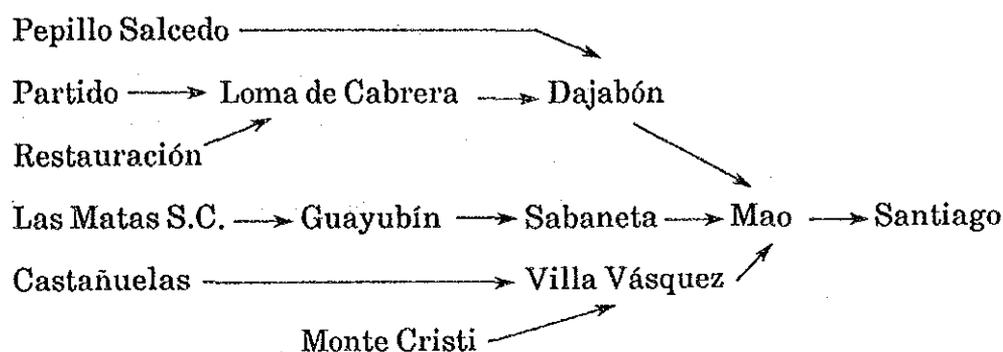
Se puede observar una gran expansión de tierra seca intermezclada con valles fértiles y lozanos. Los valles están cultivados de grandes plantaciones de palma, plátanos y guineos. A lo largo de la carretera principal, existen numerosas tiendas de venta de plátanos y guineos. En la zona plana, se vé que el cultivo mecanizado de melón y pepino se está volviendo más importantes.

### 2.2.3 Población

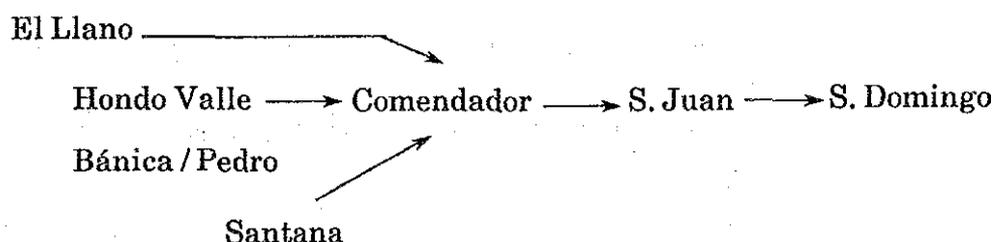
La población del Area del Estudio representa sólo el 4.4% de la población nacional y la densidad es de sólo 36 habitantes por Km<sup>2</sup> que corresponde a un 31% de la densidad media nacional. La población rural compone el 65% de la población del Area del Estudio. Los principales parámetros demográficos se muestra en la Tabla 2.26.

El estudio efectuado por ONAPLAN en 1983, indica una alta tasa de emigración de la población del área, especialmente hacia Santiago y Santo Domingo. Este fenómeno se presenta gradualmente, comenzando con la emigración hacia las pequeñas ciudades regionales, luego a las medianas ciudades regionales, y finalmente hacia grandes ciudades.

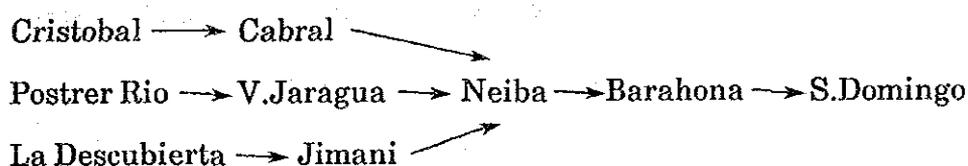
1) Región del Cibao (Monte Cristi y Dajabón)



2) Sub-región del Valle de San Juan (Eliás Piña)



3) Sub-región del Lago Enriquillo (Independencia)



Las 4 provincias occidentales tienen 21 municipalidades con una población total de 235,602 habitantes (Censo del 1981); 100 localidades con población mayor de 400 habitantes, 152 localidades con población entre 200 a 400 habitantes y 418 localidades con población menor a 200 habitantes. El 50% de la población rural está concentrada en las 100 localidades mayores de 400 habitantes; el 25% habita en las 152 localidades de la población de 200 a 400 (ver la Tabla 2.27). El número medio de personas componentes de cada familia en el área es de 4.5, lo cual indica 0.5 persona menos que la media nacional.

## 2.2.4 Servicio de Abastecimiento de Agua

### 1) Condiciones Generales

El Area del Estudio tiene una rica variación topográfica desde zonas de 40 m por de bajo del nivel del mar hasta las mesetas montañosas de más de 2,000 m sobre el nivel del mar. Por consiguiente, existen gran diferencia regional no sólo en las condiciones hidrológicas y meteorológicas sino también en las condiciones socioeconómicas, la distribución de población así como en la accesibilidad, además del tipo y estructura industrial. De acuerdo a estas variadas condiciones físicas y socioeconómicas, el nivel de abastecimiento de agua para los habitantes del área también presenta una gran diferencia regional. Las condiciones generales del servicio de abastecimiento de agua en las 4 provincias se presentan en la Tabla 2.28 y la Figura 2.4, y se describen como sigue:

#### (1) Provincia de Monte Cristi

a) Existen pozos con bombas manuales y molinos de viento en las principales poblaciones de la zona montañosa occidental. No obstante, a causa de que sus aguas subterráneas no son adecuadas para beber debido a su alta salinidad, sólo se aprovechan para usos varios. El agua para consumo humano directo en esta zona se obtiene de los camiones cisternas, además de los depósitos de las aguas pluviales de los habitantes de la zona. La fuente de agua para la cuenca media del Yaque del Norte son los afluentes de los ríos de Yaque del Norte, Guayubín y La Cana. Las aguas de los ríos son purificadas en planta de purificación de agua del sistema de abastecimiento. Sin embargo, una parte de los pueblos cuenta con pozos de bombas manuales.

La fuente de agua para la zona este de la margen izquierda del río Yaque del Norte son los ríos de Guayubín, Inaja y Cana. Las aguas superficiales son purificadas en la planta de purificación del sistema de abastecimiento de agua. La cuenca baja, por otra parte, se abastece de agua mediante pozos con bombas manuales o de las aguas de los canales cercanos de irrigación. Sin embargo, las aguas subterráneas usadas en los pueblos fronterizos con la provincia de Dajabón no son aptas para consumo humano directo por su alta salinidad. La zona de Pepillo Salcedo utiliza el agua del Lago Salcedo, como fuente de el servicio de agua potable.

#### (2) Provincia de Dajabón

a) La zona de la ciudad de Dajabón y sus alrededores se abastecen de agua potable mediante un moderno sistema de abastecimiento de agua, cuya fuente es el río Dajabón.

b) Los grandes centros urbanos y rurales localizados en las montañas y planicies de la zona central y sur de la provincia tienen buena calidad de servicio de agua mediante sistema de abastecimiento con fuentes en los ríos de Maguaca, Capotillo y Neita.

