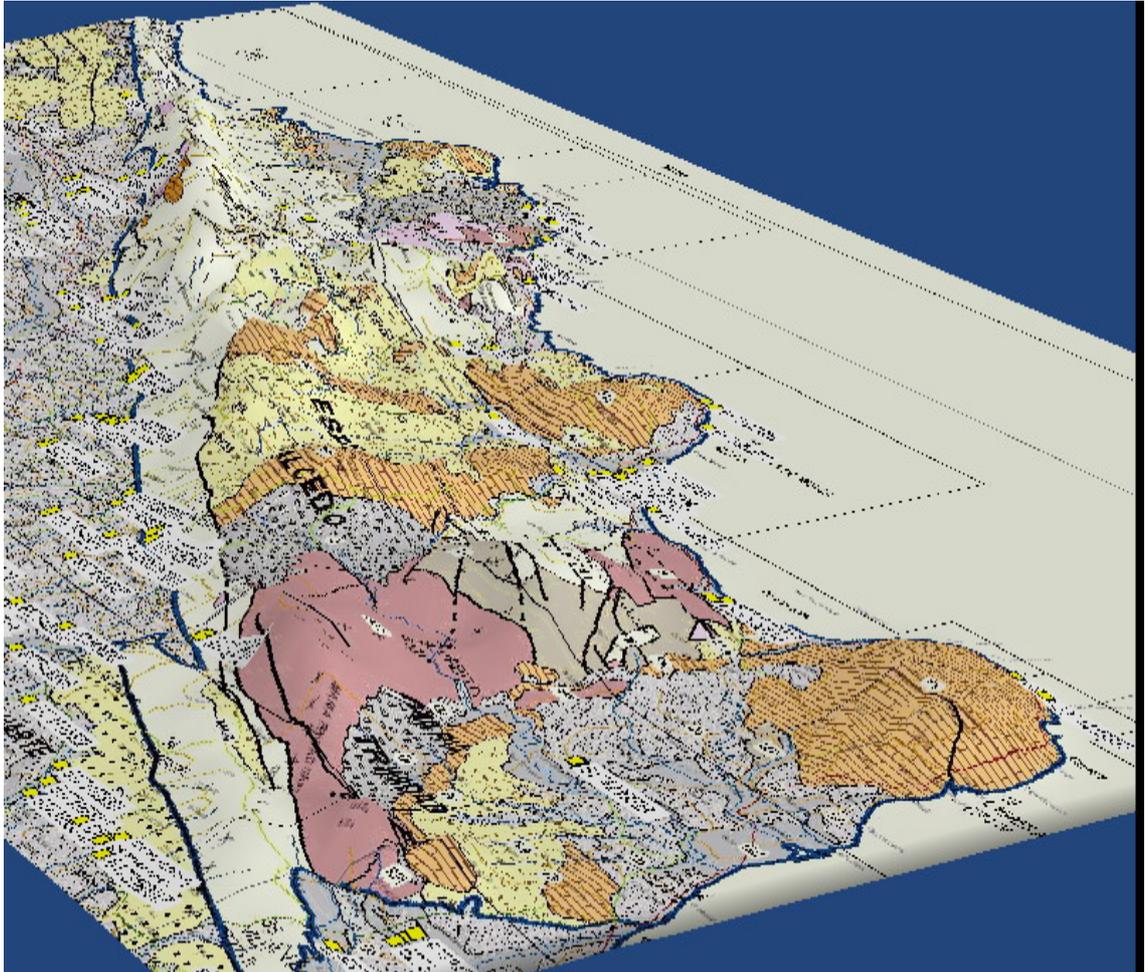


INFORME DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL



PROGRAMA SYSMIN



NOVIEMBRE 2004

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E INFORMACIÓN DE PARTIDA	1
2.	MARCO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO	5
2.1.	SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
2.2.	CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS	14
2.3.	ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DEMOGRÁFICA	16
3.	ESTUDIO AGRONÓMICO EN LA UNIDAD CORDILLERA SEPTENTRIONAL.....	29
3.1.	INTRODUCCIÓN	29
3.2.	DISTRITOS DE RIEGO	29
3.3.	USO AGRÍCOLA ACTUAL	30
3.4.	DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO	32
4.	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	37
4.1.	CLIMATOLOGÍA	37
4.1.1.	Información de partida.....	37
4.1.2.	Aplicación informática	40
4.1.3.	Análisis de la precipitación	40
4.1.4.	Análisis de la temperatura	47
4.1.5.	Evapotranspiración y lluvia útil	48
4.2.	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	59
4.2.1.	Red Hidrográfica e Infraestructura Hidráulica	59
4.2.2.	Análisis de datos de aforos históricos	61
4.2.3.	Red foronómica del estudio: Resultados de las campañas realizadas.....	65
4.2.4.	Relación entre los aforos históricos y los actuales.....	80
4.2.5.	Cálculo de los aportes subterráneos.....	83
5.	ESTUDIO DE EXTRACCIONES Y USOS.....	88
5.1.	INTRODUCCIÓN	88
5.2.	INFORMACIÓN DE PARTIDA	91
5.3.	ESTIMACIÓN DE EXTRACCIONES.....	91
5.3.1.	Usos Urbanos	91
5.3.2.	Usos agrícolas	92

6.	SÍNTESIS GEOLÓGICA	93
6.1.	INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	93
6.2.	ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.....	93
6.3.	ESTRUCTURA TECTÓNICA.....	94
6.4.	RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICION LITOLOGICO-ESTRUCTURAL Y SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO.....	98
7.	HIDROGEOLOGÍA.....	100
7.1.	MARCO HIDROGEOLÓGICO	100
7.2.	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA UNIDAD: SUBUNIDADES Y FORMACIONES ACUÍFERAS.....	100
7.3.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	111
7.3.1.	Análisis de datos previos existentes.....	111
7.3.2.	Inventario de puntos de agua de la Unidad.....	111
7.4.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS	128
7.5.	PIEZOMETRÍA E HIDROMETRÍA: CORRELACIONES PRECIPITACIONES-HIDROMETRÍA.....	130
7.6.	RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS.....	142
7.7.	RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES	144
8.	CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA	146
8.1.	DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	146
8.2.	CAMPAÑAS DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS <i>IN SITU</i>.....	150
8.2.1.	Primera campaña.....	150
8.2.2.	Segunda campaña.....	151
8.3.	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	157
8.3.1.	Determinaciones analíticas.....	157
8.3.2.	Laboratorios y Métodos de análisis	157
8.3.3.	Control de calidad analítica: error analítico	157
8.3.4.	Resultados analíticos de laboratorio	161
8.4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	162
8.4.1.	Caracterización hidroquímica general	162
8.5.	APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS.....	176
8.5.1.	Abastecimiento	176
8.5.2.	Regadío.....	183
8.5.3.	Distribución espacial de la calidad del agua subterránea.....	185

9.	FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO.....	186
9.1.	RECARGA	186
9.2.	DESCARGA	191
9.3.	ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO	196
10.	RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	202
10.1.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	202
10.2.	RECOMENDACIONES	220

PLANOS

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA CORDILLERA SEPTENTRIONAL

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E INFORMACIÓN DE PARTIDA

Como primera actividad se procedió a analizar y sintetizar toda la información bibliográfica recopilada en la fase inicial del estudio, en la que pudiera existir alguna referencia sobre la unidad de la Cordillera Septentrional, con objeto de poder valorar el estado de conocimiento actual sobre la citada unidad y utilizar dicha información para los diseños de redes de control hidrogeológico del proyecto y para servir de base de partida para las diferentes actividades del estudio.

La información de interés disponible responde, fundamentalmente, a estudios de carácter nacional o regional y a nivel de zonas más amplias que las del ámbito estricto de la unidad (cuencas o regiones completas), siendo muy escasa la información específica sobre esta unidad, en lo referente a su caracterización geométrica, hidrodinámica y de funcionamiento hidrogeológico, o sobre sus inventarios de puntos de agua, resultados de campañas de aforos, geofísica, sondeos, estudios de extracciones, agronómicos y planes de explotación.

Los estudios disponibles y con información de cierto interés, proceden, en su mayoría, del INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INDRHI), de la UNIÓN EUROPEA/INDRHI, de la SECRETARÍA GENERAL DE LA OEA, de la SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, de la DIRECCIÓN GENERAL DE LA MINERÍA (DGM), del INSTITUTO GEOGRÁFICO UNIVERSITARIO y del INSTITUTO CARTOGRÁFICO MILITAR, y contienen, fundamentalmente, información relativa a redes de control existentes a nivel nacional y regional (climatología y aforos) y a estudios hidrogeológicos de detalle de unidades contiguas (Valle del Cibao), así como a síntesis cartográficas geológica e hidrogeológica (a escala 1:250.000), planos topográficos (a escalas 1:500.000, 1:250.000 y 50.000), climatología (distribución de pluviometría y temperatura a escalas 1:500.000), vegetación, uso de la tierra y capacidad productiva (a escalas 1:500.000).

Por último, en el presente estudio se ha recopilado y analizado también determinada información original y sin elaborar, como han sido los casos de los datos en bruto aportados por las estaciones climáticas y foronómicas del INDRHI (en concreto de las Estaciones nº 0405: Quinigua, nº 0602: La Isabela, nº 1501: Los Jengibres y nº 1816: José Contreras.

Los citados estudios de carácter nacional o regional de los que se ha obtenido algún tipo de información e interés sobre la unidad de la Cordillera Septentrional han sido los siguientes (en el Anexo 1 de este informe se incluyen fichas bibliográficas de cada estudio utilizado):

Cuadro 1.1. Estudios de carácter nacional o regional utilizados

TÍTULO	ORGANISMO / AUTOR	AÑO DE REALIZACIÓN
Intensidades Máximas y Erosividad de Lluvias en la República Dominicana	SEA/IICA/INDRHI	1982
Plan Nacional de Investigación, aprovechamiento y Control de Aguas Subterráneas (PLANIACAS)	Tahal Consulting Engineers Ltd/INDRHI	1983
Plan de Desarrollo de la Zona Fronteriza (Provincias de Monte Cristi, Dajabón, Elías Piña, Independencia, Santiago Rodríguez, Bahoruco y Pedernales)	SECRETARÍA GENERAL DE LA OEA. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL	1987
Información sobre el Inventario de las Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas a Nivel Nacional	INDRHI/GTZ	1988
Anuario Hidrológico	INDRHI (Departamento de Hidrología)	1990
Planificación de la red Pluviométrica de la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1990
Proyecto de Código de Agua para la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1990
Inventario Nacional de los Recursos Hidráulicos Nacionales	INDRHI	1990
Situación Hídrica de los Sistemas Cerrados en la República Dominicana	INDRHI	1992
Atlas de Lluvias máximas en la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1993
Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Aguas para la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1993
Aguas Subterráneas en la Provincia de Salcedo	Ing. José Saint-Hilare (INDRHI)	1993
Plan Nacional de Ordenamiento de recursos Hidráulicos (DIAGNOSTICO)	OEA/INDRHI	1994
Evolución del Conocimiento de las Aguas Subterráneas en la República Dominicana	Ing. Héctor Rodríguez Morillo (CODIA)	1994
Distritos de Riego de la República Dominicana	INDRHI	1995
Síntesis de datos hidrogeológicos. Provincia Puerto Plata	INAPA	1996

TÍTULO	ORGANISMO / AUTOR	AÑO DE REALIZACIÓN
Provincia Puerto Plata		
Vegetación y uso de la tierra	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	1988-1996
Síntesis hidrogeológica del Valle de la Isabela, cuenca del río Bajabonico	Ing. Héctor Rodríguez Morillo (INDRHI)	2002

No se tiene constancia de la existencia de estudios hidrogeológicos o hidrológicos de detalle del entorno geográfico de la Cordillera Septentrional, a excepción de la Síntesis hidrogeológica del Valle de la Isabela, cuenca del río Bajabonico.

En lo referente a redes de control periódico, bases de datos y bases cartográficas y temáticas y estudios de infraestructuras consultados, se ha obtenido alguna información de interés referente a la citada unidad en las siguientes fuentes documentales:

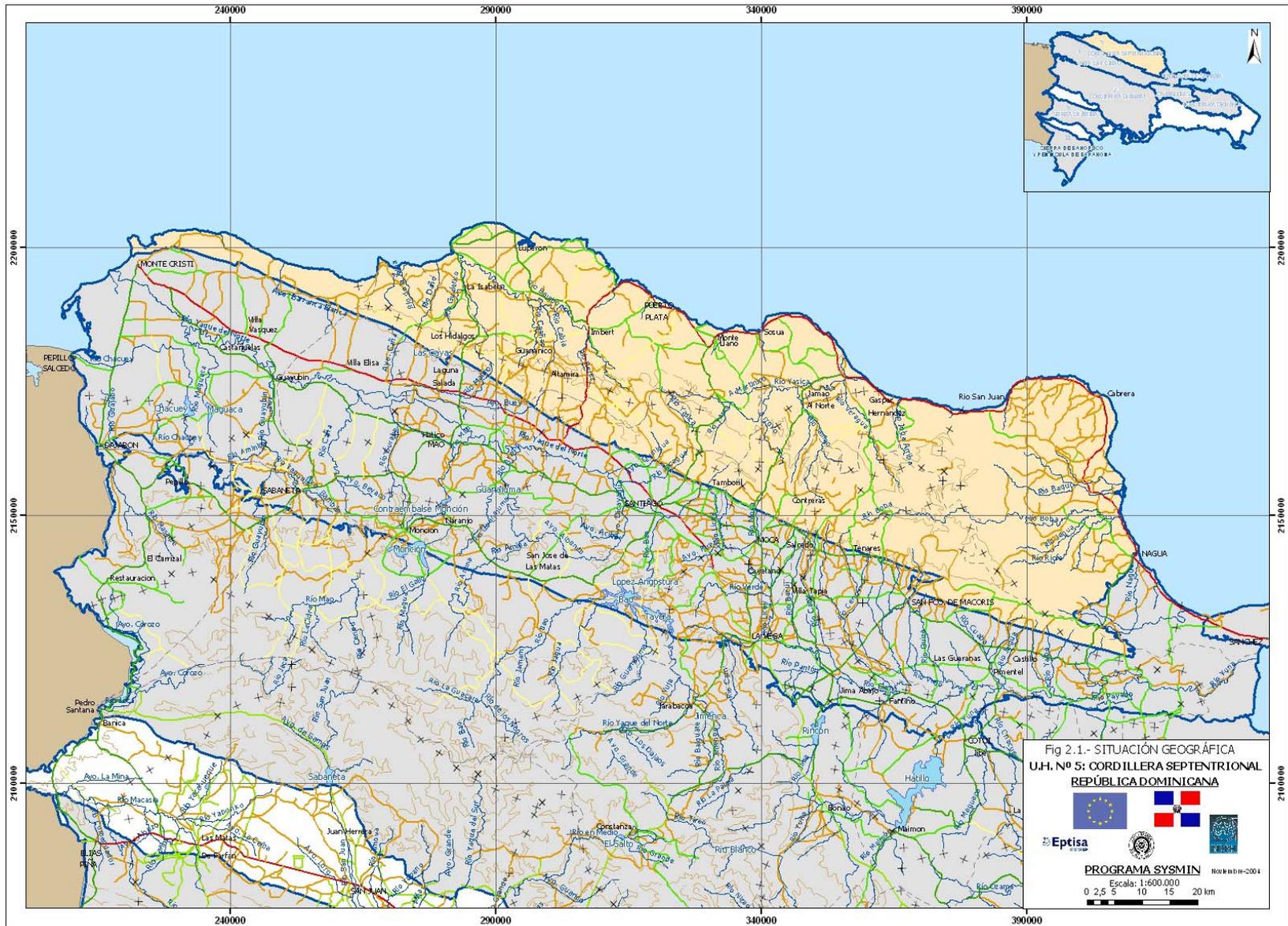
- Inventario de Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas a Nivel Nacional. INDRHI. 1988.
- Mapa de Estaciones Climáticas e Hidrométricas. INDRHI. 1995.
- Mapa Topográfico General de la República Dominicana (escala 1:250.000). Instituto Geográfico Universitario (Universidad Autónoma de Santo Domingo). 2001. Serie 1501: Hoja NE 19-1 y Hoja NE 19-2.
- Mapas Topográficos (escala 1:50.000). Instituto Cartográfico Militar. Diferentes años. (Hojas topográficas 5875 I: Montecristi; 5975 III: Villa Vázquez; 5975 I: Barracón; 5975 II: El Mamey; 6075 IV: Luperón; 6075 III: Imbert; 6074 IV: Esperanza; 6075 II: Puerto Plata; 6074 I: San Francisco Arriba; 6074 II: Santiago; 6175 III: Sabaneta de Yasica; 6174 IV: Gaspar Hernández; 6174 III: Salcedo; 6174 I: Río San Juan; 6174 II: Guayabito; 6173 I: Pimentel; 6274 IV: Cabrera; 6274 III: Nagua; y 6273 IV: Villa Riva.
- Mapa Geológico de la República Dominicana 1:250.000. Mapa Geológico General. Secretaría de Estado de Industria y Comercio. Dirección General de Minería. Instituto Geográfico Universitario. En colaboración con el Bundesanstalt Fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). República Federal de Alemania. 1991.: Hoja NE 19-1 y . Hoja NE 19-2.
- Mapa Hidrogeológico Escala 1:500.000. República Dominicana. INDRHI.1989.
- Mapa Hidrogeológico Escala 1:250.000. República Dominicana. INDRHI.1989: Hoja NE 19-5 y Hoja NE 19-2.

- Mapa de Presas en Operación en la República Dominicana. INDRHI. Departamento de Seguridad de Presas. División de Hidrogeología. Versión 2003.

2. MARCO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO

2.1. SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional se sitúa al norte de la isla, en la zona más septentrional, formada por la denominada Cordillera Septentrional, que ocupa la parte norte de la República Dominicana y que se extiende desde las vecindades de la ciudad Monte Cristi al oeste hasta Nagua al este; se orienta con dirección noroeste a sureste bordeando la costa del Atlántico, del que la separa una angosta llanura costera. También es conocida, en su extremo occidental, como Sierra de Monte Cristi. Separada de la Cordillera Central, de noroeste a sureste por el Valle de Cibao, y al este por el istmo de Samaná. La poligonal de la unidad ocupa una superficie próxima a los 4774 km², que se distribuyen, en su totalidad por las provincias de Monte Cristi (2 términos municipales, 4 secciones y 6 parajes) en el sector septentrional noroeste, Puerto Plata (7 términos municipales, 1 distrito municipal, 40 secciones y 412 parajes) y Espaillat (1 término municipal, 3 distritos municipales, 20 secciones y 161 parajes) en el sector septentrional, María Trinidad Sánchez (3 términos municipales, 14 secciones y 236 parajes) en el sector oriental, Valverde (2 términos municipales, 5 secciones y 38 parajes), Santiago (3 término municipal, 1 distrito municipal, 16 secciones y 116 parajes) y Salcedo (2 término municipal, 9 secciones y 108 parajes) en el sector meridional y Duarte (1 término municipal, 8 secciones y 200 parajes) en el sector meridional sureste. (Figura 2.1)



Los cursos de agua superficiales más significativos y relacionados con la unidad de la Cordillera Septentrional en el sector occidental y en la mitad septentrional son (de oeste a este) los siguientes:

- Río Guzmán, Maimón, y San Marcos de escaso recorrido Sur-Norte, y vertientes directamente al océano Atlántico

En la mitad meridional de este mismo sector (de oeste a este) son los siguientes:

- Ríos de la Jaiba y Caño Miguel de escaso recorrido Sur-Norte, y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Río Bajabonico afluente de distribución Este-Oeste, y vertiente directamente al océano Atlántico.
- Ríos Unijica, Navas, Canoa, Cabía, y Pérez, afluentes de distribución Sur-Norte, y vertiente hacia la cuenca del río Bajabonico.

En el sector central, y en la mitad septentrional son (de oeste a este) los siguientes:

- Ríos Muñoz, Camú del Norte, Mozón, Sosua, Veragua y Jaba Arriba de escaso recorrido Sur-Norte, y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Ríos Yasica afluente de distribución Suroeste-Noreste y vertiente directamente al océano Atlántico.

En la mitad meridional de este mismo sector (de oeste a este) son los siguientes:

- Ríos Jacagua, afluente de distribución Norte-Sur, y vertiente a la cuenca del Yaque del Norte.
- Ríos, Licey, y Canca, afluentes de distribución Norte-Sur, y vertientes a la cuenca del Yuna.

En el sector oriental son (de norte a sur) los siguientes:

- Los Ríos Baqui y Boba, afluentes de distribución Oeste-Este, y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Por ultimo el río Nagua también afluente de distribución Oeste-Este, y vertientes directamente al océano Atlántico aunque fuera de la unidad.

En rasgos generales, la unidad se incluye dentro de la Región Hidrológica Atlántica, integrando cinco cuencas hidrológicas interiores (Bajonico, Yasica, Boba, Nagua y Baqui) y tres costeras (Jaiba, Guamán y Joba Arriba).

En sentido general esta cordillera es conocida también como Sierra de Montecristi, se extiende en dirección Noroeste-Sureste desde las localidades próximas a la ciudad de Montecristi hasta un poco más al Este de las aldeas de Arenoso y Rincón Molenillos.

Al iniciarse cerca de Montecristi, comienza en una serie de colinas bajas, que van ascendiendo a medida que se avanza hacia el Este. Primero aparece el pico Murazo o Jicome, frente a la población de Esperanza con una altura de 1020 m.s.n.m., la cordillera culmina en la montaña de Diego de Ocampo con una altura de 1250 m.s.n.m. a la altura de Santiago de los Caballeros. Otros picos de interés son, El Peñón de 1100 metros de altura frente a la población de Tamboril, El Mogote de 970 m de altura frente a la población de Moca y la Loma Quita Espuela de 943 m de altura frente a la población de San Francisco de Macorís. A partir de esta montaña la cordillera comienza a descender hasta desaparecer en bajas colinas al llegar a los pantanos del Gran Estero, que se localiza en el istmo de Samaná.