### (3) Provincia de Elías Piña

a) El área de la ciudad de Comendador obtiene agua mediante un sistema de abastecimiento con fuente en el canal de Las Carreras. Se utilizan también bombas manuales.

b) La zona de Pedro Santana, localizada en el noroeste de la provincia, tiene sistema de abastecimiento de agua que bombea el agua superficial del río Artibonito. En las zonas de Sabana Cruz y Higuerito, cerca del área de Pedro Santana, el sistema de abastecimiento de aguas subterráneas es proporcionado a través de conexiones domiciliarias.

### (4) Provincia de Independencia

a) Existe 8 sistemas de abastecimiento de agua con conexión domiciliaria en la zona norte del lago Enriquillo. Las fuentes son manantiales de agua abundante en el abanico aluvial formado al sur de las montañas de Neiba. Se obtienen aguas directamente de los manantiales o de los ríos por donde el agua del manantial afluye.

b) El zona sur del lago Enriquillo utilizan abundantes aguas subterráneas o aguas de manantiales para abastecer los seis sistemas. En la parte oeste de la zona sur del lago, el agua es abastecida por el sistema Jimaní con fuente en el canal Jimaní. No obstante, el agua del canal ha empeorado su turbidez en estos últimos años, obligando a un aumento en el costo de purificación.

## 2) Cobertura de Servicio de Abastecimiento de Agua

Se estima que la cobertura de servicio en las 4 provincias occidentales es de aproximadamente el 43%, excluyendo la población que utiliza pozos con bombas manuales y molinos de viento (ver la Tabla 2.29).

### 2.2.5 Necesidad del Servicio de Abastecimiento

Aunque la zona del estudio esta dotada de grandes recursos hídricos, existen obstáculos a causa de diversos condicionamientos topográficos y geográficos. El aprovechamiento de agua para uso doméstico, especialmente para los 800 pueblos rurales, y la infraestructura social están atrazados.

Como se ha indicado anteriormente, el servicio sistemático de agua para el área proporcionado por INAPA, se ha llevado a cabo a lo largo de las carreteras principales de acceso fácil. Por otro lado, en los pueblos interiores de acceso difícil, el hecho de que es difícil obtener agua durante épocas secas agrava la tendencia de despoblación, provocando la emigración hacia áreas urbanas. Por esta situación, brindar el servicio de abastecimiento estable de aguas seguras satisfecerá la antigua y fuerte demanda de los pobladores, y contribuirá a estabilizar y mejorar la condición de vida de los mismos.

Las enfermedades gastrointestinales y disentería en las 4 provincias se muestran en la Tabla 2.30. Además, el abastecimiento de agua contribuirá a prevenir tanto la emigración hacia áreas urbanas como la desintegración de los pueblos rurales. Si se aseguran los efectos favorables, activará la producción regional, y prevendrá la concentración de la población en las ciudades. Por estas razones, el abastecimiento de agua para uso doméstico en esta área es de suma importancia desde el punto de vista de desarrollo regional y nacional.



## **CHAPTER III**

### **EL AREA DEL PROYECTO**





## CAPITULO III

### EL AREA DEL PROYECTO

#### 3.1 Topografía y Geología

##### 3.1.1 Area del Proyecto

El Area está situada entre el 71°00' y el 71°45' de longitud Oeste y entre el 20°00' y el 18°15' de latitud Norte. El Area se extiende del norte al sur con 200 km de longitud, siendo 70 km la parte más ancha y 20 km la más estrecha con una superficie de 6,527 km<sup>2</sup>.

##### 3.1.2 Sensores Remotos

La investigación geológica y morfológica de este área fué realizado usando datos disponibles de sensores remotos tales como la imagen de satélites y aerofotografía.

La topografía, condición de uso del terreno y condición de cubierta vegetal fueron también estudiados. Los datos coleccionados para este estudio son los abajo listados.

###### 1) Datos Recolectados

###### (1) Imagenes de LANDSAT

LANDSAT TM-5 (datos digitales) fué empleado para análisis de imagen por computador.

La situación es la siguiente:

Trayectoria 008 y pasadas de 046 a 047. Fecha: 6 de octubre, 1987.

###### (2) Aerofotografías

Las fotografías pancromáticas (325 piezas) tomadas por el Instituto Geográfico Universitario (IGU) de la UASD fueron utilizadas para el Estudio.

###### (3) Mapas Topográficos

Los mapas de referencia de escala 1:100,000 usados para el Estudio fueron recopilados de las 31 hojas de escala 1:50,000 publicados por IGU.

###### 2) Interpretación de Imágenes de Satélite y Aerofotografías

Mediante imágenes de LANDSAT y aerofotografías, los elementos abajo listados fueron interpretados principalmente desde el punto de vista de la fotogeológica.

Tipo de Imagen	Método	Elementos de Fotointerpretación
LANDSAT (falso color)	Observación monoscópica	Topografías principales, Relieve, Topografía estructural, Sistema de crestas, Forma de crestas, Patrón de drenaje, Densidad de drenaje, Textura fotográfica, Tono de color fotográfico, Lineamiento fotográfico.
Aerofotografías	Observación estereoscópica	Microrrelieve, Textura fotográfica, Tono fotográfico, Lineamiento fotográfico, Patrón de drenaje, Densidad de drenaje, Cuesta, Pedimento, Pediplan, Topografía kárstica, Abanico, Talud, Terraza, Arrecife de coral, Superficie de erosión, Deslizamiento de tierras, Planicie, Cuenca, Planicie de inundación, Pantano, Lago, Falla, Estructura anticlinal y sinclinal, Escarpa, Cubierta de vegetación(distribución y densidad), Bosque, Pradera, Tierra descubierta, Sabana, Desierto, Plantación, Tierra cultivada, Carreteras principales, Area construida.

### 3) Análisis de Imagen de Datos de LANDSAT-TM por Computador

Los datos de LANDSAT-TM se obtienen en forma de CCT (cinta compatible de computador), los cuales van a ser procesados por el sistema de análisis digital para producir imágenes deseables.

### 4) Imagen de Falso Color

Imagen de clasificación de cobertura del suelo e imagen de clasificación de contenido de agua se prepararon para este Estudio, además de la imagen de componentes principales.

Después de la corrección geométrica se realizó la preparación de imagen de falso color que es la síntesis de color de tres bandas (banda 2, 3 y 4) seleccionada de las siete bandas de datos de TM.

La imagen principal de componentes a la escala de 1: 100,000 fué preparado mediante la técnica de énfasis de borde para aclarar los límites de uso del suelo, geología, topografía, y otros.

Las tres clases de imágenes se muestran en Fig. 3.1 a 3.3.

### 3.1.3 Topografía

#### 1) Topografía General

La región oeste de la República Dominicana, que corresponde al Area del Proyecto, es formado de cadenas de montañas que se extienden del noroeste al sureste, y de colinas y llanuras entremezclados alternada y sistemáticamente. Desde el norte, estas montañas y llanos se clasifican en siete siguientes regiones geomórficas:

① Cordillera Septentrional, ② Llano de Yaque del Norte, ③ Cordillera Central, ④ Valle de San Juan, ⑤ Sierra de Neiba, ⑥ Cuenca de Enriquillo y ⑦ Sierra de Baoruco.