La población del área de estudio es de unos 549769 habitantes, según la información del censo de 1993 a nivel de parajes, publicado por la Oficina Nacional de Estadística del Gobierno Dominicano, cuyos habitantes se distribuyen irregularmente por las poblaciones de las siguientes provincias, como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.1.1. Población del área de estudio por provincias

Provincia Monte Cristi		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Monte Cristi (población total de la provincia)		57044	38661	95705		104795
Municipios	Secciones	Parajes		<i>Población total de parajes</i>		
Monte Cristi	Las Peñas	1		726		
	El Rincón	1		120		
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>2</i>		<i>846</i>		
Guayubin	El Papayo	2		444		
	Sabana Cruz	2		1470		
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>4</i>		<i>1914</i>		
<i>Población total de la provincia en la unidad</i>				2760		

Provincia		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
Puerto Plata		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Puerto Plata (población total de la provincia)		104906	120579	261485		288602
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes		
San Felipe de Puerto Plata	Puerto Plata	31		85042		
	El Cupey	17		3800		
	Maimón	21		9024		
	Monte Llano	26		13857		
	Sabana Grande	7		2640		
	Tubagua	13		4185		
	Yasica Abajo	33		7340		
	El Toro	4		914		
<i>Total</i>	<i>8</i>	<i>152</i>		<i>126802</i>		
Altamira	Altamira	4		4124		
	El Mamey	5		1872		
	Escalera	17		2385		
	Higuero	6		1605		
	Los Llanos	7		1794		
	Palmar Grande	14		3741		
	Pescado Bobo	19		3675		
	Quebrada Honda	9		2015		
	Río Grande	11		3511		
<i>Total</i>	<i>9</i>	<i>92</i>		<i>24722</i>		
Guananico D.M.	Guananico D.M.	3		2459		
	Fundación	7		1622		
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>10</i>		<i>4081</i>		
Imbert	Imbert	1		6504		
	Cabia	9		2784		
	Caonao	9		1401		
	Las Canas	7		2445		
	Pérez	12		6016		
	Saballos	7		2550		
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>45</i>		<i>21700</i>		
Los Hidalgos	Los Hidalgos	1		2371		
	El Mamey Ranchete	8		2284		
	Marmolejos	17		5850		

Provincia Puerto Plata		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
	Unijica Abajo		9		2773	
<i>Total</i>	<i>4</i>		<i>35</i>		<i>13278</i>	
Luperón	Luperón		1		3014	
	Barrancón		8		2705	
	Cambiaso		6		1926	
<i>Total</i>	<i>3</i>		<i>15</i>		<i>7645</i>	
Sosua	Sosua		1		8685	
	Madre Vieja		1		1926	
	Sabaneta de		16		9071	
	Sabaneta de Yasica		12		9386	
<i>Total</i>	<i>4</i>		<i>30</i>		<i>29068</i>	
Villa Isabela	Villa Isabela		1		3385	
	Estero Hondo		13		3292	
	Gualeté		5		1306	
	Las Lagunas		14		5089	
<i>Total</i>	<i>4</i>		<i>33</i>		<i>13072</i>	
Población total de la provincia en la unidad					240368	

Provincia Españillat		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Españillat (población total de la provincia)		140696	61680	202376		210897
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes		
Gaspar Hernández	Gaspar Hernández		1			4550
	Bejuco Blanco		15			5900
	Joba Arriba		11			3785
	La Piragua		15			3045
	Magante		17			3758
	Ojo de Agua		14			6157
	Veragua Abajo		16			8090
<i>Total</i>	<i>7</i>		<i>89</i>			<i>35285</i>
José Contreras (D.M.)	José Contreras (D.M.)		1			880

Provincia Espaillat		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
	Camaronés	4			1781	
	Palma Herrada	5			1319	
	Rancho de los Plátanos	14			3075	
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>24</i>			<i>7055</i>	
Jameo al Norte (D.M.)	Jameo al Norte (D.M.)	3			1608	
	Jameo al Norte	9			2223	
	Jameo al Sur	9			1703	
	Los Brazos	2			1857	
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>23</i>			<i>7391</i>	
San Víctor (D.M.)	San Víctor (D.M.)	1			2607	
	San Víctor Abajo	3			4091	
	Los Almaceyes Arriba	5			1041	
	Puerto Grande	13			3393	
	La Ceiba de Madera	3			5201	
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>25</i>			<i>16333</i>	
Población total de la provincia en la unidad					66064	

Provincia María Trinidad Sánchez		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
M ^a Trinidad Sánchez (población total de la provincia)		83458	41499	124957		126848
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes		
Nagua	Nagua	8			25969	
	Corcobas	15			2094	
	El Guayabo	30			7930	
	Las Gordas	42			14475	
	Los Yayales	28			9750	
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>123</i>			<i>60218</i>	
Cabrera	Cabrera	1			3049	
	Abreu	32			6729	
	Arroyo Salado	11			6989	
	La Entrada	20			6563	

Provincia María Trinidad Sánchez		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
	La Jaguita	12		2923		
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>76</i>		<i>26253</i>		
Río San Juan	Río San Juan	1		3450		
	Los Cacaos	25		1891		
	Mata Puerco	11		2087		
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>37</i>		<i>7428</i>		
Población total de la provincia en la unidad				93899		

Provincia Valverde		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Valverde (población total de la provincia)		68275	83982	152257		144297
Municipios	Secciones	Parajes		<i>Población total de parajes</i>		
Esperanza	Jicome	13		3456		
	Loma de Damajagua	5		6446		
	Ponton	4		549		
	Loma de Maimón	6		324		
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>28</i>		<i>10775</i>		
Laguna Salada	Ranchete	10		2184		
<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>10</i>		<i>2184</i>		
Población total de la provincia en la unidad				12959		

Provincia Santiago		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Santiago (población total de la provincia)		284252	426252	710803		810462
Municipios	Secciones	Parajes		<i>Población total de parajes</i>		
Villa Bisono	Cañada Bonita	7		2141		
	La Lomota	9		1065		
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>16</i>		<i>3206</i>		
Tamboril	Tamboril	4		14551		
	Boca de Maizal	1		282		
	Canca la Piedra	8		6462		

Provincia Santiago		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
	Carlos Díaz	6		3193		
	Aguazumal Arriba	5		2173		
	Las Bocas del Licey	5		1850		
	Pontezuelo	3		3193		
	<i>Total</i>	<i>7</i>		<i>31704</i>		
Villa González	El Limón	7		3237		
	Las Lavas	6		3682		
	Macoris del Limón	8		1256		
	Palmar Abajo	14		5706		
	Quinagua	5		4185		
	<i>Total</i>	<i>5</i>		<i>18066</i>		
Pedro García D.M.	Pedro García D.M.	1		838		
	Las Auyamas	27		5243		
	<i>Total</i>	<i>2</i>		<i>6081</i>		
Población total de la provincia en la unidad				59057		

Provincia Salcedo		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Salcedo (población total de la provincia)		79142	22668	101810		91030
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes		
Salcedo	Jameo Afuera	24		8029		
	Los Cacaos	8		1150		
	Palmarito	12		6475		
	<i>Total</i>	<i>3</i>		<i>15654</i>		
Tenares	Tenares	8		6308		
	Blanco Arriba	29		5916		
	Boba Arriba	10		3241		
	Canete	9		1714		
	La Gran Parada	4		3508		
	Paso Hondo	4		6793		
	<i>Total</i>	<i>6</i>		<i>27480</i>		
Población total de la provincia en la unidad				43134		

Provincia Duarte		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Duarte (población total de la provincia)		134750	147129	281879		274858
Municipios	Secciones	Parajes		<i>Población total de parajes</i>		
San Francisco de	Damajagua	25		3930		
	Jaya	34		7124		
	La Joya	19		4947		
	Las Guazumas	13		7590		
	La Malena	40		5391		
	La Mesa	7		1350		
	La Peña	38		9224		
	Los Bejucos	24		4931		
<i>Total</i>	<i>8</i>	<i>200</i>		<i>44487</i>		
Población total de la provincia en la unidad				44487		

(*) Población total de la provincia, según información obtenida de la página de Internet (www.one.gov.do)

2.2. CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS

La Cordillera Septentrional, es la segunda cordillera en importancia del país, la misma mide 200 kilómetros de largo por 40 kilómetros de ancho, aproximadamente.

La vertiente, sur de la Cordillera Septentrional, limita en forma neta al Valle del Cibao, especialmente en su porción central y oriental. En las proximidades del norte de Santiago, la cordillera se recorta bruscamente y presenta escarpas muy pronunciadas. Esto se debe a la existencia de la falla Septentrional.

Esta cordillera es relativamente joven. Todas, o casi todas, sus formaciones geológicas datan del Terciario. En las proximidades de Monte Cristi se manifiesta como una serie de colinas bajas (siendo la más conocida el Morro) que van ascendiendo a medida que se avanza hacia el Este.

Aunque la Cordillera Septentrional no es muy alta, y su línea de horizonte es bastante uniforme, existen algunas montañas que sobresalen, como el pico Murazo o Jicomé, de 1020 m de altura, la montaña de Diego de Ocampo que, con 1249 m, es la de mayor altura de esta cordillera.

Otros picos hacia el Este son, El Peñón, con 1100 m.s.n.m. en sus inmediaciones se encuentra ámbar, y El Mogote, con 970 m.s.n.m.

A partir de este punto, a la Cordillera Septentrional se le daba el nombre de Sierra de Macorís. En esta parte oriental, la montaña más alta es la loma Quita Espuela, con 985 m de elevación. A partir de esta montaña, la cordillera comienza a descender hasta desaparecer en bajas colinas al llegar a los pantanos del Gran Estero.

La exposición a vientos alisios del nordeste, durante más de la mitad del año causa abundante precipitación orográfica en el flanco norte de la Cordillera, que es una importante región en la producción de café. Debido a una extensa deforestación, no quedan en esta cordillera tramos significativos de bosques vírgenes.

La existencia de la, ya dicha, activa falla Septentrional, que da unas elevaciones abruptas y caras plegadas en lado sur de la cordillera, hace que los ríos y arroyos de dicha vertiente sean de recorrido mucho más cortos que los de la vertiente norte, que fluyen hacia la costa del Océano Atlántico.

En cuanto a las características hidrológicas, dentro de la unidad se diferencian tres zonas:

- El sector occidental, en el cual el río más importante es el río Bajabonico que junto con sus afluentes (Unijica, Navas y Caonao) nacen dentro de la unidad, y desemboca en el océano Atlántico. El resto de los ríos (Jaiba, Caño Miguel, Guzmán y Maimón) son de escaso recorrido nacen dentro de la unidad y desembocan directamente al océano Atlántico.
- El sector central, el río más importante es el Yasica que nace dentro de la unidad y desemboca en el océano Atlántico. El resto de los ríos de la mitad septentrional (Muñoz, Camú del Norte, Mozón, Sosua, Veragua y Jaba Arriba) son de escaso recorrido Sur-Norte y vertientes directamente al océano Atlántico. Por el contrario, los ríos de la mitad meridional nacen dentro de la unidad y vierten sus aguas fuera de ella, el Jaragua en la cuenca del Yaque del Norte, y Canca y Licey en la Cuenca del Yuna.
- El sector oriental, la red hidrográfica compuesta por los ríos Baqui, Boba y Nagua nace dentro de la unidad y desembocan en el océano Atlántico, aunque el río Nagua pasa a la unidad contigua antes de su desembocadura.

2.3. ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DEMOGRÁFICA

Desde el punto de vista administrativo, el área de estudio se sitúa dentro de la región Norte o Cibao, ocupando, a su vez, parte del territorio de las provincias de Monte Cristi, Espaillat, María Trinidad Sánchez, Valverde, Santiago, Salcedo, Duarte y Puerto Plata completa.

En lo referente a distribución de municipios, en el área de estudio se incluyen veintiún términos municipales y cinco distritos municipales, en las ocho provincias mencionadas. Estos municipios comprenden un total de 116 secciones y 1277 parajes, cuya distribución, por términos municipales y provincias, se presenta en el cuadro 2.3.1.

Cuadro 2.3.1. Distribución de provincias, municipios y parajes, dentro del área de estudio

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (1993)
Monte Cristi	Monte Cristi		2	2	846
	Guayubin		2	4	1914
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>2760</i>
Puerto Plata	San Felipe de Puerto Plata		8	152	126802
	Altamira		9	92	24722
		Guananico	2	10	4081
	Imbert		6	45	21700
	Los Hidalgos		4	35	13278
	Luperón		3	15	7645
	Sosua		4	30	29068
	Villa Isabela		4	33	13072
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>240368</i>
Espaillat	Gaspar Hernández		7	89	35.285
		José Contreras	4	24	7055
		Jameo al Norte	4	23	7391
		San Víctor	5	25	16333
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>66064</i>
María Trinidad	Nagua		5	123	60218

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (1993)
Sánchez	Cabrera		5	76	26253
	Río san Juan		4	37	7428
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>93899</i>
Valverde	Esperanza		4	28	10775
	Laguna Salada		1	10	2184
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>12959</i>
Santiago	Villa Bisono		2	16	3206
	Tamboril		7	32	31704
	Villa González		5	40	18066
		Pedro García	2	28	6081
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>59.057</i>
Salcedo	Salcedo		3	44	15654
	Tenares		6	64	27480
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>43134</i>
Duarte	San Francisco de Macoris		8	200	44487
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>44487</i>
<i>Total población en las Unidades</i>					<i>549769</i>

El incremento de población es variable según los datos consultados, así pues, la FAO incrementa la población en 1.7% en el período 1990/1997 para todo el país y el incremento obtenido de los datos de población entre los años 1993 y 2001 publicados por la Oficina nacional de Estadística del Gobierno Dominicano, en el área de estudio el incremento es del 2.66% en el periodo 93/04 de media entre las provincias que se encuentran dentro de la unidad, estimándose una población total de 577697 habitantes, según se indica en el cuadro 2.3.2.

En cuanto a su distribución, prácticamente la mitad de la población (42.72%), se integra en la provincia de Puerto Plata (246762 habitantes), el 16.68% en la provincia de María Trinidad Sánchez (96397 habitantes), el 11.74% en la provincia de Espaillat (67821 habitantes), el 10.50% en la provincia de Santiago (60628 habitantes), el 7.90% en la provincia de Duarte

(45670 habitantes), el 7.66% en la provincia de Salcedo (44281 habitantes), el 2.30% en la provincia de Valverde (13304 habitantes), y el 0.50% restante en la provincia de Monte Cristi (2833 habitantes).

La densidad de población en el área de estudio es de 121 hab/km², próxima a la media del país (182 hab/km²).

Cuadro 2.3.2. Población estimada para el año 2004, por municipios

PROVINCIA	TÉRMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Monte Cristi	Monte Cristi		2	2	869
	Guayubin		2	4	1965
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					2833
Puerto Plata	San Felipe de Puerto Plata		8	152	130175
	Altamira		9	92	25380
		Guananico	2	10	4190
	Imbert		6	45	22277
	Los Hidalgos		4	35	13631
	Luperón		3	15	7848
	Sosua		4	30	29841
	Villa Isabela		4	33	13420
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					246762
Espaillat	Gaspar Hernández		7	89	36224
		José Contreras	4	24	7243
		Jameo al Norte	4	23	7588
		San Víctor	5	25	16767
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					67821
María Trinidad Sánchez	Nagua		5	123	61820
	Cabrera		5	76	26951
	Río san Juan		4	37	7626
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					96397

PROVINCIA	TÉRMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Valverde	Esperanza		4	28	11062
	Laguna Salada		1	10	2242
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>13304</i>
Santiago	Villa Bisono		2	16	3291
	Tamboril		7	32	32547
	Villa González		5	40	18547
		Pedro García	2	28	6243
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>60628</i>
Salcedo	Salcedo		3	44	16070
	Tenares		6	64	28211
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>44281</i>
Duarte	San Francisco de Macoris		8	200	45670
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>45670</i>
<i>Total población en las Unidades</i>					<i>577697</i>

En cuanto al número de habitantes por subunidades hidrogeológicas, queda recogido en los cuadros 2.3.3 a 2.3.5.

Cuadro 2.3.3. Población de la Subunidad Luperón-Guayacanes

SUBUNIDAD LUPERON-GUAYACANES	Provincia Monte Cristi			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Monte Cristi	Las Peñas		1	726
CristiMonte	El Rincón		1	120	123
	<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>846</i>	<i>869</i>
Guayubin	El Papayo		2	444	456
	Sabana Cruz		2	1470	1509
	<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>1914</i>	<i>1965</i>

Población total de la provincia en la unidad			2760	2833
Provincia Puerto Plata			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
San Felipe de Puerto Plata	El Cupey	17	3800	3901
	Maimón	21	9024	9264
	El Toro	4	914	938
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>42</i>	<i>13738</i>	<i>14103</i>
Altamira	Altamira	4	4124	4234
	El Mamey	5	1872	1922
	Escalera	17	2385	2448
	Higuero	6	1605	1648
	Los Llanos	7	1794	1842
	Palmar Grande	14	3741	3841
	Pescado Bobo	19	3675	3773
	Quebrada Honda	9	2015	2069
	Río Grande	11	3511	3604
<i>Total</i>	<i>9</i>	<i>92</i>	<i>24722</i>	<i>25380</i>
Guananico D.M.	Guananico D.M.	3	2459	2524
	Fundación	7	1622	1665
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>10</i>	<i>4081</i>	<i>4190</i>
Imbert	Imbert	1	6504	6677
	Cabia	9	2784	2858
	Caonao	9	1401	1438
	Las Canas	7	2445	2510
	Pérez	12	6016	6176
	Saballo	7	2550	2618

	<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>45</i>	<i>21700</i>	<i>22277</i>
Los Hidalgos	Los Hidalgos		1	2371	2434
	El Mamey Ranchete		8	2284	2345
	Marmolejos		17	5850	6006
	Unijica Abajo		9	2773	2847
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>35</i>	<i>13278</i>	<i>13631</i>
Luperón	Luperón		1	3014	3094
	Barrancón		8	2705	2777
	Cambiaso		6	1926	1977
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>15</i>	<i>7645</i>	<i>7848</i>
Villa Isabela	Villa Isabela		1	3385	3475
	Esteros Hondo		13	3292	3380
	Gualeté		5	1306	1341
	Las Lagunas		14	5089	5224
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>33</i>	<i>13072</i>	<i>13420</i>
Población total de la provincia en la unidad				98236	100849
Provincia Valverde				Población	Población
				(1993)	(2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
Esperanza	Jicome		13	3456	3548
	Loma de Damajagua		5	6446	6617
	Ponton		4	549	564
	Loma de Maimón		6	324	333
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>28</i>	<i>10775</i>	<i>11062</i>
Laguna Salada	Ranchete		10	2184	2242
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>2184</i>	<i>2242</i>
Población total de la provincia en la unidad				12959	13304

	Provincia Santiago			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
Villa Bisono	Cañada Bonita		7	2141	2198
	La Lomota		9	1065	1093
<i>Total</i>	<i>2</i>		<i>16</i>	<i>3206</i>	<i>3291</i>
Tamboril	Tamboril		4	14551	14938
	Boca de Maizal		1	282	290
	Carlos Díaz		6	3193	3278
	Aguazumal Arriba		5	2173	2231
<i>Total</i>	<i>4</i>		<i>16</i>	<i>20199</i>	<i>20736</i>
Villa González	El Limón		7	3237	3323
	Las Lavas		6	3682	3780
	Macoris del Limón		8	1256	1289
	Palmar Abajo		14	5706	5858
	Quinagua		5	4185	4296
<i>Total</i>	<i>5</i>		<i>40</i>	<i>18066</i>	<i>18547</i>
Pedro García D.M.	Pedro García D.M.		1	838	860
	Las Auyamas		27	5243	5382
<i>Total</i>	<i>2</i>		<i>28</i>	<i>6081</i>	<i>6243</i>
Población total de la provincia en la unidad				47552	48817
POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD				161507	165803

Cuadro 2.3.4. Población de la Subunidad Sabaneta-El Choco

SUBUNIDAD SABANETA-EL CHOCO	Provincia Puerto Plata			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		

San Felipe de Puerto Plata	Puerto Plata	31	85042	87304
	Monte Llano	26	13857	14226
	Sabana Grande	7	2640	2710
	Tubagua	13	4185	4296
	Yasica Abajo	33	7340	7535
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>110</i>	<i>113064</i>	<i>116072</i>
Sosua	Sosua	1	8685	8916
	Madre Vieja	1	1926	1977
	Sabaneta de Cangrejos	16	9071	9312
	Sabaneta de Yasica	12	9386	9636
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>30</i>	<i>29068</i>	<i>29841</i>
Población total de la provincia en la unidad			142132	145913
Provincia Santiago			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
Tamboril	Canca la Piedra	8	6462	6634
	Las Bocas del Licey	5	1850	1899
	Pontezuelo	3	3193	3278
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>16</i>	<i>11505</i>	<i>11811</i>
Población total de la provincia en la unidad			11505	11811
Provincia Espaillat			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
Gaspar Hernández	Gaspar Hernández	1	4550	4671
	Bejuco Blanco	15	5900	6057
	Joba Arriba	11	3785	3886
	La Piragua	15	3045	3126

	Magante	17	3758	3858
	Ojo de Agua	14	6157	6321
	Veragua Abajo	16	8090	8305
	<i>Total</i>	<i>7</i>	<i>35285</i>	<i>36224</i>
José Contreras (D.M.)	José Contreras (D.M.)	1	880	903
	Camarones	4	1781	1828
	Palma Herrada	5	1319	1354
	Rancho de los Plátanos	14	3075	3157
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>7055</i>	<i>7243</i>
Jameo al Norte (D.M.)	Jameo al Norte (D.M.)	3	1608	1651
	Jameo al Norte	9	2223	2282
	Jameo al Sur	9	1703	1748
	Los Brazos	2	1857	1906
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>7391</i>	<i>7588</i>
San Víctor (D.M.)	San Víctor (D.M.)	1	2607	2676
	San Víctor Abajo	3	4091	4200
	Los Almaceyes Arriba	5	1041	1069
	Puerto Grande	13	3393	3483
	La Ceiba de Madera	3	5201	5339
	<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>16333</i>	<i>16767</i>
Población total de la provincia en la unidad			66064	67821
Provincia Salcedo			Población (1993)	Población (1993)
Municipios	Secciones	Parajes		
Salcedo	Jameo Afuera	24	8029	8243
	Los Cacaos	8	1150	1181
	Palmarito	12	6475	6647