La Cordillera Septentrional que corre paralelamente al Océano Atlántico formando una larga y estrecha región montañosa con una altura de 200 a 400 metros sobre el nivel del mar. El Area del Proyecto tiene una limitada precipitación a lo largo del año y es de campos de escasos árboles con cactus que se utilizan para pastoreo. Algunas partes de estos campos se utilizan para producción de tabaco. La Cordillera Central es la mayor del país, extendiéndose desde la República de Haití hasta el área de Santo Domingo, la ciudad capital de la República. Existen 23 montañas en la República con una altura más de 2,000 metros. El Pico Duarte es la más alta en la República con 3,174 metros de altura. La Sierra Neiba y la Sierra Baoruco son extensiones de las montañas de Haití, y sobrepasan los 2,000 metros de altura.

El llano de Yaque del Norte está situado entre la Cordillera Septentrional y la Cordillera Central. El río Yaque del Norte corre hacia el norte y forma una gran llanura de alrededor de 50 metros de altura a su cuenca.

El valle de San Juan está ubicado entre la Cordillera Central y la Sierra Neiba.

Entre la Sierra Neiba y la Sierra Baoruco se halla el Lago Enriquillo con una altura de menos 40 metros. Esto es un área de fosa tectónica formada por movimientos tectónicos. La ladera de montañas que se enfrenta con graben forma una cuesta abrupta. Debido a esto, numerosos ríos que nacen en las dos montañas forman grandes abanicos aluviales a la salida de la zona de graben.

#### 2) Sistema de Drenaje

La Fig. 3.4 muestra el sistema de drenaje alrededor del Area.

En la Cordillera Septentrional, los pequeños drenajes corren paralelamente hacia el sur, pero debido a su pequeña escala y poca precipitación (600 a 700 mm/año), se convierte en ríos intermitentes en la época seca.

El Yaque del Norte es un gran río con una superficie de cuenca de 7,000 km<sup>2</sup>. La extensión de sus cursos superiores ocupa dos tercios de la superficie esta cuenca. El área externa incluye las cuencas de grandes afluentes como el río Bao, río Amina y río Mao, y los cursos superiores de dichos ríos de Gurabo, Caña y Guayubin.

En el área del lado sur del río Yaque del Norte, se observa una planicie de inundación aluvial de 0 a 50 m de altura sobre el nivel del mar.

El río Yaque del Norte tiene un gran canal de meandro violento y numerosos pequeños cauces rellenos. A lo largo de estos canales se pueden observar muchos rastros de inundación a través de la interpretación aerofotográfica.

Esta ancha y plana llanura ha sido utilizado como campos de arroz, granjas de algodón, granjas de vegetales, plantaciones de plátanos de gran escala y áreas urbana.

El área pantanosa y desértico-sabanosa utilizada como gran campo de salero se observa cerca de la costa del mar.

La barrera coralina y arrecife de coral a poca distancia de la costa están distribuidos a lo largo de la línea costera.

Embalses para uso agrícola, toma de agua y canales de riego han sido construidos por toda la cuenca, razón por la cual es muy difícil calcular la descarga y balance de agua en el Area. El río Artibonito y sus afluentes tienen relativamente rica descarga gracias a la gran precipitación (2,000 a 2,200 mm/año) en la Cordillera Central y forma un profunda valle transversal.

El río Macasía también extiende la mitad de su cuenca sobre el Area.

En el sur de la Sierra Neiba no hay ríos grandes.

A la costa norte y sur del lago Enriquillo, las aguas subterráneas brotan en muchos lugares después de atravesar por las montañas kársticas, abanicos y viejos arrecifes.

### 3) Clasificación de la Topografía

A través de interpretación por imágenes de LANDSAT y aerofotografías, se realizó la clasificación de topografía.

Como se observa en la Fig. 3.5, en el Area, la zona montañosa (curva de nivel densa y se ve oscura) y la zona de colinas a llanos (menos densa a rala y blanca) se extienden alternadamente en la dirección del ONO al ESE.

En la imagen de falso color, las montañas y la zona de colinas a llanos están claramente distinguidas como se ve en la Fig. 3.1.

Las montañas manifiestan de color rojo profundo a oscuro en la parte relativamente central y sugiere una gran distribución de bosques de alta actividad, y la parte vecina de color rojo pálido indica una cubierta de vegetación de baja actividad o densidad de distribución.

Los patrones de cresta y de drenaje se interpretan claramente en las montañas, formando una topografía de erosión avanzada.

Debido al rico contenido de agua (humedad), las zonas de colinas a llanos se ven de color azul a azul oscuro.

La diferencia de tonos de falso color proviene del grado de cultivo, cobertura vegetal y contenido de agua.

Los detalles de las características de cada una de las siete regiones geomorfológicas antes mencionadas son descritos en el Informe Suplementario de este Proyecto.

### 4) Clasificación de Uso del Suelo y Cobertura

Con el objeto de clarificar las condiciones de cobertura del suelo, cobertura vegetal y uso del suelo, se preparó la imagen de clasificación de cobertura del suelo en el Area mediante la síntesis de color de seis bandas (excepto la banda b de la longitud de onda de infrarrojo lejano) de los datos de LANDSAT-TM, como se muestra en la Fig. 3.2.

La Fig. 3.6 muestra las condiciones de cobertura y uso del suelo.

Los detalles de las características de las siete regiones geomorfológicas se describen en el Informe Suplementario A.

#### 3.1.4 Geología

La geología del Area está compuesta principalmente de varias rocas metamórficas, rocas intrusivas, rocas volcánicas y rocas sedimentarias extendidas en la edad del Cretáceo al Cuaternario.

Estas rocas y formaciones se distribuyen al oeste y noroeste en concordancia con la dirección de extensión de cadenas de las montañas principales (ver la Fig. 3.7).

##### 1) Roca metamórfica

Este grupo forma la base del Area, y se cree que las rocas intrusivas de origen magmática y la sedimentación submarina de origen volcánica fueron cinemáticamente metamorfoseadas por el movimiento tectónico durante el período del Mesozoico posterior al Cenozoico temprano. Este grupo está distribuido ampliamente en la Cordillera Central.

##### 2) Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas como granito, tonalita, y riodacita a riolita se introducen en las rocas metamórficas principalmente distribuidas en la Cordillera Central.

La edad de intrusión se supone entre el Mesozoico posterior y el Cenozoico temprano. Otro grupo de rocas ofiolíticas de edad desconocida como piroxenita y gabro se encuentran distribuidas también.

##### 3) Rocas volcánicas

Las rocas volcánicas están distribuidas localmente formando pequeños grupos de rocas en la Cordillera Septentrional, Cordillera Central, Sierra de Neiba y Sierra de Baoruco.

##### 4) Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias del Area están compuestas principalmente de los sistemas Terciario y Cuaternario.

El sistema Palaeogeno del sistema Terciario consiste principalmente en caliza que se encuentra en área de montañas de la Cordillera Central, Sierra Neiba y Sierra de Baoruco.