	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>44</i>	<i>15654</i>	<i>16070</i>	
	Tenares	Tenares	8	6308	6476	
		Blanco Arriba	29	5916	6073	
		Boba Arriba	10	3241	3327	
		Canete	9	1714	1760	
		La Gran Parada	4	3508	3601	
		Paso Hondo	4	6793	6974	
	<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>64</i>	<i>27480</i>	<i>28211</i>	
	Población total de la provincia en la unidad				43134	44281
	Provincia Duarte				Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes			
	San Francisco de Macoris	Jaya	34	7124	7313	
		La Joya	19	4947	5079	
		Las Guazumas	13	7590	7792	
		La Malena	40	5391	5534	
La Mesa		7	1350	1386		
Los Bejucos		24	4931	5062		
<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>137</i>	<i>31333</i>	<i>32166</i>		
Población total de la provincia en la unidad				31333	32166	
POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD				294168	301993	

Cuadro 2.3.5. Población de la Subunidad Cabo Francés-Guaconejo

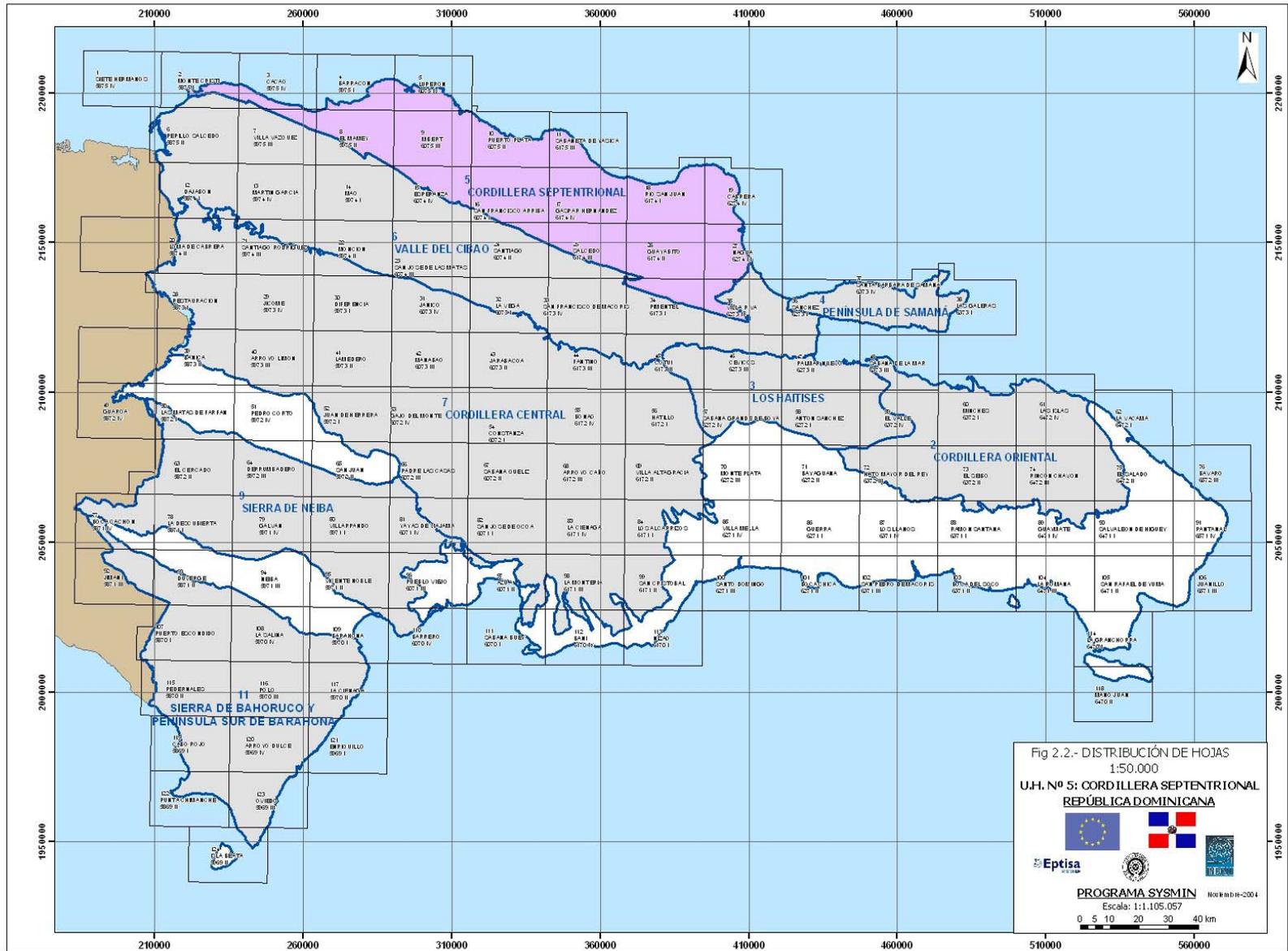
SUBUNIDAD CABO FRANCÉS-GUACONEJO	Provincia María Trinidad Sánchez			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Nagua	Nagua	8	25969	26660

	Corcobas	15	2094	2150
	El Guayabo	30	7930	8141
	Las Gordas	42	14475	14860
	Los Yayales	28	9750	10009
	<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>60218</i>	<i>61820</i>
Cabrera	Cabrera	1	3049	3130
	Abreu	32	6729	6908
	Arroyo Salado	11	6989	7175
	La Entrada	20	6563	6738
	La Jaguita	12	2923	3001
	<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>26253</i>	<i>26951</i>
Río San Juan	Río San Juan	1	3450	3542
	Los Cacaos	25	1891	1941
	Mata Puerco	11	2087	2143
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>7428</i>	<i>7626</i>
Población total de la provincia en la unidad			93899	96397
Provincia Duarte			Población	Población
			(1993)	(2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
San Francisco de Macoris	Damajagua	25	3930	4035
	La Peña	38	9224	9469
	<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>13154</i>	<i>13504</i>
Población total de la provincia en la unidad			13154	13504
POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD			107053	109901

En cuanto a la distribución de la población por subunidades, la mayor parte (52.27%), se integra en la subunidad Sabaneta-El Choco (301993 habitantes), el 28.70% en la subunidad Luperón-Guayacanes (165803 habitantes), y el 19.03% restante en la subunidad Cabo Francés-Guaconejo (109901 habitantes).

Finalmente, en lo referente a la distribución de hojas topográficas (figura 2.2), la U.H. Cordillera Septentrional se incluye, de forma parcial, en las siguientes 20 hojas topográficas a escala 1:50.000 (de oeste a este y de norte a sur):

- Hoja nº 2 Monte Cristi 5875 I
- Hoja nº 3 Cacao 5975 IV
- Hoja nº 4 Barracón 5975 I
- Hoja nº 5 Luperón 6075 IV
- Hoja nº 7 Villa Vázquez 5975 III
- Hoja nº 8 El Mamey 5975II
- Hoja nº 9 Imbert 6075III
- Hoja nº 10 Puerto Plata 6075 II
- Hoja nº 11 Sabaneta de Yasica 6175 III
- Hoja nº 15 Esperanza 6074 IV
- Hoja nº 16 San Francisco Arriba 6074 I
- Hoja nº 17 Gaspar Hernandez 6174 IV
- Hoja nº 18 Río San Juan 6174 I
- Hoja nº 19 Cabrera 6274 IV
- Hoja nº 24 Santiago 6074 II
- Hoja nº 25 Salcedo 6174 III
- Hoja nº 26 Guayabito 6174 II
- Hoja nº 27 Nagua 6274 III
- Hoja nº 34 Pimentel 6173 I
- Hoja nº 35 Villa Riva 6273 IV



3. ESTUDIO AGRONÓMICO EN LA UNIDAD CORDILLERA SEPTENTRIONAL

3.1. INTRODUCCIÓN

La práctica totalidad de la superficie bajo riego en la República Dominicana está constituida por Sistemas de Riego Públicos (SRP) divididos en pequeños (menores de 1000 ha) y grandes (mayores de 1000 ha), bajo la gestión del INDRHI. Esta clasificación también coincide con los sistemas de riego tradicionales y modernos, respectivamente. Los primeros ocupan una superficie cercana a las 97710 ha, y los segundos ocupan una extensión de 172000 ha. Existen nueve áreas administrativas denominadas Distritos de Riego (DR). Estos DR no coinciden en sus límites con las cuencas hidrográficas, ni con la poligonal de las unidades hidrogeológicas, estando compuestos por un total de 290 sistemas de riego, diferenciados generalmente por la fuente de suministro de agua. El número de usuarios de estos sistemas de riego asciende a un total de 69652.

El distrito de riego está subdividido en zonas y las zonas en sectores. El sector es la última expresión territorial y en su perímetro están comprendidas distintas haciendas. La hacienda está subdividida luego en parcelas de riego de 15 tareas (aproximadamente 1 ha) de extensión promedio cada una.

Se entienden por superficies agrarias aquéllas actualmente cultivadas, o aquéllas que revelan haberlo sido hasta hace algunos años atrás, en estos casos es difícil efectuar una precisa delimitación de las superficies agrícolas, en cuanto se encuentran áreas muy extensas que han sido parcialmente cultivadas por algunos años y luego han sido abandonadas al bosque hasta la reconstitución de una cierta fertilidad.

En el área de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional se encuentran las siguientes áreas agrícolas.

3.2. DISTRITOS DE RIEGO

Dentro de la unidad, se encuentra parte de los siguientes distritos de riego: Bajo Yaque del Norte, Alto Yaque del Norte, Yuna-Camu (alto Yuna), y Bajo Yuna. Estos distritos a su vez están divididos en zonas y subzonas de riego, en las cuales encontramos sistemas de riego, diferenciados generalmente por la fuente de suministro de agua.

En la U.H. de la Cordillera Septentrional actualmente, existen 14147.20 hectáreas de terreno dedicados a la agricultura, de las cuales 2987.3 ha se encuentran dentro del distrito de riego del Alto Yaque del Norte, y 11159.92 ha en el distrito del Bajo Yuna, no existiendo en la actualidad superficies agrícolas en la unidad tanto en el distrito del bajo Yaque del Norte como en Yuma-Camu (Alto Yuna). Esta extensión de terreno es insignificante si la comparamos con los 4774 Km² que abarca la poligonal de la unidad, esto es así, dado la orografía del terreno. Limitándose las áreas de cultivo a valles de los ríos Boba y Bajabonico en su parte baja.

En el cuadro 3.2.1. se presenta la información de los diferentes sistemas de riego que encontramos dentro de la unidad, por zonas y subzonas de distrito de riego, con su denominación, superficie de riego y fuente de suministro de agua.

En la figura 3.1 se observa la distribución espacial de los sistemas y canales de riego por subunidades hidrogeológicas.

Cuadro 3.2.1. Sistemas de riego dentro de la unidad, por zonas de distrito de riego

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	Río Bajabonico
		PRYN I y II	424.1	Río Yaque del Norte
		Total	2987.3	
Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	Río Bacul
		Boba	7725.12	Río Boba/captaciones
		Cerro al Medio	1328.34	Río Boba
		Ochoa	687.18	Río Bacul
		Sn	850.37	Río Bacul
		Total	11159.92	
TOTAL superficie irrigada (ha)			14147.22	

A continuación se detalla el uso agrícola de las zonas regadas dentro de la unidad.

3.3. USO AGRÍCOLA ACTUAL

Las características agronómicas de cada una de las zonas de riego del distrito, que se incluye dentro de la poligonal de las unidades difieren algo en cuanto a los principales cultivos efectuados, a los calendarios de cultivo y al origen del recurso utilizado, así pues, a continuación se realiza una descripción de cada una de ellas:

- En las zonas de riego del distrito del Alto Yaque del Norte, los cultivos que ocupan la mayor extensión son el arroz, plátano, guineo, tabaco, habichuela, yuca, batata y cebolla los cuales se cultivan principalmente entre abril y septiembre.

En la zona de riego de Santiago se localizan dos áreas, una a ambos márgenes del río Bajabonico próximo a su desembocadura, en la cual los cultivos principales son, arroz, plátano, guineo, tabaco, habichuela, yuca, batata y cebolla, cuya superficie está regada principalmente con aguas superficiales. La segunda de las áreas se extiende de noreste a sureste en pequeños retazos de terreno cultivado del sistema de riego de PRYN I y II en el límite con la unidad del Valle de Cibao, en la cual los cultivos principales son, arroz, plátano, guineo, tabaco, habichuela, yuca, batata y cebolla, cuya superficie está regada principalmente con aguas superficiales.

En general se pueden identificar seis tipos principales de uso agrícola de la tierra:

- 1 – Tabaco de otoño-invierno en rotación con maíz en primavera
- 2 – Habichuela de otoño-invierno en rotación con siembras anuales de primavera
- 3 – Plátanos y otras musáceas permanentes
- 4 – Hortícolas con uno o varios ciclos anuales
- 5 – Frutales
- 6 – Pastizales permanentes implantados y naturales

Los calendarios de cultivo de los distintos productos que se dan en las zonas de riego de este distrito dentro de la unidad, queda recogido en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.1. Calendario de los cultivos zona de Santiago

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
tabaco												
plátano-guineo												
yuca												
habichuela-frijol												
cebolla												
batata												
pasto												

- En las zonas de riego del distrito del Bajo Yuna el cultivo que ocupan la mayor extensión es el arroz, como cultivo principal y en general se realizan dos ciclos agrícolas durante el año (ciclo de invierno y ciclo de verano).

En la zona de riego de Nagua los sistemas de riego se encuentran concentrados entre los ríos Caño Claro y Jagua, aunque la mayor extensión se observa entre los ríos Baqui y Boba, en la cual el cultivo principal es el arroz aunque también se cultiva yautia, la superficie de esta zona, está regada principalmente con aguas superficiales.

En general se pueden identificar dos tipos principales de uso agrícola de la tierra:

1 – Arroz (ciclo de invierno)

2 – Arroz (ciclo de verano)

Los calendarios de cultivo de los distintos productos que se dan en las zonas de riego de este distrito dentro de la unidad, queda recogido en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.2. Calendario de los cultivos zona de Nagua

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
yautia												

3.4. DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO

Las demandas de agua para riego, dependen de las necesidades hídricas de cada cultivo, estas necesidades hídricas se han obtenido del documento del Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana del año 2000. En el cual, para hacer el cálculo de los volúmenes de agua necesarios para cada tipo de cultivos en los distintos distritos de riego, se determinó mediante la realización de un balance hídrico agronómico promedio para cada tipo de cultivo.

Este balance, requirió información sobre los suelos, clima y sobre todo las características de los cultivos.

Para calcular las demandas de agua de cada cultivo por área fue necesario conocer; el área a regar, el programa de cultivos, el ciclo vegetativo de cada cultivo, las precipitaciones y demás aportes hídricos, y la eficiencia total del sistema de riego.

El balance hídrico ha permitido determinar los probables volúmenes de agua que pueden ser utilizados por los cultivos, para cada una de las zonas de riego que se incluyen dentro de la unidad, en aquellas zonas de riego en las cuales no se dispone de información suficiente para determinar la demanda de agua por tipo de cultivo, se ha determinado una demanda media a partir de los datos obtenidos del resto de las zonas de riego, cuyos valores quedan recogidos en el cuadro 3.4.1.

Cuadro 3.4.1. Volúmenes de agua que pueden ser utilizados por tipo de cultivos.

Tipo de cultivo	Demanda de agua en m ³ /ha/año
maíz	6840
arroz	7568
tomate	3234
Caña	11951
musáceas	13376
yuca	6813
frijol	3377
pimiento	5826
guandul	5006
frutales	11880
papaya	11810
sorgo	5291
cebolla	4278
maní	5765
berenjena	5585
batata	5170
uva	11149
Coco	6125
otros cultivos	4533
pastos	5596

Una vez obtenidas las demandas de agua necesarias para cada tipo de cultivo en las diferentes zonas de la unidad, se elaboró el promedio del movimiento agrícola (datos obtenidos del documento "Resumen Nacional del Movimiento Agrícola en las Áreas de Cultivo Bajo Riego" correspondiente al periodo agrícola 01/02. y 02/03), considerando para cada especie la superficie sembrada y aquellas bajo siembra al final de cada año agrícola, el valor obtenido así, se indica en los cuadros 3.4.2. y 3.4.3.

Cuadro 3.4.2 Promedio de superficie sembrada y cosechada en los dos últimos años en la zona de riego de Santiago

CULTIVOS	SANTIAGO (ha).	
	SEMBRADA	COSECHADA
ARROZ F	1448	1512
ARROZ R	1222	1026
HABICHUELA	38	30
MAIZ	265	313
SORGO	82	108
GUANDUL	113	347

CULTIVOS	SANTIAGO (ha).	
	SEMRADA	COSECHADA
GUINEO	241	1419
YUCA	492	480
BATATA	21	24
TOMATE	73	94
CEBOLLA	115	78
AJI	134	253
BERENGENA	40	87
PEPINO	35	55
MOLONDRON	24	3
AUYAMA	19	21
CILANTRO	13	15
OTRAS HORT.	12	42
TABACO	761	735
LECHOSA	106	261
AGUACATE	10	412
MELON	15	10
PIÑA	3	0
SABILA	8	0
PASTOS NAT.	25	1421
GUINEA/MERC	1	66
TOTALES	5665	10642

Cuadro 3.4.3 Promedio de superficie sembrada y cosechada en los dos últimos años en la zona de riego de Nagua

CULTIVOS	NAGUA (ha).	
	SEMRADA	COSECHADA
ARROZ F	11043	11659
ARROZ R	1779	0
YAUTIA	355	171
TOTALES	13178	11830

Obtenidas las superficies de cultivos sembradas por zonas de riego, e identificadas las superficies irrigadas por subunidades hidrogeológicas, según se indica en el cuadro 3.4.4. Se calcularon las demandas de agua medias por hectareas para cada una de las subunidades hidrogeológicas, obteniéndose el volumen total demandado por cada sistema de riego, según se indica en el cuadro 3.4.6.

Cuadro 3.4.4. Superficies irrigadas por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
Luperón Guayacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2
			PRYN I y II	424.1
			Total	2987.3
Cabo Francés Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91
			Boba	7725.12
			Cerro al Medio	1328.34
			Ochoa	687.18
			Sn	850.37
			Total	11159.92
TOTAL superficie irrigada (ha)				14147.22

Cuadro 3.4.5. Volumen total de agua demandada por cada sistema de riego

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Demanda media por ha (m ³ /ha/año)	Volumen total (hm ³)
Luperón Guayacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	8260	21.17
			PRYN I y II	424.1		3.50
			Total	2987.3		24.68
Cabo Francés Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	7557	4.30
			Boba	7725.12		58.38
			Cerro al Medio	1328.34		10.04
			Ochoa	687.18		5.19
			Sn	850.37		6.43
			Total	11159.92		84.34
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				14147.22		109.01

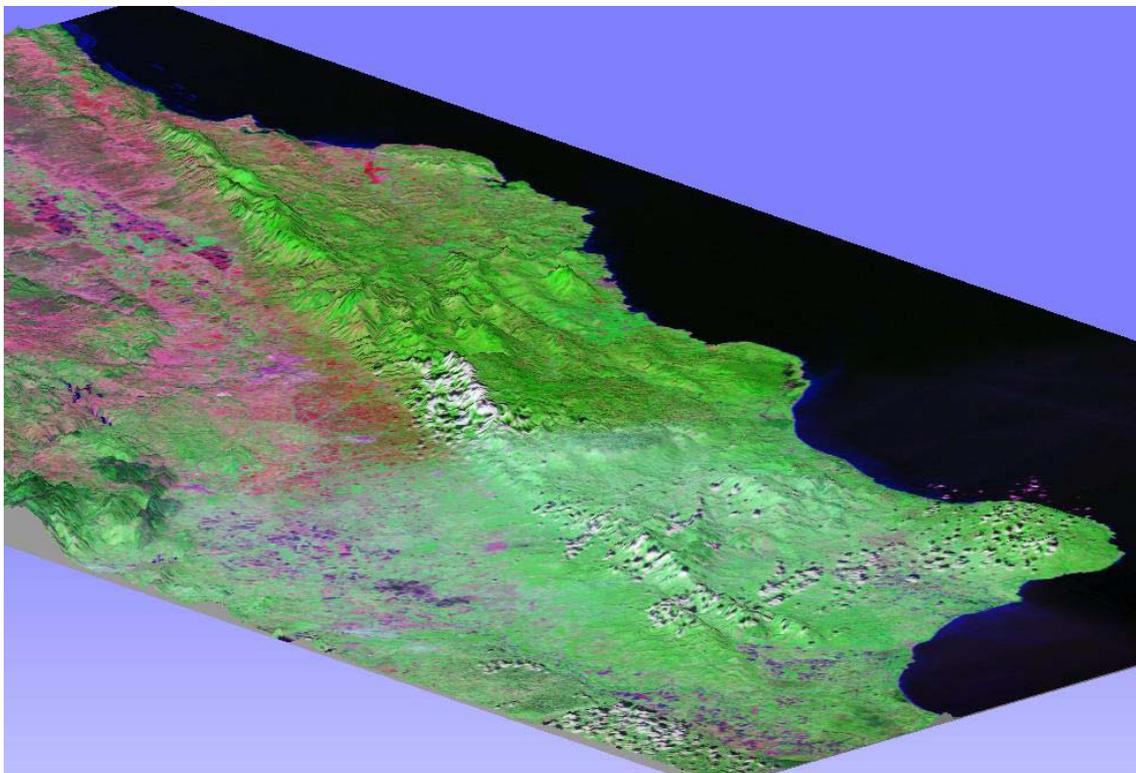
El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 109.01 hm³/año, de los cuales 9.49 hm³/año son extracciones de agua subterránea dedicadas al riego de seis sistemas de riego en toda la unidad, de los cuales uno pertenecen a la subunidad Luperón-Guayacanes y cinco a la subunidad del Cabo Francés-Guaconejo, y cuyos valores se han obtenido entre el 5 y 10% del volumen total de agua demandada en aquellos sistemas de riego de los cuales se tiene información a cerca de captaciones, y cuyos datos quedan recogidos en el cuadro 3.4.6.

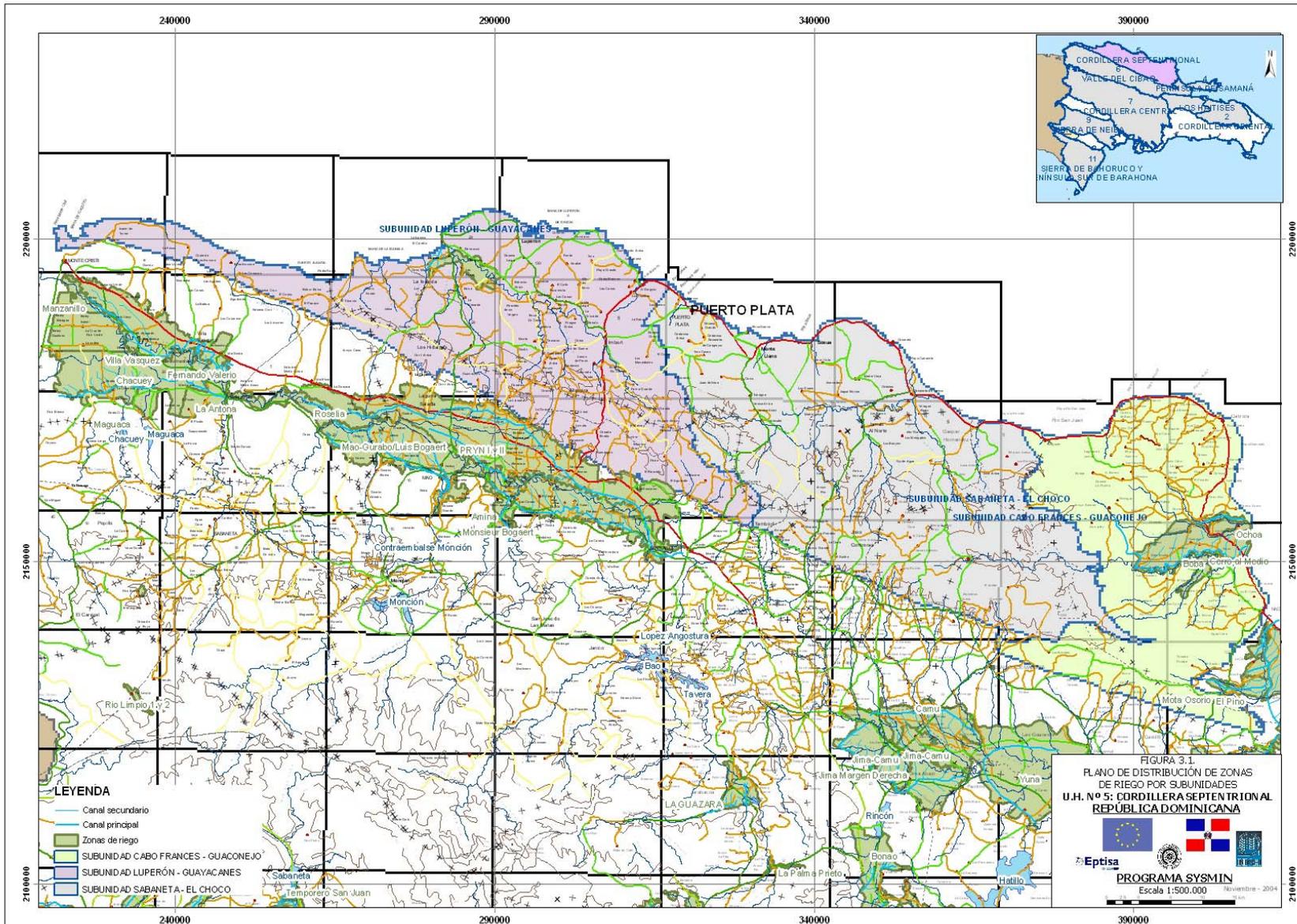
Cuadro 3.4.6. Extracciones de aguas subterráneas para riego

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm ³)	Total extracciones (hm ³)
Luperón	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	21.17	1.06
Guavacanes			Total	2563.2	21.17	1.06
Cabo Francés	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	4.30	0.43
Guaconejo			Boba	7725.12	58.38	5.84
			Cerro al Medio	1328.34	10.04	1.00
			Ochoa	687.18	5.19	0.52
			Sn	850.37	6.43	0.64
	Total	11159.92	84.34	8.43		
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				13723.12	105.51	9.49

La siguiente figura está tomada a partir de una imagen de satélite Landsat de la República Dominicana. Los colores rojizos muestran zonas de riego. En esta unidad se ve en los aluviales de los ríos Bajabonico y Boba.

Figura 3.2. Imagen de satélite de la Cordillera Septentrional





4. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

4.1. CLIMATOLOGÍA

El objetivo del estudio hidroclimático es la identificación, caracterización y cuantificación de los volúmenes hídricos relacionados con las variables climáticas en la zona de estudio. El planteamiento del estudio es eminentemente práctico, de forma que los resultados obtenidos son aplicables al modelo de funcionamiento hidrogeológico de la zona y, por tanto, al correspondiente balance hídrico.

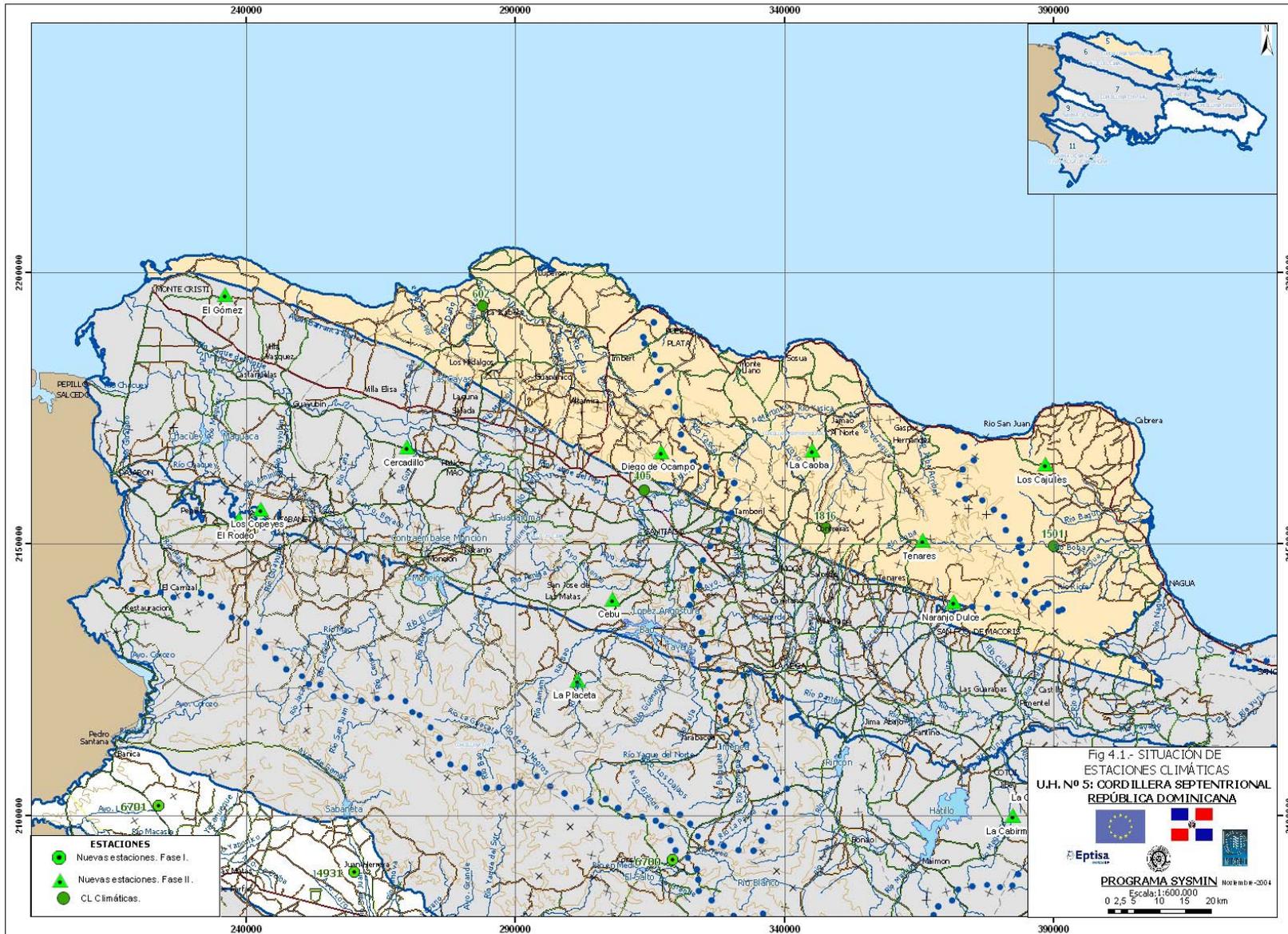
Para alcanzar los objetivos propuestos se han realizado, de una forma consecutiva, las siguientes actividades:

- Selección de las estaciones pluviométricas y termométricas a utilizar.
- Restitución y completado de las series de datos pluviométricos y termométricos de las estaciones seleccionadas para el periodo 1975-2002.
- Análisis de los datos pluviométricos, considerando años tipo.
- Análisis de los datos termométricos.
- Cálculo de la evapotranspiración potencial según Hargreaves.
- Cálculo de la evapotranspiración real y lluvia útil mediante el método del balance de agua en el suelo.

4.1.1. Información de partida

La información de partida que se ha empleado para la realización del presente estudio hidroclimático, consiste en series de datos de precipitación y temperatura de una selección de estaciones climáticas procedentes del INDRHI. Se han utilizado aquellas estaciones con mayor número de años con registro de datos, y/o aquellas que por su situación se ha considerado de utilidad incluirlas. Asimismo, se han utilizado como referencia los datos de medias mensuales de las estaciones climáticas del proyecto. En concreto, los datos de precipitación, temperatura y evaporación de las estaciones climáticas 14: Naranjo Dulce; 18: Tenares; 19: Los Cajules; y 20: Diego de Ocampo. Las características de dichas estaciones se pueden observar en el Anexo 2. No existen estaciones que representen todas las zonas del estudio, de manera que en la zona norte de la Cordillera Septentrional no existen estaciones. Del mismo modo, algunas de las estaciones existentes presentan una serie demasiado corta de mediciones, de manera que su

utilización no se considera de validez en este estudio. Se ha considerado como parte del estudio una estación situada en la Unidad Hidrogeológica 06 Valle del Cibao, al sur de la Cordillera Septentrional, para completar la falta de datos en la Unidad (estación 0405– Quinigua). En la figura 4.1 se muestran las estaciones climáticas existentes en la unidad hidrogeológica de Cordillera Septentrional. Están representadas las estaciones del INDRHI, así como las estaciones que se instalaron durante la realización de esta fase, Fase II del Estudio Hidrogeológico Nacional. En este estudio hidroclimático no se utilizarán este último grupo de estaciones por presentar todavía una serie muy corta de años.



4.1.2. Aplicación informática

El tratamiento de los datos de precipitación y temperatura, que permite obtener la lluvia útil, se ha realizado utilizando el conjunto de programas informáticos HIDROBAS, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid. En la Memoria General se describe con detalle esta aplicación informática.

4.1.3. Análisis de la precipitación

4.1.3.1. Estaciones pluviométricas utilizadas

Para la realización del presente estudio se han utilizado las series mensuales de precipitación de diez estaciones climáticas (ver figura 4.1). Todas las estaciones se sitúan en la Unidad Hidrogeológica 05: Cordillera Septentrional. En el cuadro 4.1.1 se enumeran las estaciones utilizadas, con sus principales datos de localización.

Cuadro 4.1.1. Estaciones pluviométricas seleccionadas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
0405	QUINIGUA	CL	19° 31' 35"	70° 46' 25"	138
0602	LA ISABELA	CL	19° 49' 48"	71° 3' 50"	30
1501	LOS JENGIBRES	CL	19° 26' 20"	70° 2' 50"	15
1816	JOSÉ CONTRERAS	CL	19° 28' 0"	70° 27' 0"	685

4.1.3.2. Módulos pluviométricos anuales y años tipo

El período de años considerado para el estudio de la precipitación es de 1975 a 2002, ambos incluidos, lo que representa un total de 28 años.

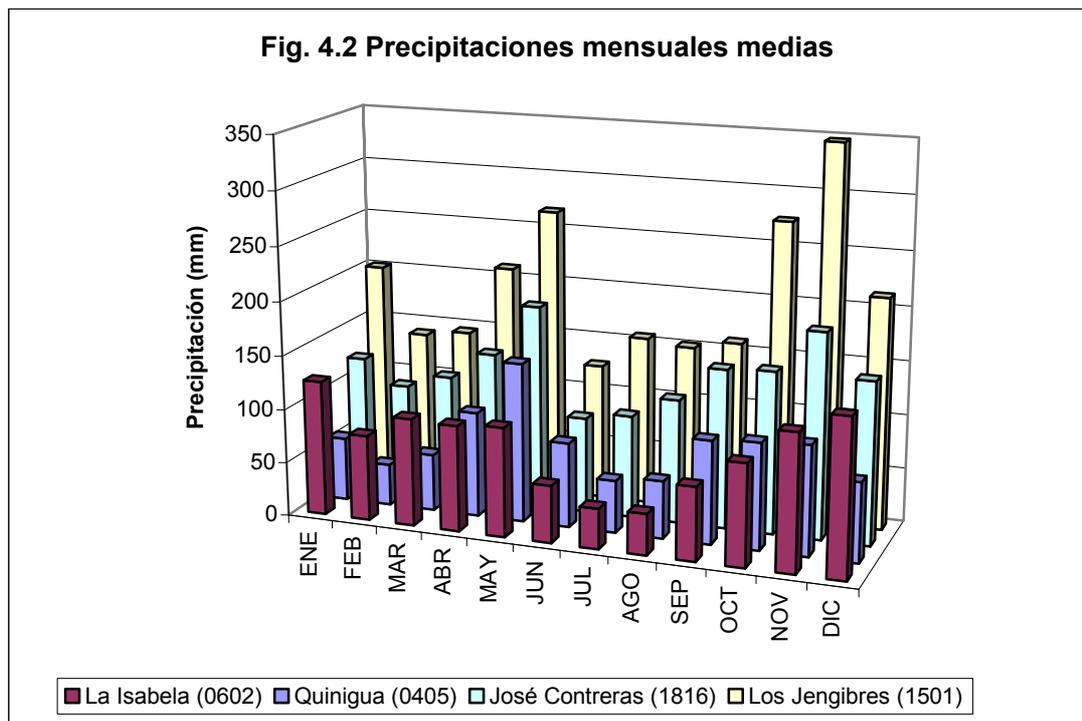
Las series originalmente recopiladas presentan una calidad similar (Documentación Complementaria). Para cubrir todas las lagunas de información de las series se procedió a su completado, que se realizó con una corrección ortogonal entre estaciones. En función del valor del coeficiente de correlación resultante, se eligieron aquellas estaciones que iban a actuar como estaciones base para restituir a las otras estaciones los datos que les faltaran. Las series mensuales tratadas y completas de precipitación total de cada estación para el período de 28 años considerado se encuentran en el Anexo 3.1. Los módulos pluviométricos anuales para cada estación en el período de años considerado se observan en el cuadro 4.1.2, donde puede

observarse que los valores anuales calculados son muy variables, obteniéndose una media de precipitación en la zona de estudio de 1501.7 mm.

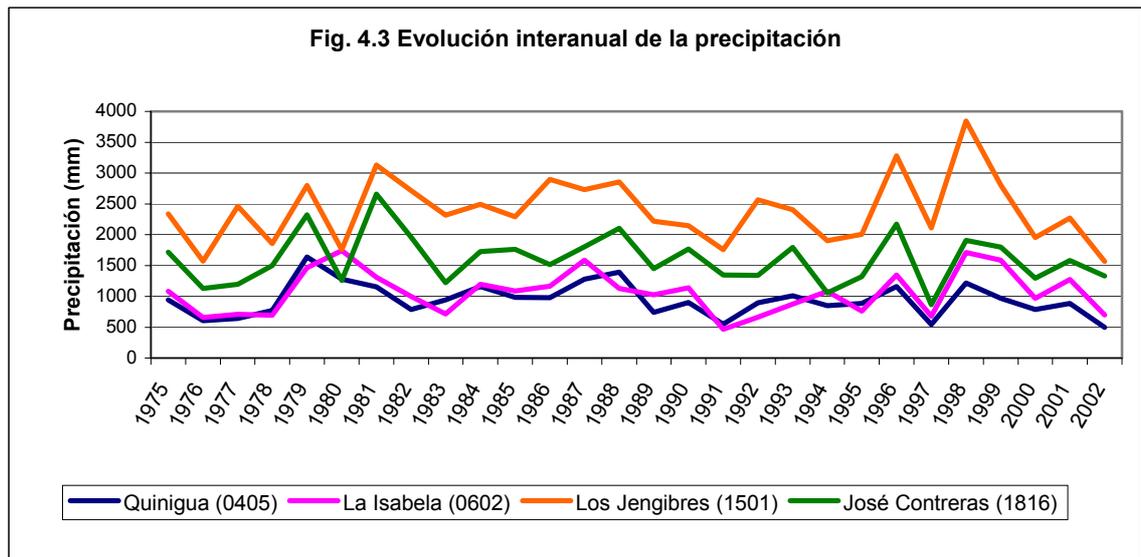
Cuadro 4.1.2. Módulo pluviométrico anual (en mm)

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MÓDULO DE PLUVIOMETRÍA ANUAL (mm)
0405	QUINIGUA	944.7
0602	LA ISABELA	1065.4
1501	LOS JENGIBRES	2393.6
1816	JOSÉ CONTRERAS	1603.4
	MEDIA	1501.7

En la figura 4.2. se representa la distribución mensual de la precipitación de las cuatro estaciones: Quinigua (0405, 138 m.s.n.m.), La Isabela (0602, 30 m.s.n.m.), Los jengibres (1501, 15 m.s.n.m.) y José Contreras (1816, 685 m.s.n.m.). Puede observarse que la distribución mensual de las precipitaciones presenta un régimen bimodal, con un pico máximo en noviembre y otro en mayo. Los meses más secos son febrero, marzo, julio y agosto. La estación de Los Jengibres (1501) presenta los valores más elevados de pluviometría, siendo las precipitaciones correspondientes a las estaciones de La Isabela (0602) y Quinigua (0405) las más bajas.



La evolución interanual de la precipitación en estas cuatro estaciones para los 28 años analizados, se representa en la figura 4.3. En general, la pluviometría evoluciona de forma similar en las cuatro estaciones, siendo la estación de Los Jengibres (1501) la que presenta la mayor precipitación registrada.