El sistema Neogénico está compuesto de conglomerado, piedra arenisca, fangolita y caliza que se hallan en el área de colinas a tierra baja de la Cordillera Septentrional, Llano de Yaque del Norte, Valle de San Juan, y en los contornos del Lago Enriquillo. Algunas formaciones abarcan del Palasogeno al Neogeno.

El sistema Cuaternario está distribuido en el Llano de Yaque del Norte y la Cuenca de Enriquillo.

La distribución geológica de estas rocas está acorde generalmente con las regiones morfológicas.

#### 5) Estratigrafía

En este estudio, la estratigrafía del Area se estableció teniendo en cuenta el Atlas Geológico y Mineralógico de la República Dominicana, 1969, escala 1:250,000. El orden estratigráfico normal y símbolos se muestran en la Tabla 3.1 después del Atlas arriba mencionado.

El Area del Proyecto puede ser dividido en 3 grandes regiones geológicas

La distribución geológica de estas rocas está acorde generalmente con las regiones morfológicas.

a) Región Norte: La Cordillera Septentrional y su parte sur (Cuenca del río Llaque del Norte), compuesta principalmente de formaciones Terciarias a Cuaternarias y parcialmente de formación del Mesozoico de período desconocido.

b) Región Centro: Cordillera Central, formado de rocas volcánicas y rocas metamórficas de la era Cretácea.

c) Región Sur: Valle de San Juan, Sierra de Neiba y Sierra de Baoruco, compuesto principalmente de formaciones Terciarias y Cuaternarias.

#### (1) Cordillera Septentrional

a) La geología de esta región está compuesto principalmente de la formación Terciaria que se extiende del Eoceno al Mioceno superior o Pleistoceno.

b) Formación Emcg

Esta es la más baja formación del sistema Terciario en la Cordillera Septentrional con distribución limitada. Esta formación se observa en el piedemonte de margen este y el margen oeste del Area.

El conglomerado, piedra arenisca calcárea y esquisto se distribuye en el este y el esquisto en su mayoría prevalece en el oeste.

Generalmente está dominada por las fisuras de este-oeste y tiende hacia dirección oeste-noroeste. Esta formación se deduce que sea depósitos Flysch de la edad del Eoceno al Oligoceno medio.

c) Formación O'Mce

Esta formación se distribuye en la mitad norte de la zona de la Cordillera Septentrional con una tendencia del ONO al ESE (N70W), con 4 a 6 km de ancho y más de 60 km en longitud.

Esta formación es una serie de lechos alternados de piedra arenisca calcárea (caliza biomicrita a biosparita) y limo calcáreo a esquisto, y es acompañada por caliza de arrecife de coral en el horizonte extremo superior.

Se supone que se extiende de la edad del Oligoceno inferior al Mioceno superior o Plioceno.

d) Formación Mice

Se distribuye a lo largo del talud sur de la Formación O'Mce. Esta formación tiene contacto con dicha formación mediante falla, y forma montañas disecadas y lomas de relieve suave con una elevación menor de 400 m.

Está compuesto generalmente de lechos alternados de piedra arenisca calcárea de granos finos a gruesos y esquisto arenoso de granos finos a medianos.

En el horizonte superior, contiene a veces lechos de conglomerado interstratificado y a veces se encuentra por debajo de lechos de grava.

La formación se orienta muchas veces de 70° norte a 80° oeste con buzamiento de 15° a 30° hacia sur y norte, y en concordancia con la extensión de la Cordillera Septentrional una pequeña estructura de plegamientos repetidos, con un eje orientado a la misma dirección.

e) Formación Mmca

Esta formación se distribuye a lo largo del área sur de la superficie plana que se extiende en la parte central de la Cordillera Septentrional, con 1 a 4 km de ancho y 20 km en longitud.

Los lechos alternados de esta formación están compuestos de gruesa y pequeña piedra calcárea porosa a piedra arenisca guijarrosa y esquisto calcárea a limo, y contienen lechos conglomerados interstratificados. El lecho de caliza fosilífera está sentado sobre el horizonte extremo superior de los lechos alternados. Los lechos alternados se orientan en dirección oeste-noroeste con buzamiento de 15° hacia norte en el talud norteño, sugiriendo una posible estructura anticlinal. Según observaciones microscópicas, realizadas la piedra arenisca al esquisto se identifica como una biomicrita.

f) Formación Mscm

El conglomerado consolidado y no consolidado a lechos pedregosos están distribuidos en la zona este de la llanura y zona montañosa central del Área.

En el área de piedemonte este, esta formación está compuesto de lechos alternados de piedra arenisca calcárea maciza a piedra arenisca pedregosa, esquisto a limo y guijarro medio consolidado a lechos de grava. Las gravas están distribuidas mucho más en la zona montañosa disecada y raras veces se observan en el área plana.

En la zona montañosa central, esta formación está compuesta de lechos alterados de gruesa piedra arenisca masiva y limo, y contiene algún consolidado interstratificado, lenticular y lechos conglomerados sobrepuestos. Los componentes interstratificados se buza 20° a 30° y los componentes sobrepuestos se hallan muchas veces en forma horizontal.

Hay muchos problemas a solucionar de ambiente sedimentario de estos lechos pedregosos.

Las formaciones Mice, Mmca y Mscm tienen correlación con la edad del Mioceno inferior al superior, o con el Mioceno superior al Pleistoceno. Cada miembro de estas formaciones son similares, y variables en su litología y

litofacies, pero en contraste con su semejanza, se muestran alguna diferencia notable en patrón topográfico y fotográfico serial.

(2) Llano del Río Yaque del Norte

a) El sistema Neogeno del lado sur del río Yaque del Norte está distribuido ampliamente a lo largo del río y en el área de piemonte norte de colinas de bajo relieve de la Cordillera Central.

b) Roca metamórfica basal

Estas rocas basales están distribuidas en el área de curso superior de los ríos Chacuey y Maguaca, área de montañas disecadas. Están compuestas de esquisto filítico y filita, y son predominantes en el llano de lecho delgado.

Se orientan generalmente en dirección N-S con buzamiento de 50° a 70° hacia sur. La edad geológica se desconoce pero se supone que es del Cretáceo superior.

c) Formación Mice

Esta formación está distribuida en el área de colinas intramontañas disecadas de bajo relieve en la zona extremo sur del Llano del Río Yaque del Norte. Está compuesta de lechos alternados de piedra arenisca pedregosa a gruesa y limo, y es acompañada por lecho conglomerado basal.

Esta formación está fuertemente meteorizada en todo el área, orientándose al oeste noroeste con buzamiento aproximado de 10° hacia norte.

d) Formación Mmca

Esta formación es básicamente correlativa con la formación Mmca de la Cordillera Septentrional, y concorde o poco concordante sobrepuesta en la formación Mice. La parte inferior es de lechos alternados de piedra arenisca calcárea y limo, y contiene bastante cantidad de fósiles. La parte superior es de caliza fosilífera y contiene parcialmente lechos de conglomerado intercalados. Según observación microscópica, esta caliza se identifica como caliza biomicrítica.

e) Formación Msem

Un lecho pedregoso está distribuido al este del área afluente del río Guayubin y del Yaque del Norte. Este lecho pedregoso tiene correlación con

el conglomerado y lechos pedregosos de la ribera norte del río Yaque del Norte, pero está limitada la distribución siendo poco grueso.

f) Sedimentaciones aluviales

El sistema Cuaternario está distribuido en la zona baja y plana del curso inferior del río Yaque del Norte. Parece que va a ser área de delta, pero las sedimentaciones aluviales no están tan gruesas.

(3) Cordillera Central

a) La geología de este área está compuesta principalmente de rocas intrusivas, macizo complejo de rocas metamórficas, rocas metamórficas de sedimentación, y caliza que se encuentran en la edad del Mesozoico superior al Terciario inferior.

b) Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas están distribuidas ampliamente en el curso superior del río Masacre, río Chacuey, río Maguaca y río Guayubín. Estas facies de roca son variables dependiendo de la localidad.

La composición es principalmente de melanocrático, granos medianos y holocristalino, biotita-hornablenda, cuarzo-diorita y tonalita. A veces, se muestra una textura grisásea a esquistosa.

Otro macizo de roca intrusiva está compuesto de rocas básicas a ultrabásicas como peridotita, serpentinita y gabro. Un sistema de fisura al noreste-sudoeste es predominante.

c) Complejo Metamórfico

Este macizo complejo se distribuye ampliamente en el lado sur del macizo de roca intrusiva. Los macizos complejos están compuestos de pizarra, esquistos y fangolita filítica de origen de toba volcánica submarina, y fueron cinemáticamente metamorfoseados. A veces se muestran facies de roca ingeniosas.

Generalmente, se presentan rocas compactas y duras, y son predominantes conjuntamente con lecho y fisura cortada.

d) Rocas metamórficas sedimentadas

Estas rocas están distribuidas en el lado sur del macizo complejo metamórfico, y se componen de roca gris, pizarra y filita. Se orientan en 30° norte a 60° oeste con buzamiento de 70° hacia el este u oeste. Se presenta estructura de plegamiento repetido en pequeña escala.

Se supone que la edad geológica es del Cretáceo superior al Terciario inferior.

e) Caliza

La caliza está distribuida a lo largo de la zona marginal sur de la Cordillera Central y tiene contacto con la formación metamórfica Mesozoica mediante una falla grande.

(4) Valle de San Juan

En el valle de San Juan, las formaciones correlacionadas con la edad del Eoceno al Plio-Pleistoceno están ampliamente distribuidas.

a) Formación Eo, Es y Ec

Estas formaciones que están compuestas de caliza se distribuyen al este de Pedro Santana extendiéndose hacia el área montañosa este.

Los lechos alternados de esquisto, piedra arenisca y conglomerado cubren el área de colinas y se orientan al este-oeste con buzamiento general de 50° hacia sur.

El conglomerado está distribuido en el área superior de colinas del área oeste, pero a veces se halla en forma dispersa.

b) Formación Pcmg

Esta formación está distribuida en el área vecina a Elias Piña formando una ondulación suave a llano cultivado.

La formación está compuesta de lechos alternados de limo macizo, piedra arenisca maciza, piedra arenisca gruesa, caliza de coral y grava.

c) Formación Mg

Esta formación está ampliamente distribuida en el área norte y sur del río Macasía, y se compone de lechos alternados de conglomerado, piedra arenisca y limo.

#### d) Sedimentación aluvial

A lo largo del canal del río Macasía, la sedimentación aluvial se distribuye como zona de inundación que consiste en grava suelta y arena.

En el área del Valle de San Juan, el problema del orden estratigráfico exacto de cada uno de los lechos alternados de la formación Ec, Pcmg y Mg todavía no queda resuelto.

#### (5) Sierra de Neiba

La Sierra de Neiba está compuesta principalmente de caliza del Paleogeno y alguna formación Neogénica.

##### a) Formación Oca

Esta formación está distribuida al oeste-este a lo largo del río Cana desde Valle Hondo a El Cercado.

La formación se orienta a 70°N a 80°O con buzamiento de 50° a 60° hacia norte o sur y muestra plegamientos repetidos de pequeña escala.

Juzgando de litofacies y configuración de questa bien formada, esta formación tiene probablemente correlación con la formación Pcmg en el Valle de San Juan.

##### b) Formación Mc

Esta formación está distribuida en la zona costera norteña del Lago Enriquillo hallándose en la falla en contacto con caliza de la Sierra de Neiba

Está compuesta de lechos alternados de conglomerado y piedra arenisca a piedra arenisca limosa.

##### c) Formación Ec y Oc

Las calizas de la Sierra de Neiba muestran cambio violento y apariencia similar en litofacies la una a la otra. Se puede dividir aproximadamente en cuatro zonas sólo por las características de topografía y patrón aerofotográfico. Consisten principalmente en lechos alternados de caliza y piedra arenisca calcárea, revelando una compleja estructura de amplia variedad de litofacies como componentes bien estratificados, componente parecido a brecha bien agrietado, componente macizo y arena friable meteorizada a componentes polvorientos.

Se orienta en general de N50° a 80°O con buzamiento de 20° a 50° hacia norte y sur.

Forman una topografía parecido a bóveda suavemente alargada, sugiriendo una estructura con plegamientos repetidos.

Estas formaciones de caliza se suponen de la edad del Eoceno al Oligoceno y probablemente hasta Mioceno superior.

#### (6) Cuenca de Enriquillo

Esta área forma una zona baja y plana aproximadamente de 10 a 25 km de anchura y más de 100 km de longitud, extendiéndose al este-noreste.

Este área se deduce que se formó por un movimiento de placas tectónicas de gran escala durante el período del Cretáceo superior al Mioceno medio.

Esta área se encuentra debajo de arrecife de coral en el terreno este, y los depósitos lacustres del Cuaternario están distribuidos ampliamente en el área oriental, formando pantano, ciénaga arenosa y/o sábana.

#### (7) Sierra de Baoruco

La Sierra de Baoruco está compuesta de la caliza del Palógeno y algunas formaciones del Neógeno.

##### a) Formación UPg y MPc

Esta formación configura una zona de forma semi-huso a lo largo de la costa sur del Lago Enriquillo.

Esta formación está compuesta de lechos alternados de conglomerados semi-consolidados y fina piedra arenisca calcárea.

Se orienta en dirección al NO-ONO-EO con buzamiento de 20° al 70° hacia el norte y sur, sugiriendo una estructura de plegamiento repetido.

##### b) Formación Mscy

Esta formación está compuesta de lechos alternados de limo, piedra arenisca y grava, y se caracteriza por los lechos intercalados de grueso yeso y sal de piedra.

Se orienta del NO al EO con buzamiento de 45° a 75° hacia norte y sur, sugiriendo una estructura anticlinal.

La configuración de cuesta apoyada sobre los lechos alternados es predominante.

La formación de MPg-MPc y Mscy se extienden probablemente en la edad del Mioceno al Plioceno.

c) Formación Oc

Esta formación está compuesta de caliza de color blanco lechoso con una gran variedad de litofacies como conglomerado estratificado, macizo, brechado, polvoriento e intercalado. Esta caliza se identifica como micrita según observación microscópica. El límite con la formación Mscy se supone la línea de falla tectónica algo grande.