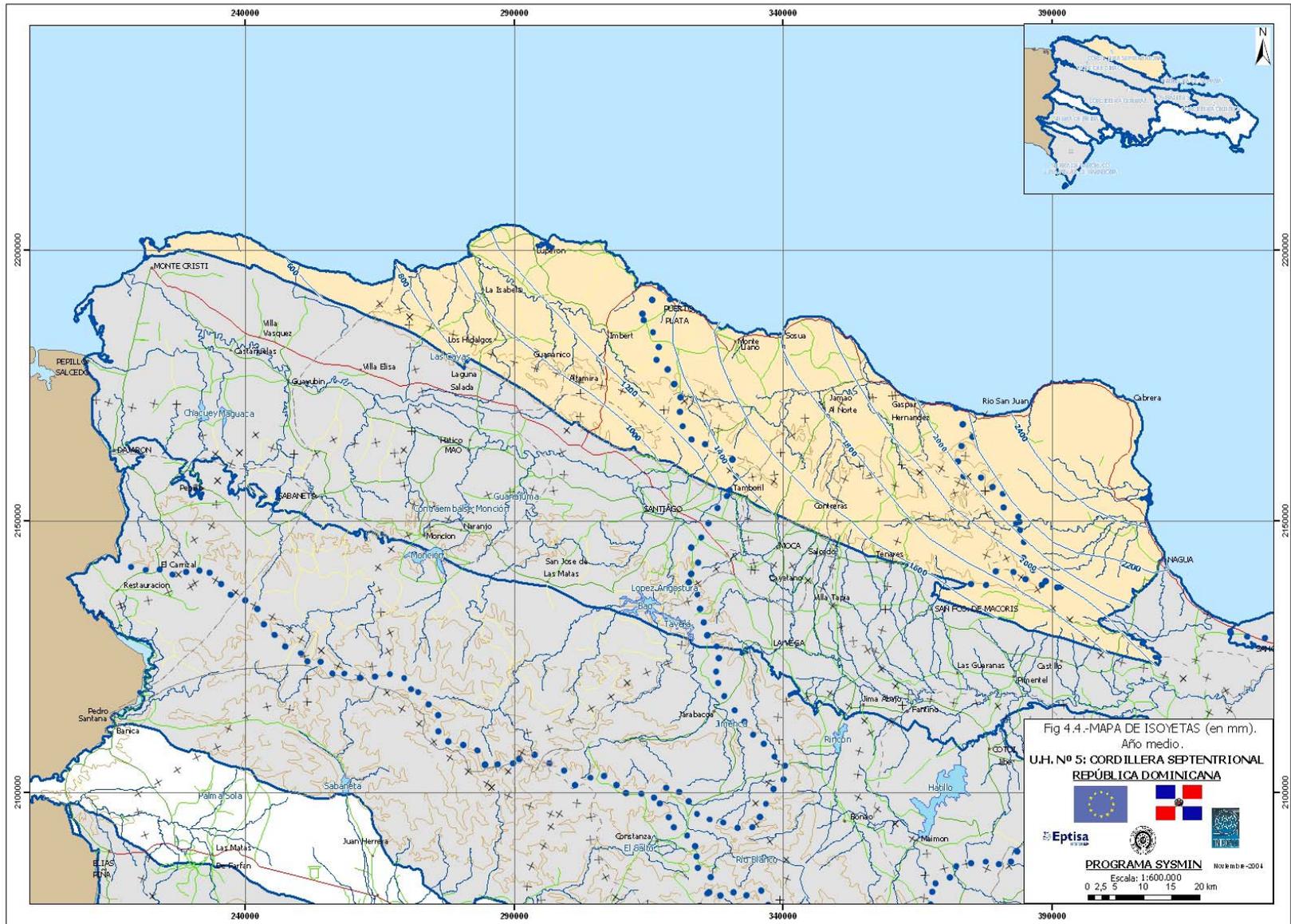


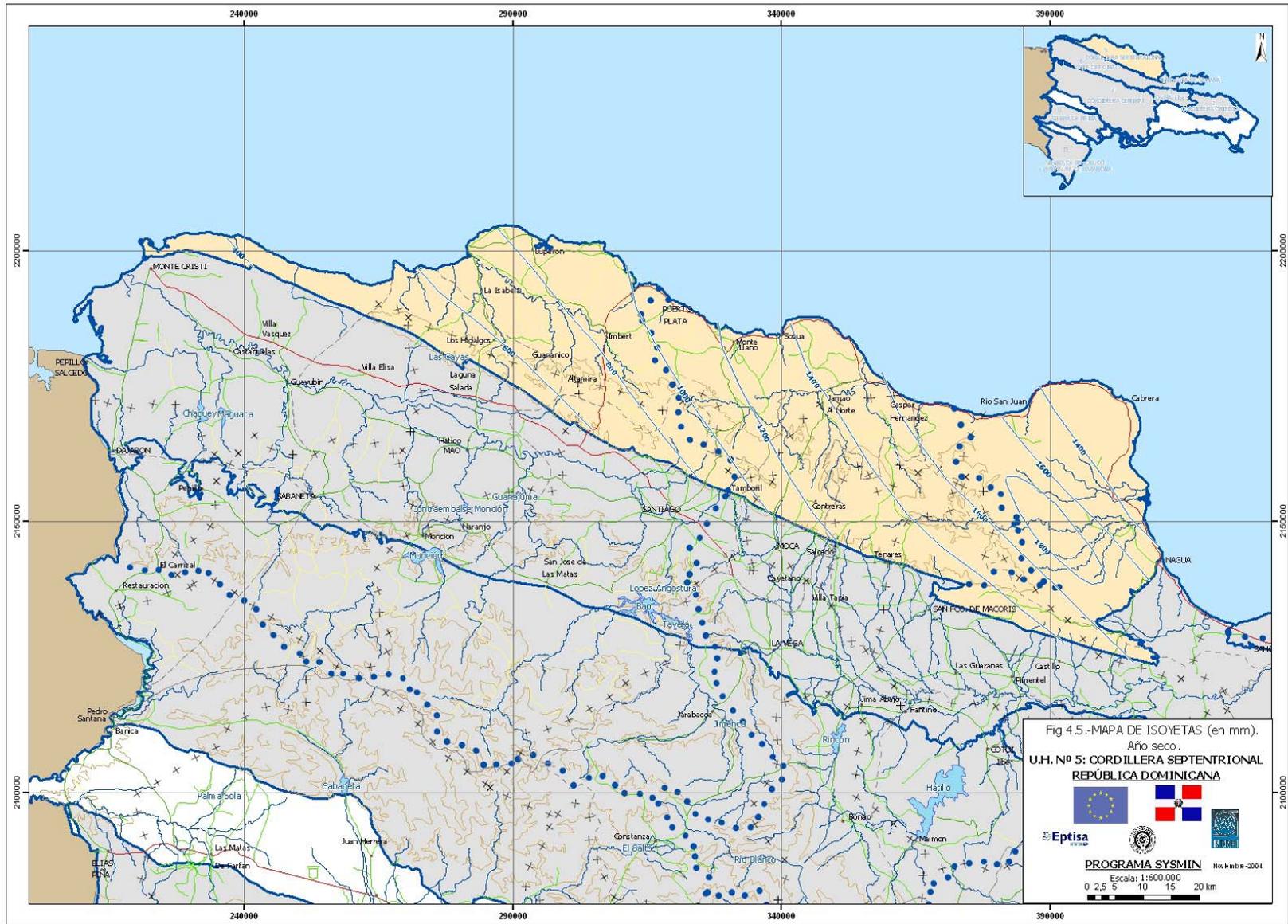
Para la definición de los años tipo (seco, medio y húmedo) de cada estación se han ajustado las series de valores de precipitación total anual obtenidas para cada estación a una distribución de Goodrich. Aquellos años con un valor de pluviometría anual menor que el correspondiente a la probabilidad de 0.35 son considerados secos, y aquellos con una pluviometría mayor que la correspondiente a la probabilidad de 0.65 se consideran húmedos. En el Anexo 3.1 se presentan las series de los años tipo para cada una de las estaciones, con indicación de los valores medios mensuales que conforman el año tipo medio (toda la serie), año tipo seco (años secos) y año tipo húmedo (años húmedos). Los valores anuales de precipitación para los años tipo de cada estación se presentan en el cuadro 4.1.3.

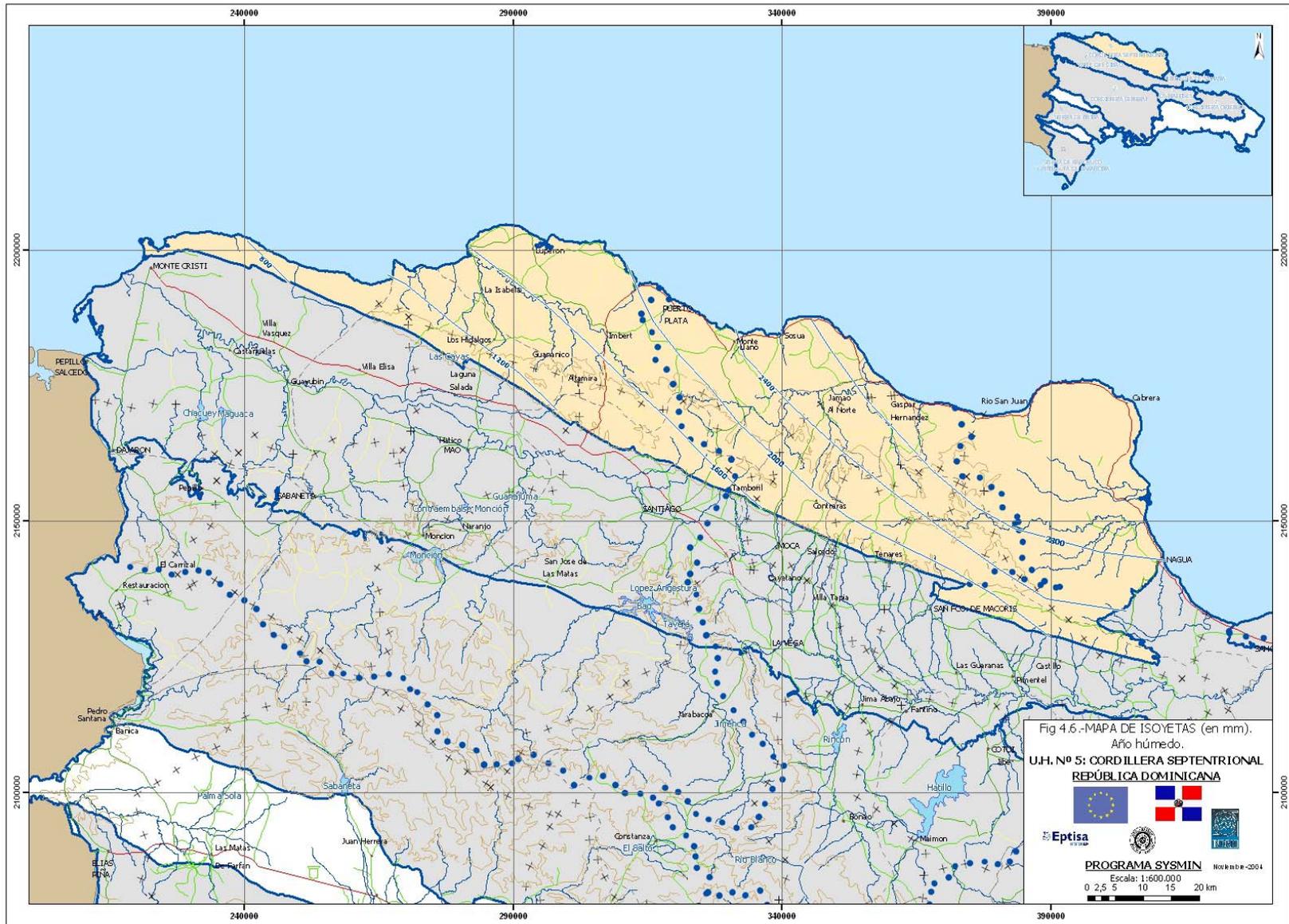
Cuadro 4.1.3. Precipitación anual (en mm) para los años tipo

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
0405	QUINIGUA	658.2	944.7	1285.4
0602	LA ISABELA	692.1	1065.4	1469.1
1501	LOS JENGIBRES	1831.0	2393.6	2961.0
1816	JOSÉ CONTRERAS	1215.5	1603.4	2004.3
	MEDIA	1099.2	1501.7	1930.0

En las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 se representan las isoyetas para los años medio, seco y húmedo, respectivamente. La pluviometría más elevada se produce en zona noroeste de la Unidad, en la estación de Los Jengibres (1501), situada a 15 m.s.n.m. Las menores precipitaciones registradas corresponden a las estaciones de Quinigua, situada a 138 m.s.n.m. y La Isabela, a 30 m.s.n.m.







4.1.4. Análisis de la temperatura

Para la realización del presente estudio, han sido utilizadas las series de temperaturas medias mensuales de las cuatro estaciones climáticas utilizadas para el análisis de la precipitación (Figura 4.7). El período de años considerado es de 28 años, entre 1975 y 2002. Las estaciones utilizadas, así como sus principales datos de localización, se indican en el cuadro 4.1.4.

Cuadro 4.1.4. Estaciones termométricas

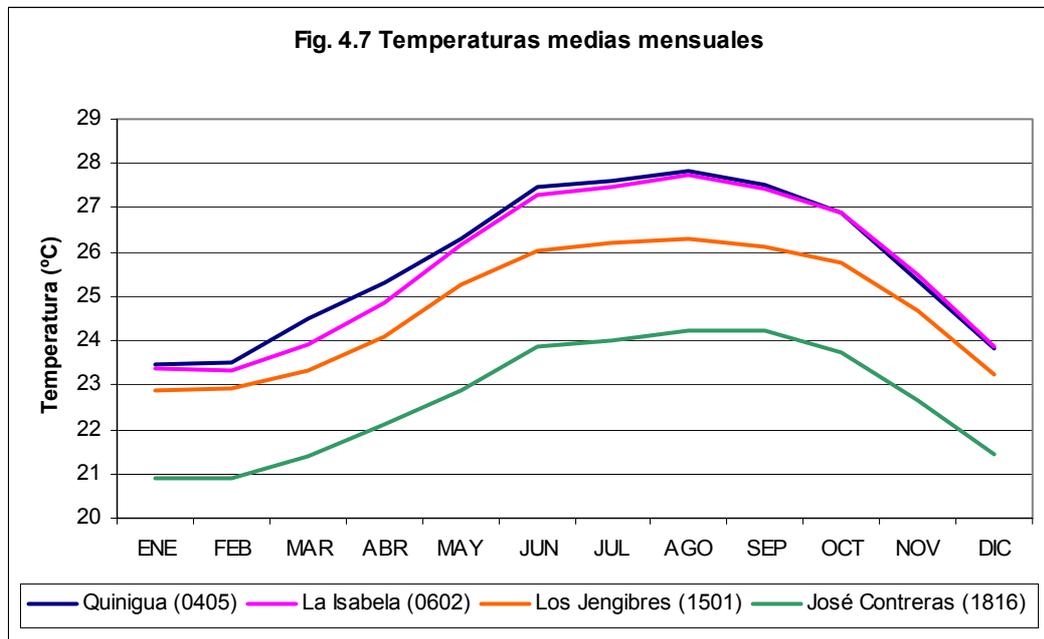
CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
0405	QUINIGUA	19° 31' 35"	70° 46' 25"	138
0602	LA ISABELA	19° 49' 48"	71° 3' 50"	30
1501	LOS JENGIBRES	19° 26' 20"	70° 2' 50"	15
1816	JOSÉ CONTRERAS	19° 28' 0"	70° 27' 0"	685

Al igual que en las series pluviométricas, y utilizando la misma metodología, se procedió a la correlación y restitución de las series de temperatura incompletas. En la Documentación Complementaria se presentan las series de temperatura media originales, mientras que en el Anexo 3.2 se muestran estas series mensuales tratadas y completas para el período considerado. Los valores medios anuales de temperatura para las estaciones seleccionadas se presentan en el cuadro 4.1.5, obteniéndose que la temperatura media anual en las estaciones de Quinigua y La Isabela es la mayor registrada en la Cordillera Septentrional.

Cuadro 4.1.5. Temperatura media anual (°C)

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
0405	QUINIGUA	25.8
0602	LA ISABELA	25.7
1501	LOS JENGIBRES	24.7
1816	JOSÉ CONTRERAS	22.7
	MEDIA	24.7

En la figura 4.7. se muestra la distribución mensual de las temperaturas medias para las cuatro estaciones. La distribución de las temperaturas es muy similar en las cuatro estaciones, con un máximo entre julio y septiembre y un mínimo en enero y febrero. La estación de José Contreras (1816) presenta los valores más bajos de temperatura.



4.1.5. Evapotranspiración y lluvia útil

4.1.5.1. Evapotranspiración potencial

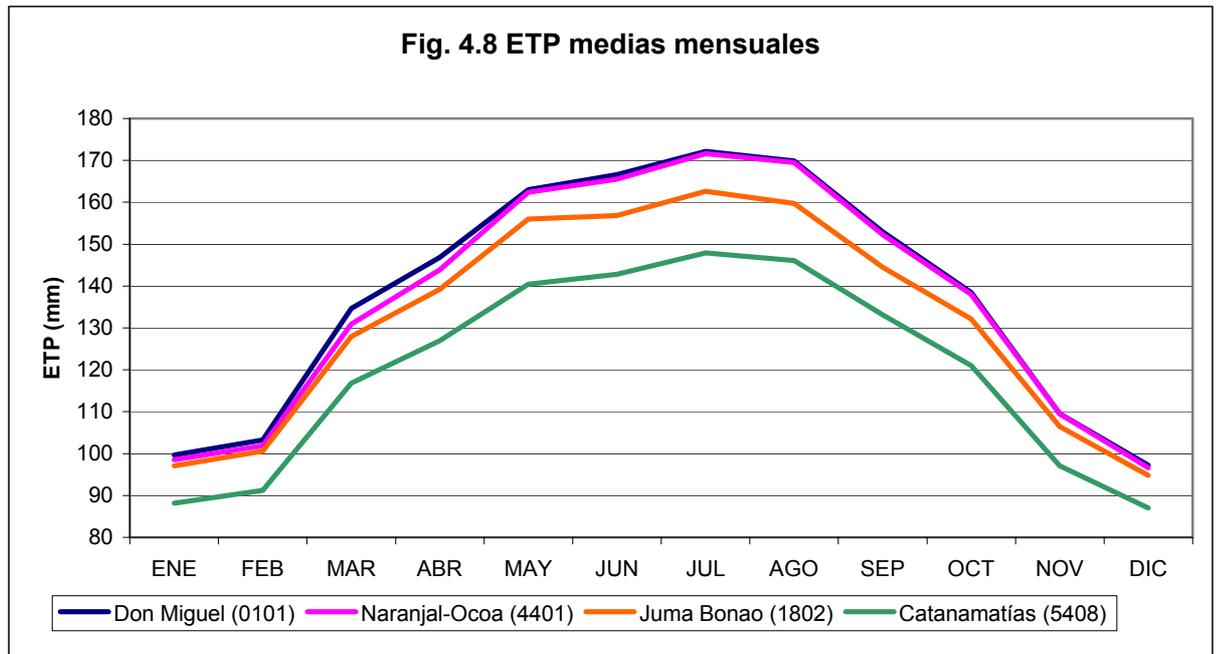
La evapotranspiración potencial (ETP) ha sido calculada utilizando el método de Hargreaves que, comparándolo con otros métodos, se considera apropiado para zonas tropicales. Con este método se obtiene el valor de la ETP mensual a partir de la temperatura media mensual, la media mensual de las temperaturas máximas diarias y de las mínimas diarias, y la radiación solar extraterrestre. En la Memoria General se describe este método empírico con más detalle. Al no disponer en el estudio actual de los datos de temperatura máximas y mínimas, se ha procedido a calcularlos a partir de las temperaturas medias mensuales. En el Anexo 3.3 se resumen los valores mensuales de temperatura y ETP para cada una de las estaciones consideradas.

Los valores de la ETP media anual para las estaciones consideradas se presentan en el cuadro 4.1.6. La ETP media de la zona es de 1577.7 mm.

Cuadro 4.1.6. Evapotranspiración potencial media anual

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETP MEDIA ANUAL (mm)
0405	QUINIGUA	1653.9
0602	LA ISABELA	1640.5
1501	LOS JENGIBRES	1577.8
1816	JOSÉ CONTRERAS	1438.6
	MEDIA	1577.7

En la figura 4.8 se puede observar la distribución mensual de la ETP para las cuatro estaciones consideradas. Los valores mínimos de ETP se encuentran en diciembre, enero y febrero, mientras que los máximos aparecen entre julio y agosto.



4.1.5.2. Evapotranspiración real y lluvia útil

Para el establecimiento de la evapotranspiración real (ETR) y de la lluvia útil o escorrentía total (superficial y subterránea) se ha utilizado el método del Balance Mensual de Agua en el Suelo, utilizando la ETP según Hargreaves y considerando varias hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo.

El cálculo del Balance Mensual de Agua en el Suelo ha sido realizado para todas las estaciones pluviométricas consideradas, utilizando sus respectivas series de valores mensuales de precipitación para cada uno de los años tipo (medio, seco y húmedo), y las series mensuales de ETP calculadas por el método de Hargreaves. El programa permite la introducción de cinco hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo o capacidad de campo. Se han tomado los valores 0, 25, 50, 75 y 100 mm como representativos de los posibles suelos desarrollados sobre los materiales presentes en la zona. En la Documentación Complementaria se encuentran los resultados del balance hídrico mensual de cada una de las estaciones, para cada uno de los tres años tipo y de las hipótesis de reserva de agua en el suelo. En la Memoria General se describe este método de cálculo de la lluvia útil con detalle.

En este punto es necesario puntualizar que los datos de lluvia útil obtenidos están referidos a balances mensuales, de manera que a nivel diario ha podido generarse escorrentía y que esta no se detecte en el balance mensual. De esta manera, en aquellas estaciones donde el balance de agua en el suelo determina que su lluvia útil es cero, no quiere decir que no se genere escorrentía alguna.

En el Anexo 3.4 se encuentran, como resumen de valores anuales, los resultados obtenidos correspondientes a la ETR, lluvia útil y coeficiente de escorrentía para cada estación pluviométrica, según las diferentes capacidades de campo y los años tipo. La capacidad de campo que se aplica a cada estación se realiza en base al conocimiento geológico y edafológico de la zona en la que se sitúa.

En las figuras 4.9 a 4.12 se presenta la distribución mensual de estos datos, que conforman el balance de agua en el suelo, para las cuatro estaciones existentes en la Unidad. La lluvia útil en los años secos es inexistente en las estaciones de Quinigua (0405) y La Isabela (0602) y prácticamente inexistente en la estación de José Contreras (1816), aunque hay que tener en cuenta la consideración hecha anteriormente sobre el carácter mensual de los balances aquí expuestos. La estación de Quinigua carece de lluvia útil en los tres años tipos ya que ella, la evapotranspiración real coincide con la precipitación. Esta situación también se observa en los años seco y medio de la estación de La Isabela (0602). En los años húmedos lógicamente la pluviometría es mayor y, considerando que la evapotranspiración potencial es igual a los otros dos años tipo, la lluvia útil es mayor. Las estaciones de José Contreras (1816) y Los Jengibres (1501) son las que presentan mayores valores de lluvia útil.

En las figuras 4.13, 4.14 y 4.15 se presentan los mapas con isóneas de lluvia útil para esta unidad hidrogeológica, para los tres años tipo. Estas isóneas están trazadas sobre el mapa hidrogeológico, donde se representa también la delimitación de las subunidades hidrogeológicas. Los valores máximos de lluvia útil se dan en la subunidad de Cabo Francés-Guaconejo, al este de la unidad.