Esta formación configura un anticlinario en forma de bóveda en conjunto que se atribuye a repetidos plegamientos en pequeña escala.

d) Formación Ec

Esta formación está compuesto principalmente de caliza y forma la parte principal de la Sierra Baoruco.

La composición es de color blanco a blanco lechoso, caliza compacta y dura con una variedad de litofacies como bien estratificado, brechado y macizo. Esta formación se orienta del N30° al 70° O con inclinación hacia noreste.

Se puede suponer en general una estructura parecido a forma de bóveda anticlinal y meseta de forma de bóveda de cabeza plana que se extienden al noroeste. En la parte más suroeste de este área, se observan depresiones parecidas a dolina.

e) Litofacies de caliza

Los lechos de caliza distribuidos en la Sierra Neiba a la Siera de Baruco son difíciles de clasificar y ordenar en una secuencia estratigráfica debido a sus apariencias y cambio de facies similares. Según observaciones microscópicas, cada caliza está compuesto de bioresiduos y masa de tierra de minerales carbonatados. Los bioresiduos están compuestos en general de casi las mismas especies. Los grados de recristalización no son muy

diferentes. La granulometría de los bioresiduos de la formación Ec es algo gruesa que la de Oc.

Las calizas de las montañas sureñas son difíciles de clasificar y determinar su edad geológica, pero se consideran que son de la edad Paleogeno.

## 3.2 Hidrometeorología

### 3.2.1 Meteorología

1) El Area del Proyecto está dotado de notables características geográficas. Se extiende de tierra baja de 0 a menos de 10 m hasta altas montañas de más de 2000 m sobre el nivel del mar. Las Montañas de Baoruco, Neiba y Central que son las montañas más altas atraviesan el Area del Proyecto del este al oeste, mientras las montañas del Norte forman zonas de colinas-montañas de 300 a 400 m de altura.

El Area del Proyecto se extiende en la altitud norte de 18°20' a 19°55', hallándose en la zona semitropical. El clima es influido principalmente por el del Océano y es relativamente suave.

La precipitación anual media muestra una importante variación local. Se diferencian mucho en zonas áridas de 500 a 600 m de altura y en zonas húmedas de fuerte precipitación y localizadas en más de 2,000 m. Sin embargo, la diferencia entre época seca y época de lluvias en todo el área no es muy claramente definida.

Generalmente, la época de lluvias cubre el período de mayo a noviembre, excluyendo julio, y el período de diciembre a abril y julio se considera época seca. Pero el área del norte que recibe influencia del clima del Océano Atlántico, el invierno de noviembre a mayo es relativamente lluvioso.

Además, los huracanes o ciclones tropicales atacan al país y traen fuertes lluvias cada año en la época de lluvias, lo cual provoca variaciones locales significantes en la precipitación total anual.

2) Existen ya más de 30 estaciones meteorológicas dentro y fuera del Area del Proyecto como se presentan en la Fig. 3.8. La mayoría de ellas son estaciones de pluviómetro, y en la región, las estaciones meteorológicas se localizan parcialmente. Estos datos registrados serían insuficientes, pensando en el requerimiento de informaciones efectivas para la formulación del Proyecto. No obstante, se consiguieron registros de observación a largo plazo del INDRHI, que consiste en precipitación efectiva

mensual y anual registrada en 25 estaciones y en mediciones de viento, evaporación, humedad, etc. Los valores promedios y características de los diferentes climas observables en el Area del Proyecto que se infieren de los datos meteorológicos coleccionados son como siguen:

(1) Precipitación

La precipitación anual media evaluada mediante observaciones durante el período de 20 hasta 50 años muestra una media de 480 a 700 mm en el Valle de Neiba situado en la cuenca del Lago Enriquillo (sur del Area del Proyecto); en el Valle de Cibao, localizado en el área del río Yaque del Norte (norte del Area del Proyecto) la media es de 670 a 700 mm; en la Cordillera Central, Neiba y Baoruco muestra la media más alta de 1,500 a 2,000 mm, mientras las áreas de colinas en las faldas de montañas, muestra una media anual de 800 a 1,500 mm. La precipitación anual en las dos zonas, árida y húmeda, muestra una gran fluctuación tanto mensual como anual.

Las precipitaciones máxima y mínima anual y mensual registradas en el pasado son las siguientes:

	Precipitación Anual	Precipitación Mensual
Máx.	4,652 mm (1969, Restauración)	857.8 mm (Mayo 1956, Elías Piña)
Mín.	178.4 mm (1947, Duverge)	0.0 mm (Incluidas área montañosa húmeda)

Los días de lluvia anual observados en el área de desembocadura del río Yaque del Norte son aproximadamente 50 días; en zonas áridas, 70 a 100 días; en zonas semi-húmedas, 100 a 130 días; en zonas húmedas, alrededor de 150 días. No obstante, la duración de lluvia por día es de corto tiempo. El patrón de precipitación está caracterizado por fuertes lluvias de extrema intensidad. La intensidad máxima fué observada en el 13 de agosto de 1991, con una precipitación por hora de 89 mm desde las 14h30 hasta las 15h30. En general, la intensidad de 35 a 50 mm/hora se presenta muy frecuentemente. La precipitación máxima/24 horas fue registrada en Tamayo, en el 16 de junio de 1972, con 575.4 mm. Las estaciones principales en que se registran datos de precipitación durante 24 horas son las siguientes:

Don Miguel	285.0 mm	Restauración	235.8 mm
Duverge	444.5 mm	Monte Cristi	107.0 mm
Elías Piña	196 mm	Jimaní	109.7 mm

## (2) Temperatura

Excluyendo las zonas montañosas del interior, en donde la temperatura baja hasta menos 10°C en invierno, la temperatura media mensual del área varía de 22°C a 30°C y el cambio anual de la temperatura en cada área es pequeña.

## (3) Humedad Relativa

La humedad en el Area es comparativamente alta. La humedad media anual es de 74% en la zona baja semiárida de Monte Cristi y 84% en el área montañosa de Restauración. En general la humedad relativa es alta durante la época lluviosa y baja durante la época seca.

## (4) Evaporación y Evapotranspiración

De acuerdo a los evaporímetros, la evaporación anual en el Area del Proyecto varía de acuerdo con la cantidad de precipitación; es alto en zonas secas con poca lluvia y pequeño en zonas muy húmedas.

La evaporación media anual de la zona excede la precipitación media anual (250 al 300%), siendo de 2000 mm.

En Julio, a mitad de la época lluviosa, la precipitación decrece extremadamente y la vegetación es abundante. Además si la humedad y evaporación de la superficie del suelo es alto, la evapotranspiración de las plantas de cultivo llega a veces a más de 2,000 mm en algunas áreas.

## (5) Dirección y Velocidad del Viento

Existen pocos observatorios que tienen datos de dirección y velocidad del viento. Como el Areal Proyecto es rico en variación topográfica, los datos existentes no pueden cubrir todo el Area del Proyecto. La velocidad media anual en el Area es de 0.8 a 5.3 m/seg. La velocidad media anual de viento y la dirección del viento registrado en 3 lugares de observación son como siguen:

Observatorio	Area	Velocidad Media	Dirección
Monte Cristi	Llanura Norteña	10 km/h	Noreste
Dajabón	Piedemonte	5~6 km/h	Noreste y Este
Jimaní	Llanura Sur	10 km/h	Este y Este-Sureste

#### (6) Duración de la Luz Solar e Insolación

La duración de luz solar diaria en el Area del Proyecto son menos de 12 horas. La media general son 8 horas. El período de larga duración de luz solar se extiende de febrero a agosto, con horas más largas de luz solar en julio.

La radiación solar mensual observada de marzo a agosto excede a 450 cal/km<sup>2</sup>/día; la radiación máxima se registra en julio con alrededor de 500 cal/km<sup>2</sup>/día; la radiación mínima es 320 cal/km<sup>2</sup>/día en diciembre; radiación anual media oscila entre 420 y 430 cal/km<sup>2</sup>/día.

### 3.2.2 Hidrología

#### 1) Ríos y Cuencas hidrológicas

La mayoría de las aguas superficiales en el Area del Proyecto corren a través de los siguientes tres sistemas de ríos:

- el primer sistema de ríos consiste en el río Dajabón, río Chacuey, río Guayabo/lago Saladillo, río Yaque del Norte y sus afluentes. Estos ríos atraviesan el área norteña y desembocan en el Océano Atlántico:
- el segundo sistema de ríos consiste en el río Artibonito y sus afluentes. Estos ríos atraviesan del norte al sur a lo largo de la frontera entre la República Dominicana y Haití, y desembocan en el Mar Caribe.
- el tercer sistema de ríos consiste en el río Guayabo y otros ríos que desembocan en el Lago Enriquillo desde los alrededores del mismo lago.

El Area del Proyecto se puede dividir en 6 cuencas hidrológicas en base a estos sistemas de ríos.

El resumen de las cuencas hidrológicas son los siguientes:

Superficie de Cuenca (km <sup>2</sup> )					
Nombre	Total	Territorio de		Area del Proyecto	Nombre
		Haiti	Dominicano		
Río Dajabón	380	150	230	230	Masacre
Río Guarabo/Lago Saladilla	172	-	172	172	-
Río Chacuey	397	-	397	397	-
Río Yaque del Norte	7044	-	7044	2366	Mao, Cana, Gurabo, Guayubín, Maguaca
Río Artibonito	9000	6386	2614	2614	Joca, Tocino, Macasía, Cana
Lago Enriquillo	3093	140	3193	3193	Mazagual, Barrero, Descubierta

## 2) Caudal de los Ríos

El caudal de los ríos en el Area del Proyecto varía mucho según la región y época correspondiendo a la intensidad de precipitación y otras características relativas a precipitación, topografía, aspecto geológico, vegetación, uso de suelo, y otras características de superficie de cuencas.

Existen muchos datos efectivos disponibles a largo plazo incluyendo los registros de caudal de los ríos recopilados por INDRHI para explotación de recursos hídricos.

Los valores de caudal mensual y anual de los ríos mayores están listados en la Tabla 3.2

El caudal específico y el coeficiente de escorrentía de los ríos son como siguen:

Nombre	Total de Caudal Anual ( $10^6 \times m^3$ )	Porcentaje de Escorrentía (%)	Caudal Específico ( $\ell/km^2/seg$ )
Río Dajabón	2,230	36~49	10~15
Artibonito	1,630	26~33	26~30
Dajabón (Masacre)	90	53.1	25.1
Mao	620	71.6	32.5
Guayubín	308	43.8	20.5
Chacuey	40	21.7	15.6
Macasia	182.9	10.5	3.9

La suma de caudal en la época de altas aguas, que corresponden a mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre, es de 60 a 70% del total del caudal anual.

La época de aguas más alta es en mayo y noviembre, y la más baja en enero, febrero y marzo.

La época seca es en febrero y marzo.

Durante estos dos meses el caudal total es sólo de 5 a 10 % del total de caudal anual.

Los ríos mayores incluyendo sus afluentes como los ríos de Mao, Gurabo y Gurayubin están altamente aprovechados para riego y abastecimiento de agua, y están instalados muchos embalses, presas, estaciones de bomba, obras de desviación en los ríos.

Por consiguiente, excepto el caudal principal de Yaque del Norte y Artibonito, en la época de sequía, el caudal en el curso inferior de dichas obras de desviación queda extremadamente bajo, llegando a cero en muchos casos.

### 3) Calidad de Aguas de los Ríos

El valor de pH de los ríos están aproximadamente a 8, pero el contenido de salinidad, conductividad eléctrica, turbiedad presentan valores diferentes (véase el Informe Suplementario B). El contenido de Mg,  $HCO_3$  y Ca están

relativamente altos en los ríos, pero estos valores no exceden al máximo permisible para el agua de consumo humano.

#### 4) Manantiales

El Area del Proyecto está dotado de una variedad de características geográficas y estructuras geológicas. Las zonas montañosas húmedas con más de 2,000 mm de precipitación tienen numerosos manantiales con abundante agua.

Especialmente, muchos manantiales muestran gran caudal en los abanicos aluviales del sur de la Sierra Neiba y del norte de la Sierra de Baoruco.

Los manantiales principales y el caudal correspondiente de los mismos según la investigación del INDHRI se muestran abajo:

La Descubierta	21.61/s
Terra Nueva	0.91/s
Vengan a Ver	2.1 ℓ/s
La Marías	1.2~0.4 m <sup>3</sup> /s
Las Barías	0.4~1.0 m <sup>3</sup> /s
Llamado la Zurag	0.26 m <sup>3</sup> /s
Roberto en Baitoa	0.09 m <sup>3</sup> /s
La Chorrera en Baitoa	0.04 m <sup>3</sup> /s
Merigildo en Baitoa	0.17 m <sup>3</sup> /s
Grande en Baitoa	0.54 m <sup>3</sup> /s

Las aguas de estos manantiales están aprovechadas para riego y usos diarios.

### 3.3 Hidrogeología

La hidrogeología del Area del Proyecto fue analizado en base a los resultados de investigación geofísica y perforaciones de prueba.

La topografía, geología e hidrología fueron consideradas conjuntamente en este análisis hidrogeológico.

#### 3.3.1 La Prospección Geofísica

Se realizaron dos tipos de prospecciones geofísicas para este Estudio; prospección eléctrica vertical de resistividad eléctrica y la prospección electromagnética.

La prospección eléctrica vertical (método Schlumberger) fué llevado a cabo para cubrir la mayor parte del Area del Proyecto (487 puntos), mientras, la prospección electromagnética (método EM) fué realizado en el área de sedimentación superficial delgada (996 puntos). Los puntos de sondeo fueron seleccionados através de los resultados de análisis de sensores remotos, interpretación aerofotográfica, investigación geológica e hidrogeológica; se fijaron de modo especial en la estructura geológica y los materiales de sedimentación.

### **3.3.2 Resultados de Trabajos de Prospección**

1) Las Figuras 3.9 (1) y 3.9 (2) muestran la ubicación de las líneas del itinerario del trabajo; mientras que las Figuras 3.10 (1) a (4) ofrecen interpretaciones de estructura geológica a lo largo del itinerario.