Figura 4.9. Balance de agua en el suelo. Estación 0405 – QUINIGUA CC= 100 mm

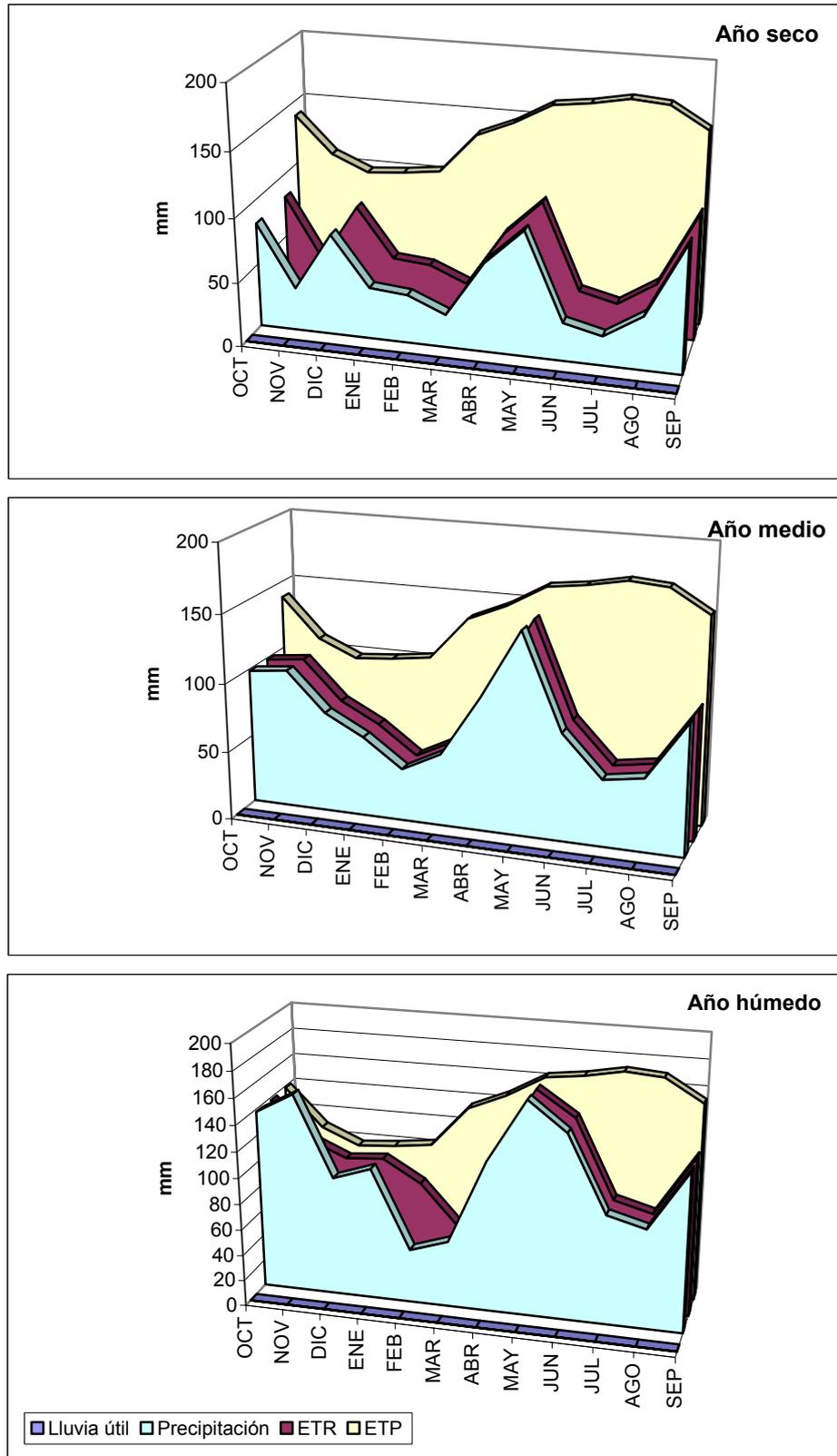


Figura 4.10. Balance de agua en el suelo. Estación 0602 –LA ISABELA CC= 100

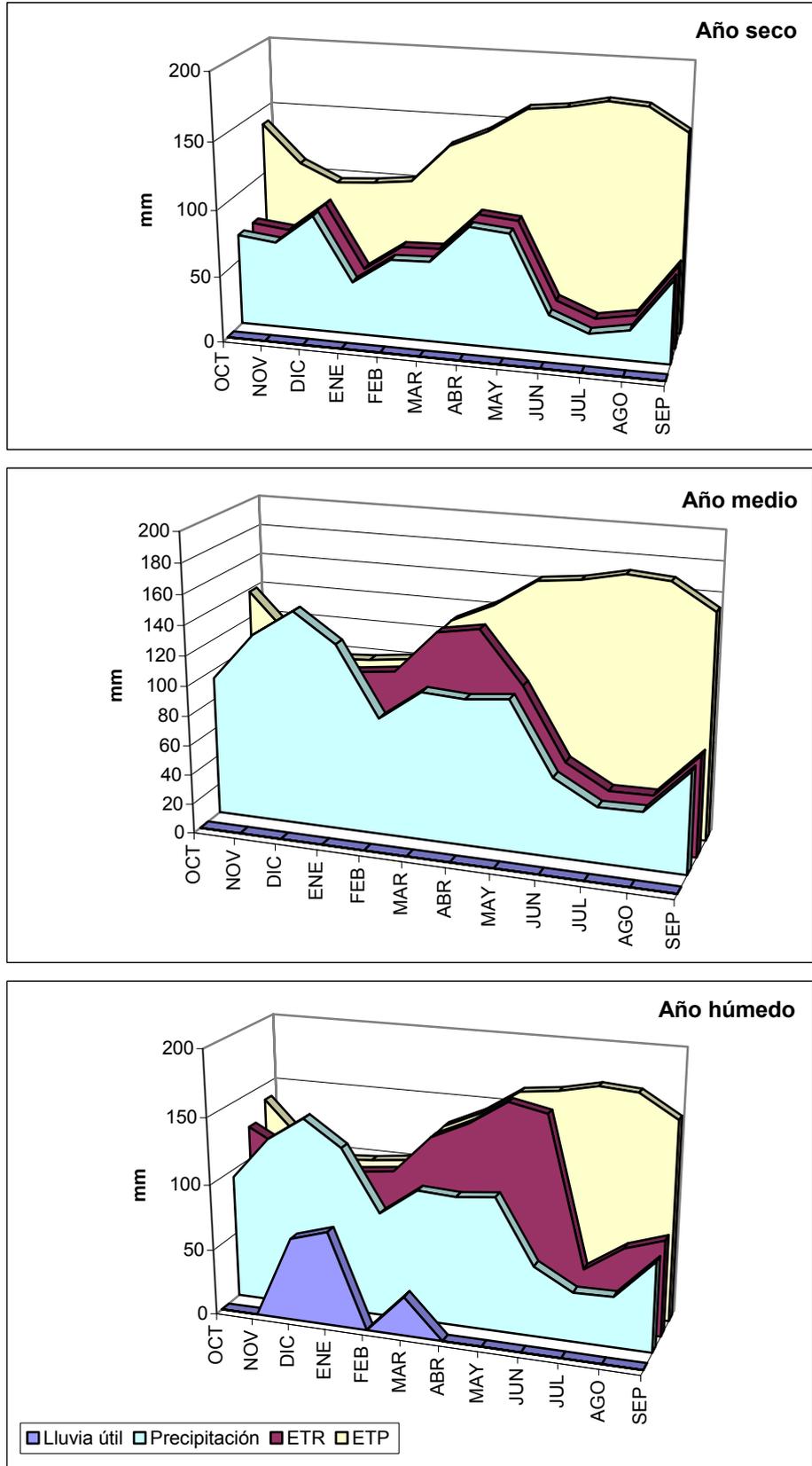


Figura 4.11. Balance de agua en el suelo. Estación 1501 – LOS JENGIBRES CC= 100 mm

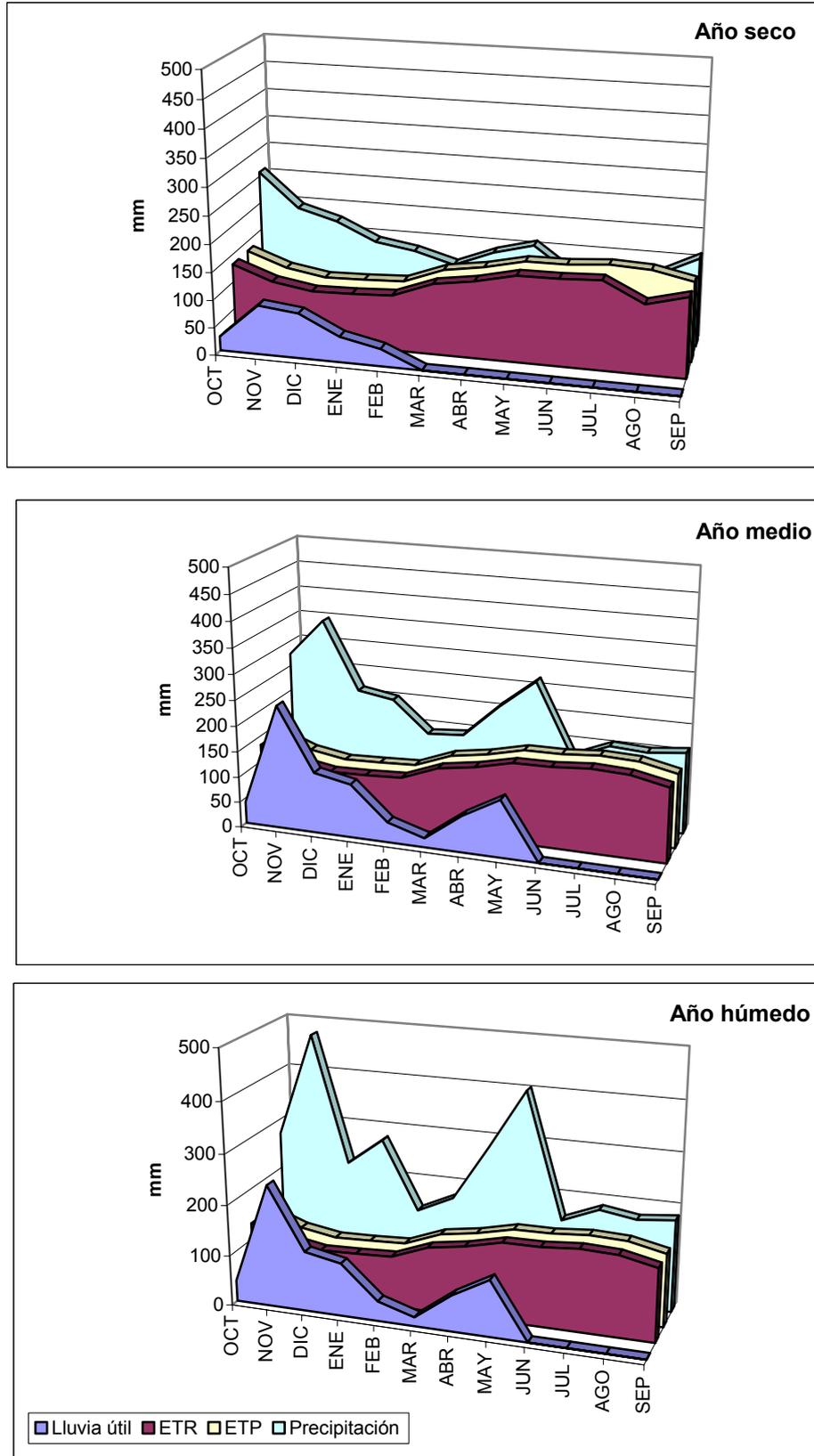
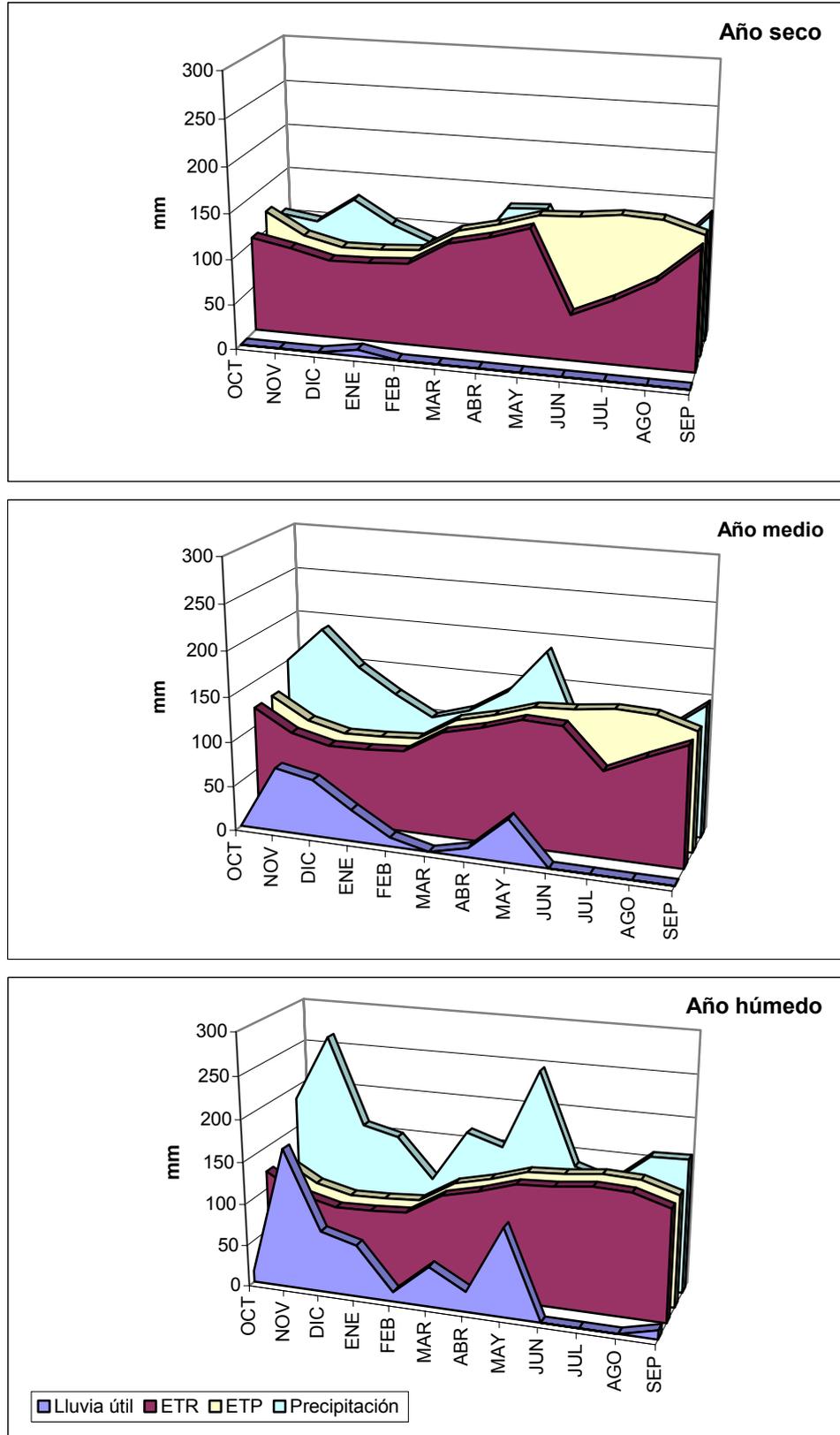


Figura 4.12. Balance de agua en el suelo. Estación 1816 – JOSE CONTRERAS CC= 50 mm



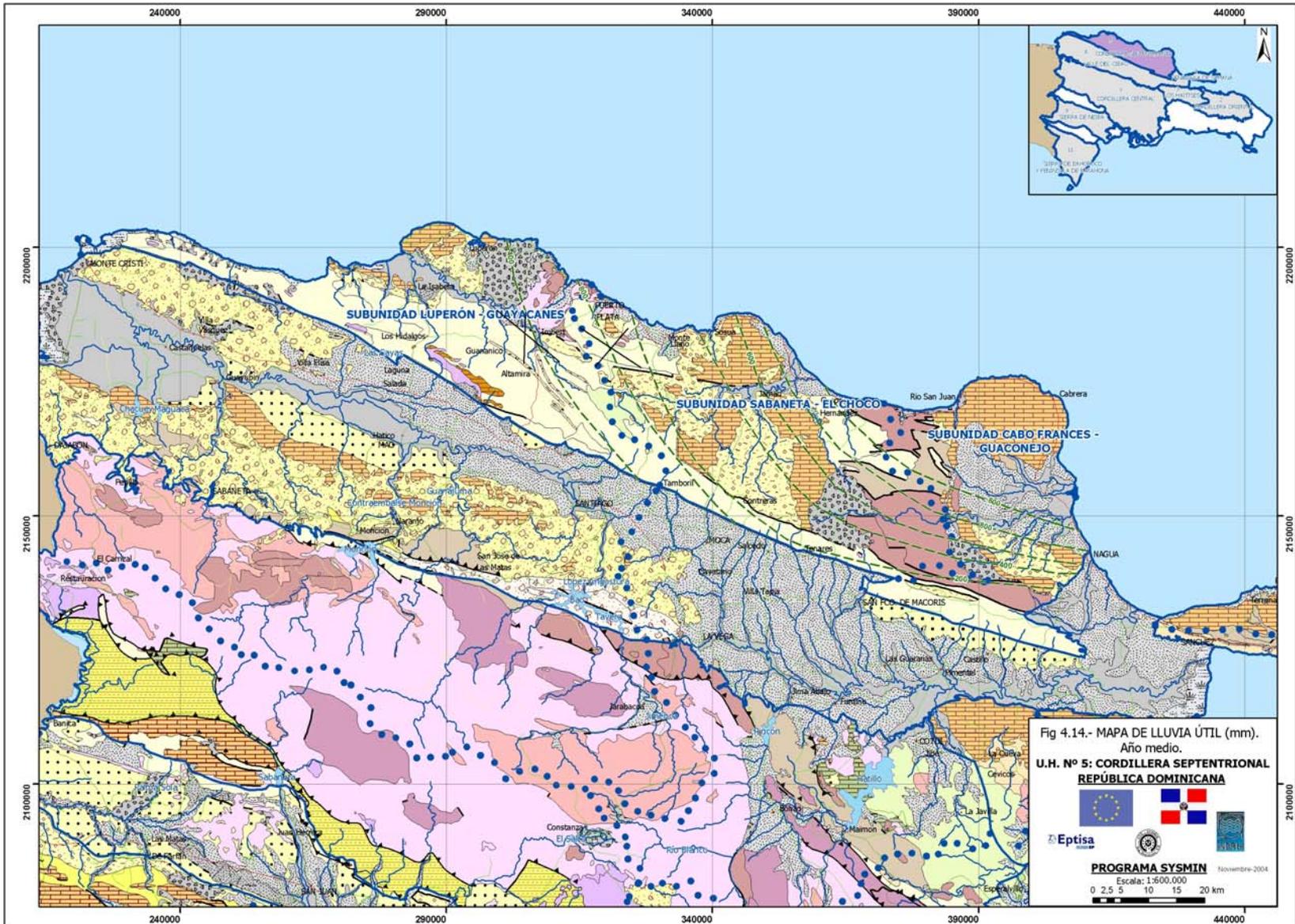


Fig 4.14.- MAPA DE LLUVIA ÚTIL (mm).
 Año medio.
 U.H. Nº 5: CORDILLERA SEPTENTRIONAL
 REPÚBLICA DOMINICANA

Eptisa

PROGRAMA SYSMIN
 Escala: 1:600,000
 0 2.5 5 10 15 20 km
 Noviembre-2004

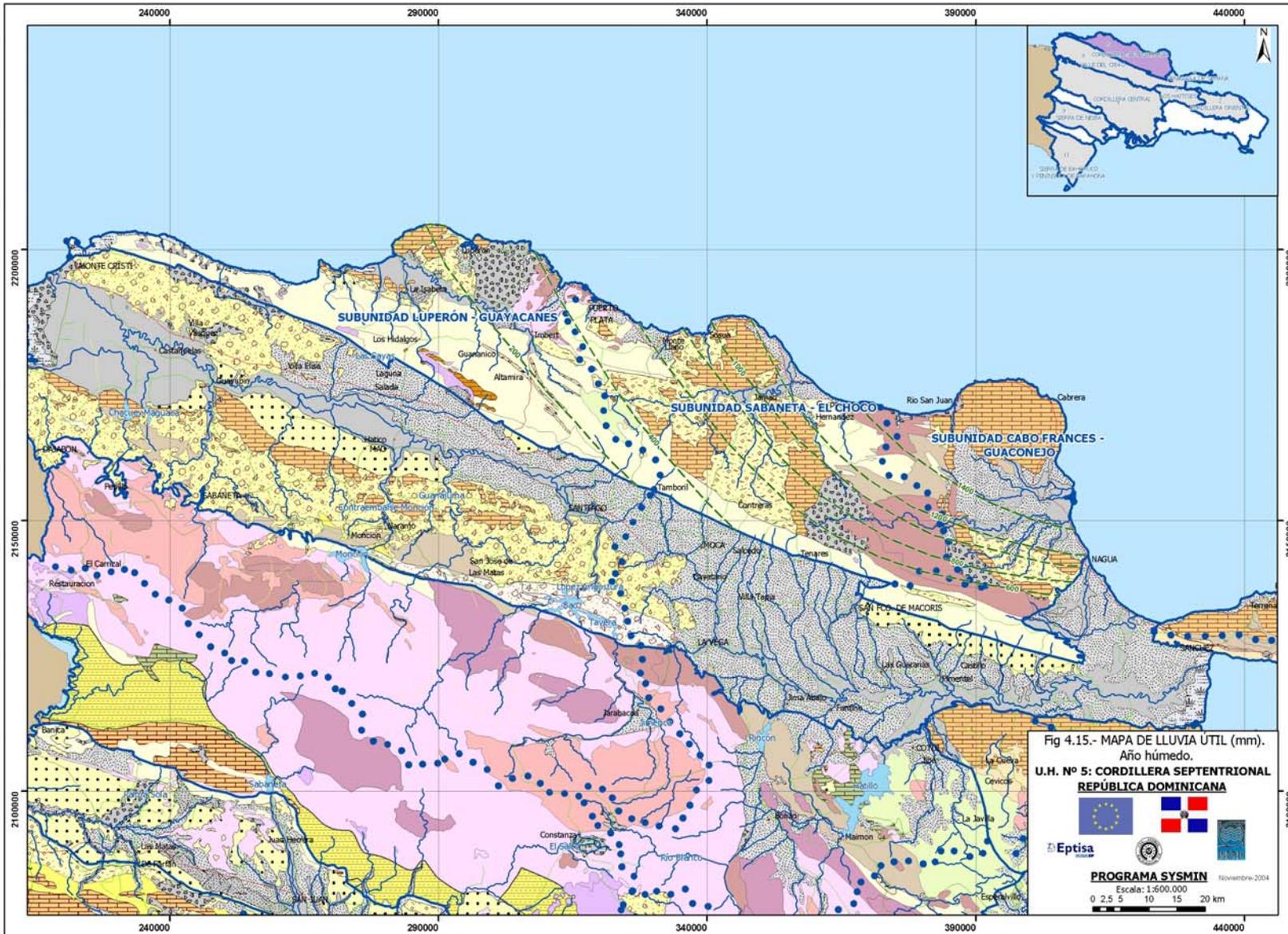


Fig 4.15.- MAPA DE LLUVIA ÚTIL (mm).
 Año húmedo.
 U.H. Nº 5: CORDILLERA SEPTENTRIONAL
 REPÚBLICA DOMINICANA

Eptisa

PROGRAMA SYSMIN
 Escala: 1:500,000
 0 2.5 5 10 15 20 km
 Noviembre-2004

En el cuadro 4.1.7 se resumen los valores de lluvia útil obtenidos para cada una de las subunidades hidrogeológicas y para cada año tipo. Estos valores se han obtenido multiplicando el valor de lluvia útil entre isolíneas por la superficie de los afloramientos permeables.

Cuadro 4.1.7. Lluvia útil anual (mm) para las subunidades hidrogeológicas

Subunidades	Año medio	Año húmedo	Año seco
<i>Cabo Francés-Guaconejo</i>	816	1383	304
<i>Luperón-Guayacanes</i>	342	669	128
<i>Sabaneta-El Choco</i>	227	565	11
MEDIA DE LA UNIDAD	334	563	128

* La Media de la unidad ha sido ponderada con la superficie de materiales permeables.

Estos valores de lluvia útil representan la escorrentía total en la zona. A partir de la descomposición de hidrogramas efectuada en aquellos puntos donde existen datos de aforo, se determinará qué parte de esta lluvia útil es escorrentía superficial y cual es subterránea.

4.2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

4.2.1. Red Hidrográfica e Infraestructura Hidráulica

La infraestructura hidráulica de la unidad está constituida por un total de 13 aforos históricos del INDRHI, cuya situación responde fundamentalmente a criterios hidrológicos. Las series de datos históricos existentes son muy heterogéneas, variando tanto los años de control, como el grado de completado de las mismas, existiendo discontinuidad de registros, tanto mensuales como anuales.

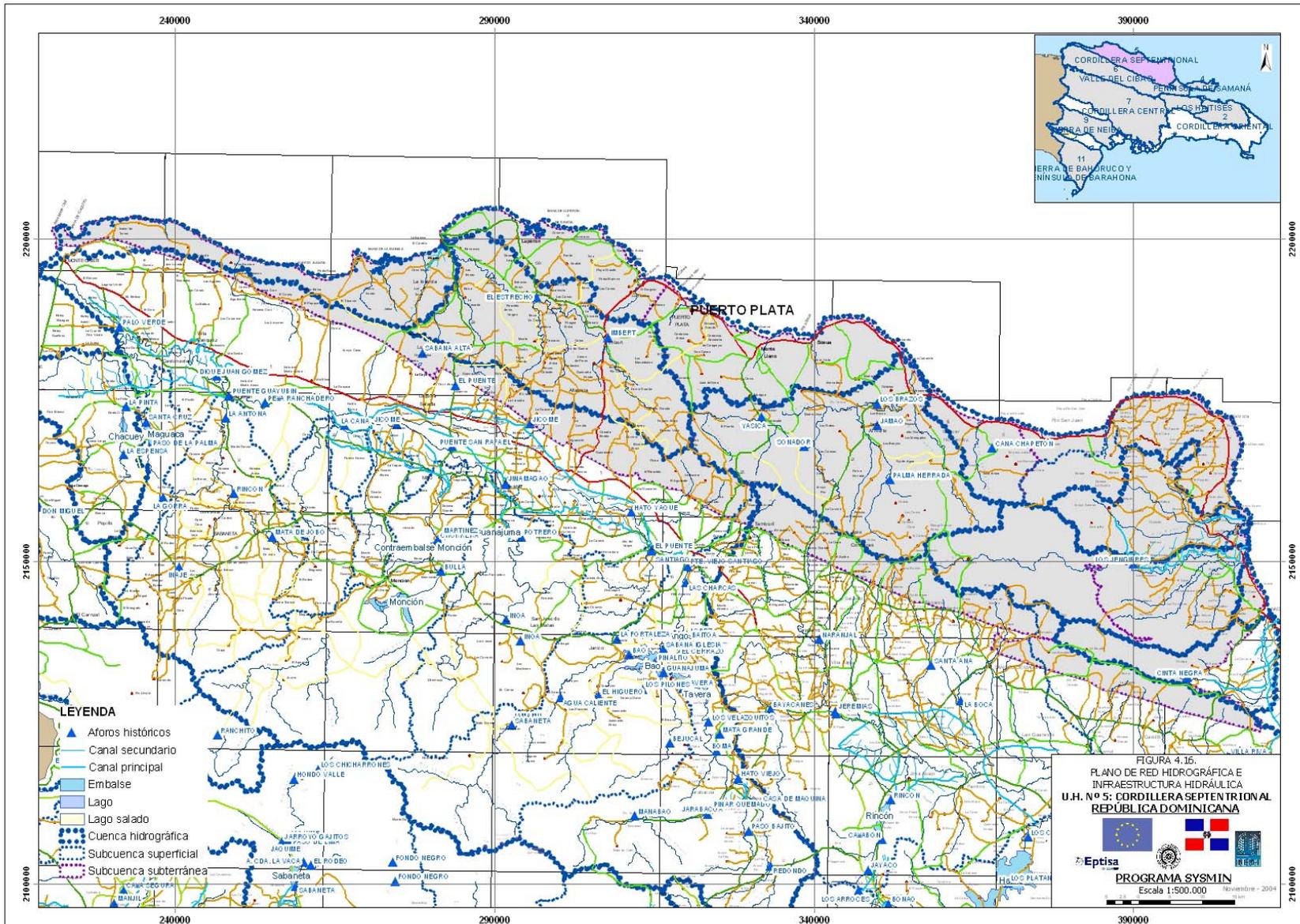
En cuanto a la infraestructura de riego, esta unidad dispone de un total de 4 canales de riego principales de los que parten una serie de canales secundarios. La longitud total de la red de canales (tanto principales como secundarios) es de 86.16 Kilómetros, de los cuales 47.25 km son principales y el resto (38.90 km) son secundarios. La denominación de los canales principales, así como su longitud y la de sus secundarios queda descrito en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2.1 Canales de riego principales

NOMBRE DEL CANAL	LONGITUD (Metros)
BOBA I	8247.84
BOBA II	27389.63
LA ISABELA	4359.67
OCHOA	7257.50
OTROS SECUNDARIOS	38908.35

Dentro de los límites de la unidad no existen infraestructuras hidráulicas de regulación y almacenamiento de agua.

En la figura 4.16 puede verse la infraestructura hidráulica existente dentro de los límites de la unidad hidrogeológica.



- LEYENDA**
- ▲ Aforos históricos
 - Canal secundario
 - Canal principal
 - Embalse
 - Lago
 - Lago salado
 - Cuenca hidrográfica
 - Subcuenca superficial
 - Subcuenca subterránea

FIGURA 4.16.
 PLANO DE RED HIDROGRÁFICA E
 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
 U.H. N° 5: CORDILLERA SEPTENTRIONAL
 REPÚBLICA DOMINICANA

PROGRAMA SYSMIN
 Escala 1:500,000
 Noviembre - 2004

4.2.2. Análisis de datos de aforos históricos

Los recursos hídricos de la superficie que ocupa esta unidad hidrogeológica han sido controlados históricamente por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) por medio de 13 puntos de aforo de cauces superficiales. La mayor parte de estos puntos de control se encuentran situados en la mitad occidental de la unidad, dentro de las subunidades Sabaneta-El Choco y Luperón-Guaconejo.. Algunos de estos aforos disponen de registro histórico mensual continuo desde los años 50-60 hasta la década de los 90, con lo que se considera que las series son lo bastante representativas como para poder obtener valores fiables de medias históricas mensuales y anuales. Sin embargo la mayor parte de las series se encuentran bastante incompletas por lo que de los 15 de aforo históricos existentes, únicamente se ha utilizado la información de las series mensuales de 6 de ellos. La información que aportan dichos puntos es de gran utilidad y merece la pena su análisis detallado, tanto para poder analizar la evolución histórica de los caudales medidos en cada estación, como para compararlos con los resultados de las campañas de medida de caudal mensual realizadas en los puntos de aforo próximos controlados en el presente estudio. En el siguiente cuadro quedan descritas las características principales de las estaciones de aforo históricas del INDRHI utilizadas, apreciándose su distribución geográfica en la figura 4.17.

Cuadro 4.2.2. Características principales de las estaciones de aforo históricas del INDRHI utilizadas

Denominación	Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río	Superficie de la cuenca aforada (km²)
<i>El Estrecho</i>	296639	2190971	Bajabonico	Río Bajabonico	402
<i>Imbert</i>	307894	2184725	Bajabonico	Río Bajabonico	209
<i>Yásica</i>	331856	2172306	Yásica	Río Yásica	104
<i>Los Brazos</i>	349994	2174389	Yásica	Río Yásica	658
<i>Los Jengibres</i>	390066	2149597	Boba	Río Boba	384
<i>Cinta Negra</i>	398512	2131964	Nagua	Río Nagua	61

Las series de datos de cada una de las estaciones de aforo son muy heterogéneas, variando enormemente el número de medidas, así como los años de control de las mismas. En el siguiente cuadro se indica, para cada punto de aforo el periodo de control de las series (Año de inicio-Año de finalización), así como los caudales (expresados en m³/s) máximos y mínimos históricos y la media mensual obtenida a partir del total de medidas.

Cuadro 4.2.2. Datos de cada punto de aforo

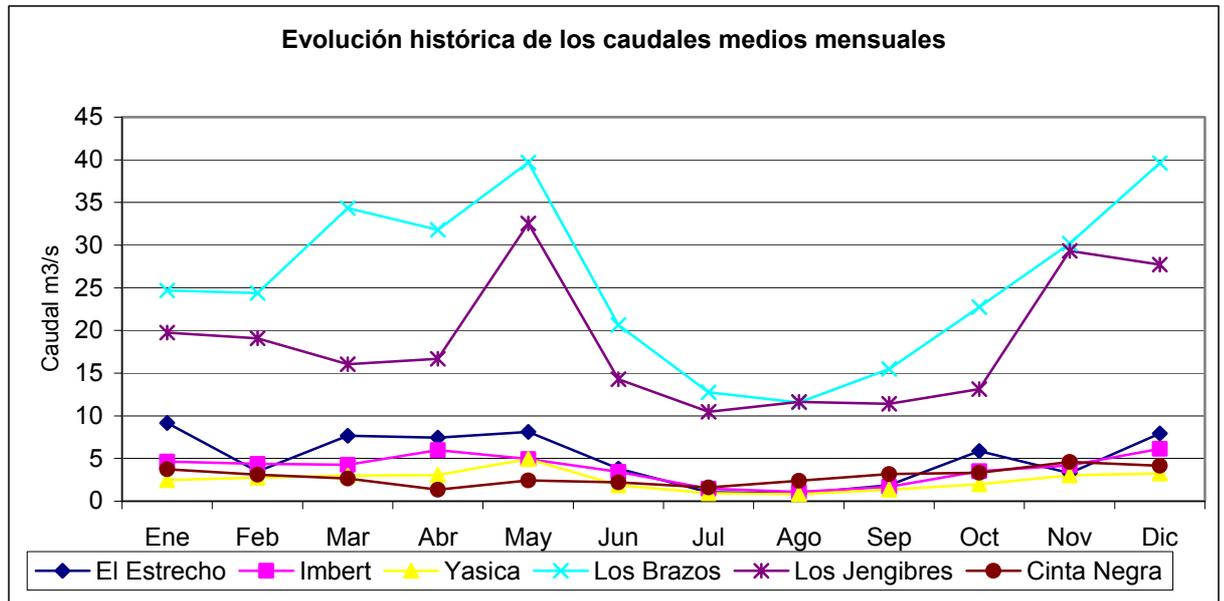
Denominación	Año Inicio	Año Final	Máx Histórico	Mín Histórico	Media Mensual
<i>El Estrecho</i>	1956	1965	47.1	0.03	5.05
<i>Imbert</i>	1955	1992	59.7	0.06	3.81
<i>Yásica</i>	1971	1995	29.33	0.15	2.46
<i>Los Brazos</i>	1955	1996	210.86	2.24	25.66
<i>Los Jengibres</i>	1969	1995	277.63	1.63	18.50
<i>Cinta Negra</i>	1980	1995	21.7	0.03	2.89

En el siguiente cuadro se indican los caudales medios mensuales (en m³/s) obtenidos para cada punto de control, utilizando el total de las medidas de la serie.

Cuadro 4.2.3. caudales medios mensuales para cada punto de control

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
<i>El Estrecho</i>	9.16	3.49	7.68	7.45	8.13	3.81	1.06	0.90	1.87	5.86	3.28	7.94	5.05
<i>Imbert</i>	4.65	4.39	4.26	5.98	4.95	3.46	1.47	1.07	1.68	3.50	4.18	6.12	3.81
<i>Yásica</i>	2.47	2.77	2.98	3.05	4.95	1.87	0.93	0.84	1.35	2.00	3.02	3.25	2.46
<i>Los Brazos</i>	24.70	24.39	34.34	31.79	39.70	20.63	12.76	11.57	15.50	22.73	30.17	39.61	25.66
<i>Los Jengibres</i>	19.75	19.07	16.03	16.67	32.54	14.29	10.49	11.63	11.40	13.13	29.31	27.70	18.50
<i>Cinta Negra</i>	3.75	3.10	2.65	1.33	2.42	2.19	1.59	2.40	3.19	3.34	4.60	4.17	2.89

En general se observa la existencia de dos periodos de aguas más altas, el primero de ellos y más significativo, entre los meses de marzo y mayo, y el segundo entre octubre y diciembre. Los caudales más bajos se encuentran localizados entre los meses de julio y septiembre, que por lo general suelen ser del orden del 20 a un 50% menores que los volúmenes medios anuales. El siguiente gráfico muestra la evolución de caudal de las medias mensuales históricas de cada uno de los puntos de aforo del INDRHI. Se aprecian tanto las oscilaciones de caudal anual como los periodos de aguas altas y bajas.



Las oscilaciones en los caudales medidos coinciden plenamente con las variaciones existentes en el registro de precipitaciones, tal y como se aprecia en el estudio climatológico realizado para la zona.

Las mayores salidas cuantificadas en los aforos históricos se producen a través de los ríos Yásica y Boba. Estos cauces están controlados por los puntos de aforo *Los Brazos* y *Los Jengibres* respectivamente. El río Yásica drena la subunidad Sabaneta-El Choco, mientras que el Boba drena la subunidad Cabo Francés-Guaconejo. Ambos cursos de agua presentan una dirección oeste-este, coincidente con la fracturación principal de la unidad hidrogeológica.

La subunidad Luperón Guayacanes está drenada fundamentalmente por el río Bajabonico cuyo caudal ha sido controlado históricamente por el punto de aforo *El Estrecho*. La media de los caudales históricos aforados muestran que se trata de un curso de agua importante aunque sus volúmenes no llegan a superar los 10 m³/s.

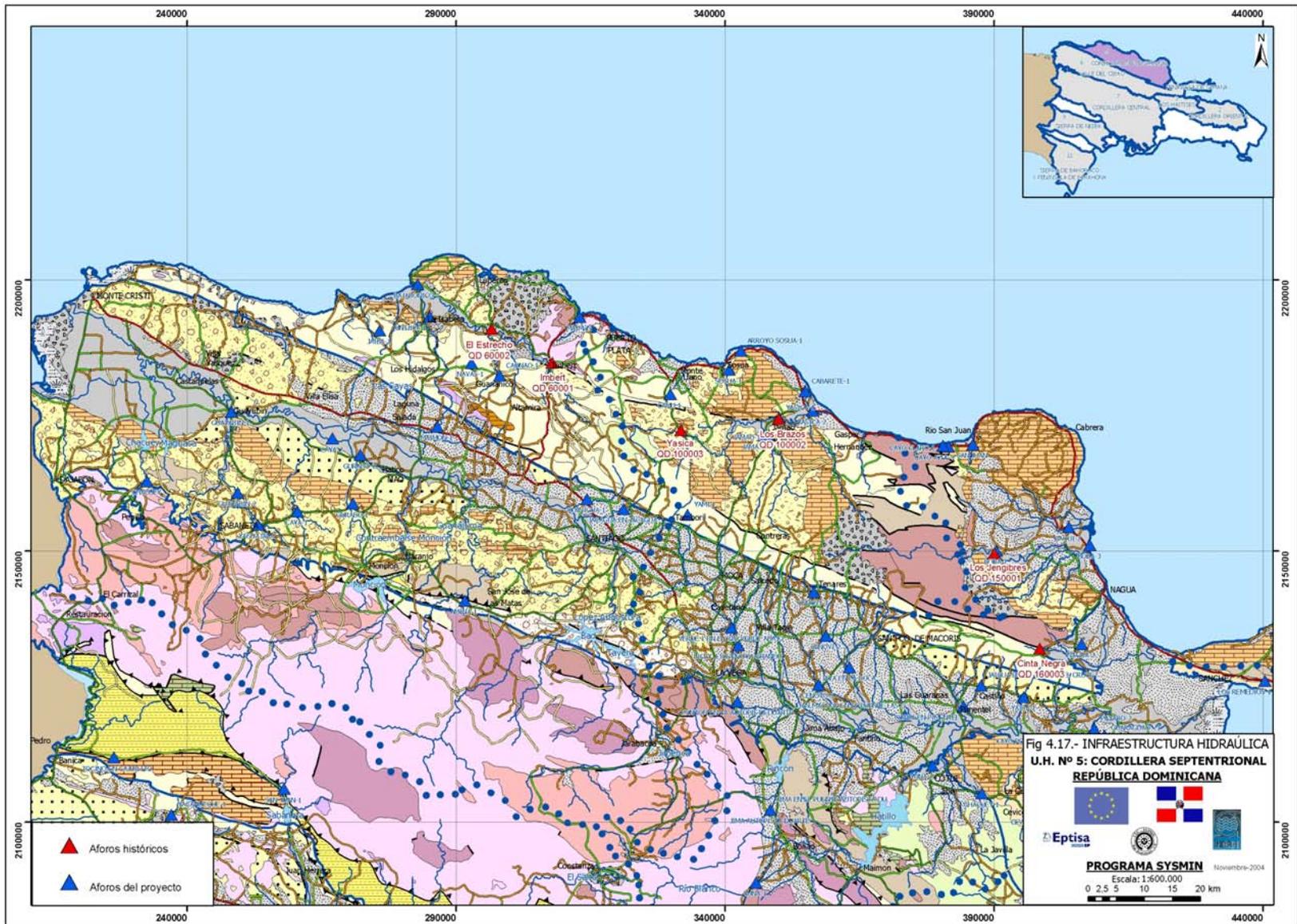


Fig 4.17.- INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
U.H. Nº 5: CORDILLERA SEPTENTRIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

PROGRAMA SYSMIN

 Escala: 1:600,000

 0 2,5 5 10 15 20 km

Eptisa

 PROGRAMA SYSMIN

 Noviembre 2004

4.2.3. Red foronómica del estudio: Resultados de las campañas realizadas.

Para el control foronómico de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Septentrional se han realizado medidas mensuales de caudal en 25 puntos de aforo, cuyas características principales se describen a continuación.

En la figura 4.17 puede verse su distribución geográfica con respecto a la poligonal de la unidad hidrogeológica y sobre la base hidrogeológica de referencia. Asimismo, en la documentación Complementaria se incluye una ficha de cada punto de aforo en el que, además de sus datos generales de situación y descripción, aparecen los datos de caudal y medidas *in situ* tomados en cada una de las campañas realizadas hasta la fecha. Asimismo, en el Anexo 6 se incluyen los resultados de las mediciones de cada una de las campañas de aforo.

Bajabonico –1

Este punto de aforo se sitúa en la zona noroeste de la Unidad controlando la salida que se produce de la misma a través del río Bajabonico. El caudal medido en este punto corresponde en su totalidad al drenaje de la subunidad Luperón Guayacanes.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
282888	2199177	Bajabonico	Río Bajabonico

Los datos de caudal medidos en las sucesivas campañas en el río Bajabonico presentan oscilaciones anuales importantes con mínimos de 0.389 y máximos de 29.702 m³/s (en el mes de noviembre el caudal fue superior pero no se pudo medir por la crecida).

DATOS DE CAUDAL EN m ³ /s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
29.702	Crecida	18.373	10.467	4.315	3.407	6.943	8.114	7.303	2.766	2.194	0.389	8.54

Unijica-1

Este punto de aforo se sitúa en la zona noroeste de la unidad controlando las salidas que se producen a través del río Unijica, que desemboca en el tramo final del río Bajabonico. El aforo está emplazado sobre depósitos aluviales cuaternarios situados a la salida de unos afloramientos carbonatados pliocenos de alta permeabilidad por fisuración y/o karstificación.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
285143	2193230	Bajabonico	Río Unijica

Los datos de caudal medidos a lo largo de este estudio sufren oscilaciones significativas con mínimos de 0.074 m³/s y máximos de 14.894 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
0.369	14.894	2.231	1.243	0.705	0.460	0.846	0.976	0.553	0.257	0.381	0.074	1.92

Navas-1

Este punto de aforo se sitúa en la zona noroeste de la unidad hidrogeológica y controla el caudal del río Navas antes de confluir con el río Bajabonico. Este río discurre en su totalidad a través de materiales del Terciario indiferenciados considerados de baja permeabilidad, por lo que la práctica totalidad de los recursos aforados corresponden a escorrentía superficial.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
292860	2184655	Bajabonico	Río Magua

Al igual que ocurre con el punto anteriormente descrito, los caudales medidos en las sucesivas campañas sufren oscilaciones mensuales importantes con máximos de 3.644 m³/s y mínimos de 0.018 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
0.081	3.644	0.467	0.407	0.210	0.091	0.195	0.176	0.157	0.049	0.036	0.018	0.46

Caonao-1

Este punto de aforo se sitúa en la zona noroeste de la unidad hidrogeológica y controla el caudal del río Caonao antes de confluir con el río Bajabonico. Este río discurre en su totalidad a

través de materiales del Terciario indiferenciados considerados de baja permeabilidad, por lo que la práctica totalidad de los recursos aforados corresponden a escorrentía superficial.

Coord. X	Coord. Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
298155	2182355	Bajabonico	Río Caonao

Los caudales medidos en cada una de las campañas presentan variaciones importantes con oscilaciones de entre 0.068 y 4.039 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m ³ /s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
1.014	4.039	1.187	1.020	0.351	0.205	0.700	0.414	0.257	0.116	0.086	0.068	0.79

Maimón

Este punto de aforo se encuentra situado en la desembocadura del río Maimón, en el límite norte de la unidad hidrogeológica. Se trata de un río de escaso recorrido que discurre en su totalidad a través de depósitos aluviales de alta permeabilidad por porosidad intersticial. El nacimiento de este río se produce sobre depósitos volcano sedimentarios considerados de permeabilidad variable y baja productividad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
312662	2192662	Costeras (Maimón)	Río Maimón

Los caudales en este punto de aforo son más constantes que en los anteriormente descritos, aunque también se dan oscilaciones importantes con mínimos de 0.103 m³/s y máximos medidos de 2.367 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m ³ /s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
	1.482	0.573	2.221	0.454	0.489	2.367	0.853	0.567	0.197	0.195	0.103	0.86

Jaiba-1

Se trata de un curso de agua de escasa importancia (la mayor parte del año se encuentra seco) situado al noroeste de la unidad hidrogeológica. Casi todo su cauce discurre sobre depósitos terciarios indiferenciados de escasa permeabilidad, salvo en su último tramo antes de la desembocadura al mar, que lo hace a través de depósitos conglomeráticos del Plio-Pleistoceno.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
273726	2190907	Cuencas Costeras	Río de la Jaiba

En la mayor parte de las campañas de aforo el cauce se encontraba seco habiéndose controlado caudales únicamente en los meses de diciembre, julio y agosto.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
	0	0.083	0	0	0		0	0	0.022	0.009		0.01

Maimón-1

Este es el último de los puntos de aforo pertenecientes a la subunidad Luperón Guayacanes. El aforo se encuentra situado dentro de los límites de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, aunque los recursos que se están aforando son generados en su mayoría dentro de la Cordillera Septentrional. Este río drena un pequeño afloramiento de calizas intercaladas entre areniscas, conglomerados y margas de edad eocena, y unos depósitos volcánico sedimentarios de permeabilidad variable y baja productividad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
286581	2172920	Yaque del Norte	Río Maimón

Se trata de un cauce estacional que en algunos meses llega a secarse, siendo los caudales controlados bastante bajos (no superan los 0.224 m³/s).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.046		0.089	0.224	0	0	0.026	0.155	0.083	0.059	0.023	0.055	0.07

Camu-1

Este punto de aforo pertenece a la subunidad Sabaneta-El Choco que ocupa la parte central de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional. El aforo está situado en el contacto entre los depósitos indiferenciados del Terciario y los depósitos aluviales del Cuaternario que constituyen el tramo final antes de su desembocadura.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
329837	2178907	Cuencas Costeras	Río Camu

Los caudales medidos presentan oscilaciones importantes con valores mínimos de 0.154 m³/s y máximos de 4.703 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.805	4.555	2.918	4.074	1.389	1.417	4.703	1.971	2.326	0.695	0.154		2.27

Sosua-1

Este punto de aforo se sitúa en la parte norte de la subunidad Sabaneta-El Choco controlando las salidas que se producen al mar desde el cauce del río Sosua.