El rango aproximado de los valores de resistividad específica aparente, de acuerdo con el facies de roca presentado en el informe de perforación, se muestra en la Tabla 3.3.

Los valores de resistividad específica aparente del suelo Terciario se estiman generalmente bajos, mientras, resulta extremadamente bajos, de 3 a 7  $\mu\text{m}$  en fangolitas. Los valores de resistividad aparente baja del suelo Terciario se supone que se debe a la aparición del agua subterránea con salinidad variable.

#### **2) Llano de Yaque del Norte**

Basándose en los resultados de las estaciones de T-1 a K-3 (Figuras, 3.10 (1) a (2)) en la línea de itinerario en zona baja plana del río Yaque del Norte-aproximadamente 15 m sobre el nivel del mar-se muestra que hay una distribución relativamente constante de los valores de resistividad específica como se indicado abajo:

(1) En general, la zona baja muestra 2 estructuras de estratos continuos, es decir, estrato de alta resistividad específica superpuesto de 9 a 23 m y estrato de baja resistividad específica subyacente de 2 a 8 m.

(2) El estrato de alta resistividad específica superpuesto está localmente intercalado con el estrato de baja resistividad específica subyacente en forma lenticular.

(3) Se estima que el estrato de alta resistividad específica superpuesto es gruesa, llegando a unos 80 m en la tierra baja y en el sur extremo. No obstante, el estrato superpuesto se convierte delgada cerca de la ribera sur del río Yaque del Norte, cerca de la parte central de la tierra baja, mientras, se estima que el estrato subyacente se eleva notablemente hacia la superficie de la tierra.

Estas estimaciones geofísicas han sido interpretadas por dos perforaciones, No. 3 y No. 4, realizadas en la parte central de la tierra plana y los registros geofísicas asociadas para descubrir la existencia de estrato de alta resistividad específica superpuesto y estrato de baja resistividad específica subyacente.

3) Estaciones de K-1 a W-3 (Figura 3.10 (2)), extendidas en la zona sur de la línea de itinerario mencionada en 2), exhiben características geofísicas como las siguientes:

(1) Se presentan dos o tres estructuras de estrato en la zona de Proyecto, con una distribución intrincada de valores de resistividad específica.

(2) Se presenta en forma discontinua distribución de valores de resistividad específica idéntica.

(3) Se presentan notables subidas en los valores de alta resistividad específica en dos sitios, indicando valores casi "ilimitadamente alta", hasta cerca de la superficie de la tierra.

El Area del Proyecto es ampliamente cubierto por los lechos del Terciario con rocas afloradas en la superficie de la tierra. Se supone que los lechos de piedra arenisca o piedra arenisca calcárea que representan valores de resistividad específica de 10 a 50 m.

Basándose en los resultados de perforación de prueba No. 5 y No. 9, los lechos de piedra arenisca cerca de las estaciones E y G (Palo Blanco) y los lechos de piedra arenisca calcárea profunda de las estaciones F y K presentan claramente acuíferos.

4) Las estaciones de Ep-4 a Ep-9 (Figura 3,10 (3)) están distribuidas atravesando en la mitad norte de la cuenca de San Juan. Los resultados muestran las siguientes características geofísicas.

(1) Se presenta estructura de seis estratos, con distribución intrincada de valores de resistividad específica.

(2) Se considera que la continuidad general de valores de resistividad específica respectivas se interrumpe según la variación de elevación de configuración de tierra.

(3) No se observan valores extremadamente altos de resistividad específica en la zona de Proyecto.

Se considera que la discontinuidad de los valores de resistividad específica idénticas en perfiles se presenta según las variaciones de elevación de configuración terrestre de las terrazas, desarrolladas en ambas riveras de curso del río Macasia. Se observa discontinuidad de los valores según cambio topográfico brusco de las terrazas de ríos; alto-elevada, medio-elevada y bajo-elevada mientras, que el estrato de valor relativamente constante con espesor variable es observado con relación a la existencia de terraza de ríos de poca variación en la elevación topográfica.

Las terrazas en las dos riveras del río Macasia muestran valores similares de resistividad específica en todos los rangos de alto valor, mientras que las terrazas altamente elevadas en las dos riveras muestran comunmente estructura de 5 ó 6 estratos con notable variación en la distribución de valores de resistividad específica. Es de suponer que la zona del Proyecto ha sido sometida a erosiones y sedimentaciones más de dos veces, ya que la superficie erosionada puede ocasionar la discontinuidad en la distribución de los valores de resistividad específica.

Los valores altos de resistividad específica aparente se encuentran en el rango de 13 a 36  $\mu\text{m}$ , lo cual concuerda con la existencia de lechos de arena-grava con abundancia de guijarro. Los lechos de arena-grava se presentan gruesos en la cuenca del río Macasia y más hacia el norte. Los lechos tienen aproximadamente 100 m de espesor cerca de la estación Ep-5 (Las Rosas) indicando existencia de acuífero.

Los valores bajos de resistividad específica aparente se presentan principalmente conforme a la existencia de lechos de fangolita.

5) Las estaciones de Ep-4 a Ep-9 (Figura 3,10 (4)) están distribuidas en la mitad sur de la cuenca de San Juan en el oeste y muestran las siguientes características geofísicas.

(1) La distribución de bajos valores de resistividad específica se observa en general muy espesa y ampliamente.

(2) Se observa que la distribución de altos valores de resistividad específica es escasa cerca de la superficie de tierra.

(3) Los valores de resistividad específica en la zona del Proyecto se presentan en el rango relativamente bajo.

Se observa ampliamente afloración de lechos de fangolita en la zona del Proyecto que ofrece concordancia geológica con los resultados del sondeo eléctrico vertical realizado.

Hay poca posibilidad de que exista agua subterránea profunda en la zona del Proyecto según la base geológica y geofísica, mientras tanto, las perforaciones realizadas en la zona para el presente estudio trajeron como consecuencia hoyos secos. Se observa que la distribución de altos valores de resistividad específica es escasa cerca de la superficie de tierra y se evalúan que los valores de arriba se encuentran en el rango de resistividad específica aparente relativamente baja cementado por arcilla de granos finos y fango.

6) La operación de sondeo electromagnético se ha llevado a cabo en la zona, cubierta por rocas madres. Los valores de la conductividad eléctrica a profundidad se determinan en relación con la variación de espaciamiento interbobinal, es decir, alrededor de 15 m de profundidad en función de 10 m de separación o alrededor de 30 m de profundidad en función de 20 m de separación.

Se supone que las zonas de fallas y fracturas representan zonas de alta conductividad con características de baja resistividad específica, particularmente en las zonas de granitoides y rocas volcánicas del Cretáceo, que trae una notable diferencia entre la parte meteorizada y la no meteorizada. El sondeo electromagnético han resultado muy claro en el área de lechos de fangolita o lechos alternados de fangolita y piedra arenisca.

Las figuras 3.11 (1) y 3.11 (2) muestran resultados de la operación en El Cajuil y Piedra Blanca.