Este arroyo drena las calizas arrecifales pliocenas (formación muy permeable por fisuración/karstificación) y los conglomerados y areniscas del mioceno (a los que se les ha asignado una permeabilidad y productividad media).

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
339756	2184325	Cuencas Costeras	Río Sosua

Los caudales medidos en las sucesivas campañas varían considerablemente, con máximos de 1.465 m³/s y periodos en los que el cauce se encuentra seco.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
	0.258	1.191	1.465	0.237	0.204	0.785	0.607	0.669	0	0.46		0.59

Arroyo Sosua-1

Este punto de aforo se sitúa en la parte norte de la subunidad Sabaneta-El Choco controlando las salidas que se producen al mar a través del arroyo Sosua. Se trata de un cauce de escaso interés que funciona en régimen estacional y en periodos cortos después de lluvias intensas.

Este arroyo drena las calizas arrecifales pliocenas (formación muy permeable por fisuración/karstificación) y los conglomerados y areniscas del mioceno (a los que se les ha asignado una permeabilidad y productividad media).

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
342954	2186911	Cuencas Costeras	Arroyo Sosua

En la mayor parte de las campañas el cauce se encontraba seco, habiéndose aforado un caudal punta en el mes de julio de 0.459 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
	0	0	0	0	0	0	0	0	0.459	0	0.149	0.06

Cabarete- 1

Este punto de aforo se sitúa en la parte noreste de la subunidad Sabaneta-El Choco controlando las salidas que se producen al mar a través del río La Catalina.

Este cauce drena las calizas arrecifales pliocenas (formación muy permeable por fisuración/karstificación) y los conglomerados y areniscas del mioceno (a los que se les ha asignado una permeabilidad y productividad media).

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
354913	2179300	Cuencas Costeras	Río La Catalina

Los caudales controlados se mantiene bastante constantes con pequeñas variaciones de volumen de entre 1.049 y 2.951 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
		1.049	2.951	2.022	1.625	1.604	1.618	1.927	1.941	1.236	1.419	1.74

Yásica-1

Este punto de aforo controla los caudales del cauce más importante de la subunidad Sabaneta-El Choco. Este cauce drena importantes afloramientos de calizas arrecifales pliocenas (formación muy permeable por fisuración/karstificación) entre los que afloran los conglomerados y areniscas del mioceno (a los que se les ha asignado una permeabilidad y productividad media).

El aforo se sitúa aguas abajo de la confluencia del río Jamao, por lo que es necesario restarle los caudales controlados en el punto Jamao1 y 2 para conocer el volumen generado en la cabecera del Yásica.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
350104	2174518	Yásica	Río Yásica

Los caudales controlados son por lo general elevados (alguna campaña no se ha podido cuantificar por crecidas) aunque existen fuertes oscilaciones, con mínimos de 5.584 m³/s y máximos superiores a 40 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
Crecida			37.452	10.888	9.114	16.527	Crecida		10.944	7.201	5.584	13.96

Yásica-2

Este punto de aforo se sitúa aguas abajo del anterior y controla el caudal del río Yásica antes de su desembocadura al mar. En el tramo de río existente entre los puntos de aforo Yásica-1 y Yásica-2, el cauce discurre por materiales cuaternarios constituidos por depósitos de tipo fluvial. Aguas arriba del punto de aforo desemboca sobre el Yásica el río Veragua, que drena un importante afloramiento de calizas arrecifales pliocenas (formación muy permeable por fisuración/karstificación). La diferencia de caudales entre los dos aforos del río Yásica va a dar como resultado los aportes producidos a través del río Veragua.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
356270	2175855	Yásica	Río Yásica

Al igual que ocurre en el caso anterior, existen una serie de campañas que no se han podido medir debido a las fuertes crecidas que presentaba el río. En el resto de las campañas los caudales se mantienen elevados con valores mínimos de 8.2 y máximos que pueden superar los 50 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
Crecida		28.321	46.841	9.929	14.079	24.636	26.504	Crecida	14.476	8.837	8.21	20.20

Jamao-1

Este aforo se sitúa en la zona central de la subunidad Sabaneta-El Choco y controla el volumen de agua que circula por este río antes de la confluencia con el Yásica. Aguas arriba del punto de aforo se produce la confluencia del río Yaulla que drena importantes afloramientos carbonatados del Plioceno así como los depósitos conglomeráticos del Mioceno.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
348050	2171200	Yásica	Río Jamao

Los caudales medidos sufren oscilaciones importantes con variaciones de entre 2.58 y 20.15 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
9.391	14.530	18.964	20.151	4.763	4.58	7.54	9.355	Crecida	5.714	3.493	2.589	9.19

Jamao-2

Este aforo se sitúa en la zona de confluencia con el río Yásica aguas abajo del anterior punto de aforo descrito.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
347245	2174275	Jamao	Río Jamao

Al igual que ocurre con el anterior punto de aforo, los mayores caudales se dan entre los meses de noviembre y enero, y en mayo-junio, existiendo importantes oscilaciones con máximos controlados (en los meses de diciembre y junio no se pudo medir el caudal por crecida) de casi 14 m³/s y mínimos de 3.5 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
3.591	13.910	Crecida	13.463	4.994	4.325	8.299	10.368	Crecida	5.759	3.508	3.589	7.18

Quinigua-1

Este punto de aforo se encuentra situado dentro de los límites de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, aunque próximo al contacto con la Cordillera Septentrional (Subunidad Sabaneta-El Choco), por lo que se considera dentro de este informe como salidas de esta última.

Se trata de un cauce de poca importancia que en cabecera (Unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional) discurre a través de los depósitos indiferenciados del Terciario considerados poco permeables, discurriendo posteriormente (dentro de la unidad del Valle del Cibao) sobre depósitos cuaternarios de origen fluvial considerados muy permeables y de buena productividad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
314100	2159080	Yaque del Norte	Río Quiniagua

Los caudales aforados en este punto sufren fuertes oscilaciones con meses en los que prácticamente llega a secarse (0.079 m³/s) y otros en los que se eleva considerablemente (1.260 m³/s).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.152	1.260	0.683	0.633	0.148	0.152	0.586	0.280	0.375	0.086	0.092	0.079	0.38

Cenoví-3

Al igual que ocurre con el punto anterior, este aforo está dentro de los límites de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, aunque se considera que el caudal controlado se corresponde con las salidas producidas desde la Cordillera Septentrional (Subunidad Sabaneta-El Choco).

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
355780	2142560	Camu	Río Cenovi

Los caudales aforados son en general bajos en comparación con otros puntos de aforo, debido fundamentalmente a la poca superficie de la cuenca de drenaje controlada. Los valores medidos presentan importantes variaciones, oscilando entre 0.098 y 1m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
	0.460	0.569	1.525	0.19	0.098	0.322	0.833	0.569	1.001	0.141	0.107	0.53

Caño Claro-1

Se trata de un punto de aforo situado en un cauce de escasa importancia localizado en el sector más noroccidental de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo. Controla las salidas que se producen a través de un pequeño arroyo de escaso recorrido que nace en el contacto entre rocas plutónicas indiferenciadas con depósitos cuaternarios de permeabilidad variable y productividad media.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
380534	2169410	Cuencas Costeras	Arroyo Bebedero

A pesar de tratarse de un arroyo de escasa cuenca de recepción y corto recorrido, en algunas campañas se han aforado caudales superiores a los 2 m³/s. Estos caudales no son constantes sino que existen fuertes oscilaciones con variaciones de entre 0.063 y 2.073 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
0.063	1.160	0.089	0.320	0.081	0.091	1.230	2.073	1.627	1.598	1.15	1.117	0.88

Caño Azul-1

Al igual que en el aforo anteriormente descrito, se trata de un punto de aforo situado en un cauce de escasa importancia localizado en el sector más noroccidental de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo (muy próximo al Caño Claro). Controla las salidas que se producen a través

de un pequeño arroyo de escaso recorrido que nace en el contacto entre rocas plutónicas indiferenciadas con depósitos cuaternarios de permeabilidad variable y productividad media.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
381526	2169276	Cuencas Costeras	Caño Claro

Este curso de agua presenta caudales inferiores a los controlados en el aforo Caño Claro, aunque estos son más constantes con pequeñas variaciones de entre 0.118 y 0.354 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
	0.147	0.140	0.176		0.118	0.229	0.354	0.341	0.250	0.19	0.254	0.22

San Juan

Este punto de aforo se encuentran situado en el sector noroeste de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo y controla las salidas que se producen a través del río San Juan antes de desembocar al mar. La mayor parte del cauce discurre sobre depósitos poco permeables constituidos por materiales metamórficos indiferenciados, rocas plutónicas y terciarios margoarenosos. El último tramo del río está drenando las calizas arrecifales pliocenas de la Cabrera, a la salida de las cuales, se encuentra el punto de aforo. La falta de un aforo a la entrada de dicho afloramiento, impide tener un dato diferencial con el que poder calcular los aportes generados como consecuencia del drenaje de dichos materiales.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
386067	2169623	Cuencas Costeras	Río San Juan

Los caudales aforados en este punto presentan variaciones grandes apreciándose un caudal máximo en el mes de diciembre (7.9 m³/s) y mínimo en el mes de marzo (1.089 m³/s).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
2.168	4.600	7.898	4.136	2.101	1.311	1.997	4.663	3.548	1.679	1.089	1.679	3.07

Baqui-2

Al igual que el punto anteriormente descrito, este aforo se encuentra situado en la subunidad Cabo Francés-Guaconejo aunque en el sector sureste de la misma, antes de su desembocadura al mar. El río Baqui secciona la subunidad en sentido oeste-este y a lo largo de su recorrido va recogiendo las aguas de varios afluentes que drenan el borde sur del afloramiento de calizas arrecifales pliocenas de la Cabrera.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
403906	2154366	Baqui	Río Baqui

Los caudales medidos presentan oscilaciones importantes con volúmenes que varían entre 3 y 14 m³/s (Este caudal es el máximo que se ha podido medir).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
Crecida		7.425	13.755	5.383	4.188	3.062	12.913	5.671	3.502	3.6	9.709	6.92

Boba-1

Este río discurre en paralelo al río Baqui, aunque con una cuenca de recepción mucho mayor, que drena el sector meridional de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo. En este río se ha realizado un aforo diferencial, siendo este, el punto situado más aguas arriba. Su localización responde a conocer el caudal del río a la entrada de los materiales permeables (calizas arrecifales pliocenas y aluviales cuaternarios), aunque, debido a la ausencia de infraestructuras en la zona, el punto se tuvo que situar una vez que el curso de agua ha drenado parte de estos materiales.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
390472	2150078	Boba	Río Boba

Los caudales medidos presentan oscilaciones importantes con volúmenes que varían entre 3.6 y 20.7 m³/s (Este caudal es el máximo que se ha podido medir).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
13.559	19.743	20.745	12.472	7.599	3.624	6.180		14.042	13.028	7.647	15.239	12.17

Boba-3

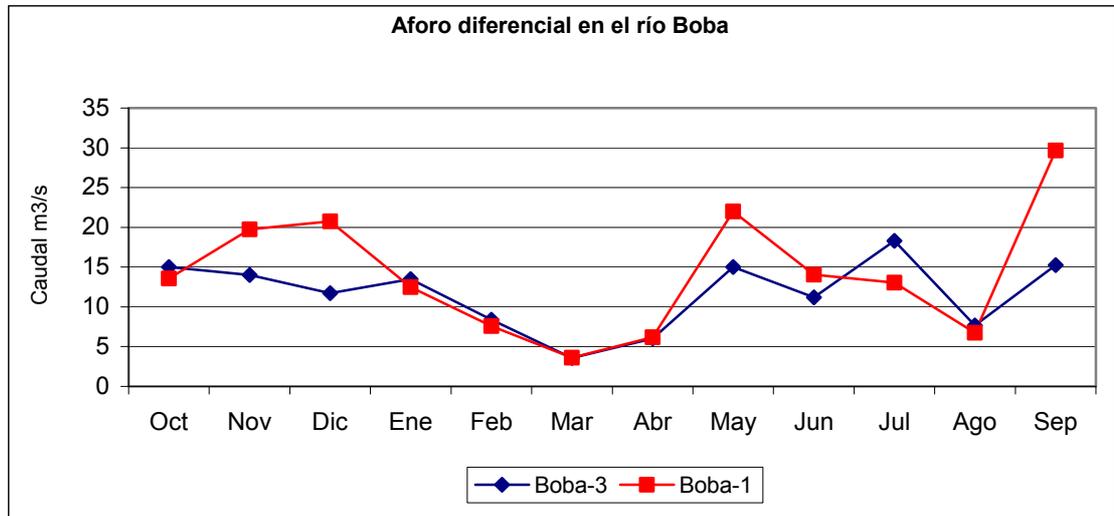
Este aforo se sitúa en la desembocadura del río Boba al mar. Entre ambos puntos de aforo el río Boba discurre por depósitos aluviales cuaternarios y recibe los aportes de varios tributarios que drenan materiales carbonatados situados al sur de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
407855	2151091	Boba	Río Boba

Los caudales medidos presentan oscilaciones importantes con volúmenes que varían entre 3.5 y 29.6 m³/s (Este caudal es el máximo que se ha podido medir).

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
Crecida		11.719	13.481	8.381	3.591	6.018	Crecida	11.19	18.321	6.728	29.678	12.01

El siguiente gráfico muestra la evolución de caudales en cada uno de los puntos de aforo del río Boba (En aquellos meses en los que no se pudo realizar medidas por estar el río en crecida, se ha puesto un dato ficticio superior a la medida más alta realizada, para poder representar la gráfica completa del año hidrológico).



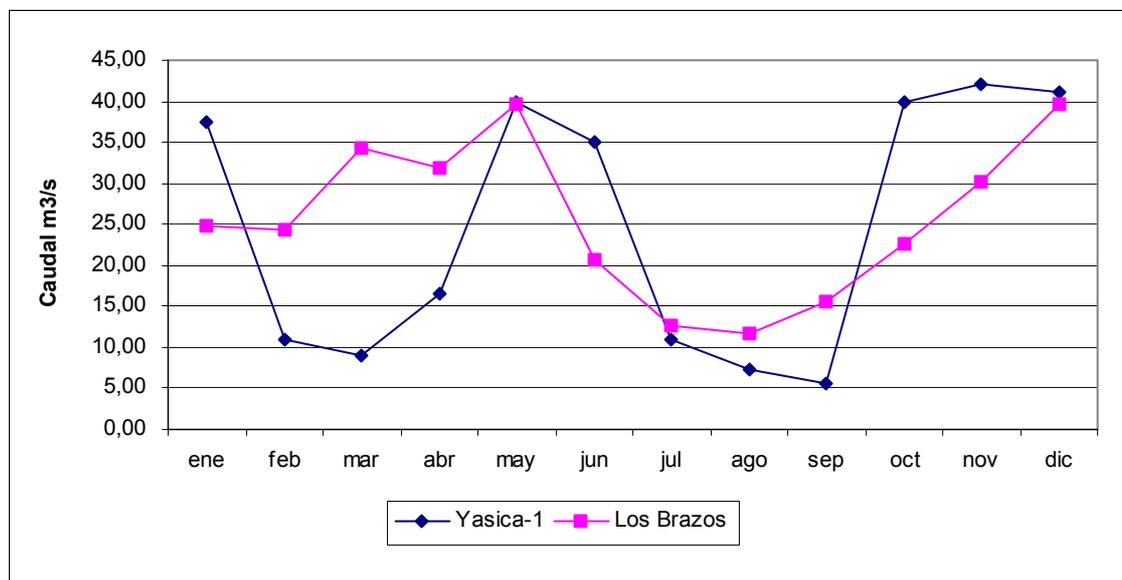
El gráfico muestra como los caudales controlados en el punto de aforo Boba-1 (situado aguas arriba) son superiores o similares a los volúmenes aforados en el puntos Boba-3. El hecho de que no se produzca un incremento del caudal aguas abajo (tal y como cabría esperar por los aportes de varios tributarios a lo largo de este tramo), se debe a la existencia de una importante zona de regadío que toma el agua tanto directamente del río, distribuyéndola posteriormente a través de una serie de canales de riego, como de pozos situados en los aluviales.

4.2.4. Relación entre los aforos históricos y los actuales

De las 6 estaciones de aforo históricas del INDRHI de las que se tiene información 4 pueden ser comparadas, por proximidad geográfica, con puntos de aforo controlados durante la realización del presente estudio.

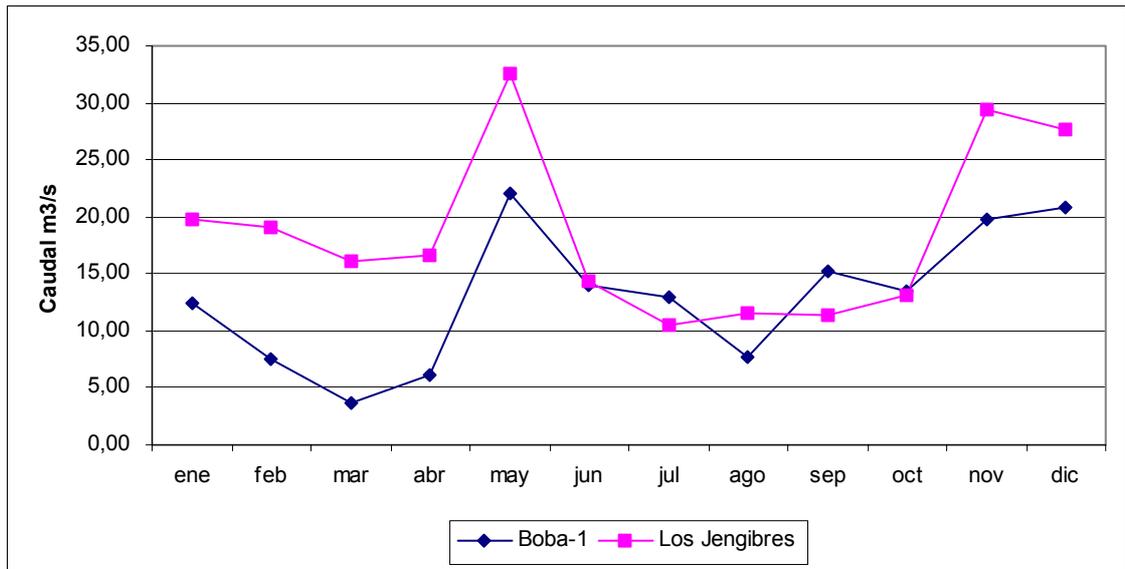
Esta comparación permite conocer el tipo de año hidrológico del periodo de estudio pudiendo determinar si se trata de un año medio, seco o húmedo. Para la realización de dichas comparativas se ha utilizado la media de los caudales mensuales históricos, en relación con las medidas mensuales llevadas a cabo en puntos de aforo del estudio. En aquellos casos en los que no se ha podido realizar medida del aforo por crecidas de los ríos, se ha optado por meter un dato de caudal ficticio superior al mayor de los caudales medidos, con el fin de poder comparar el año hidrológico completo.

El siguiente gráfico muestra la relación existente entre el aforo histórico del INDRHI Los Brazos y el punto de aforo de este estudio Yásica-1. La situación geográfica de ambos puntos es la misma, por lo que su comparación se puede realizar de forma directa.



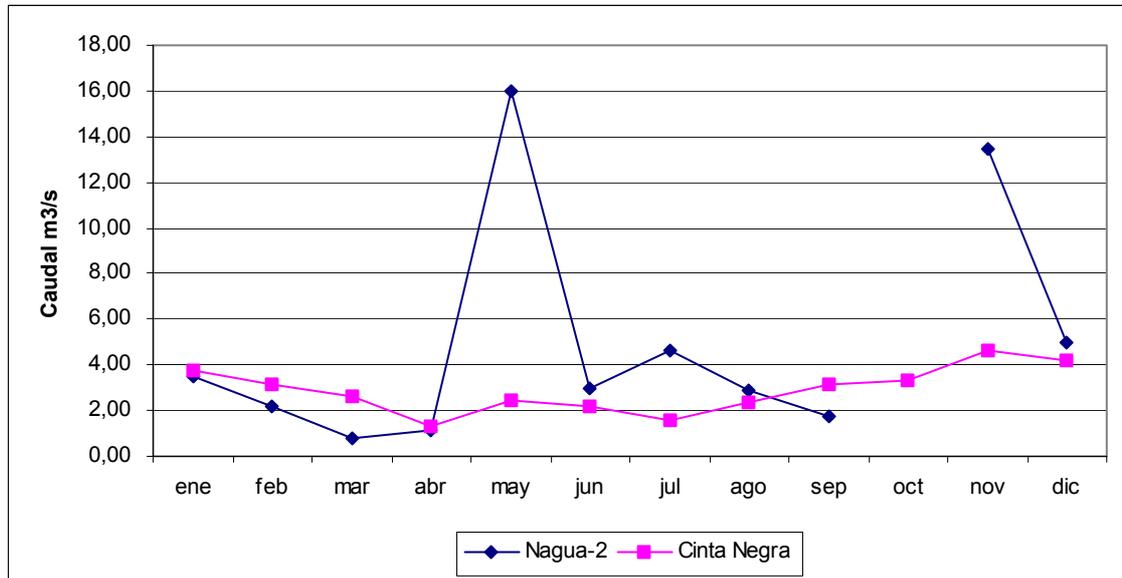
El gráfico de comparación entre ambos aforos difiere bastante en cuanto a la tendencia de las líneas, coincidiendo únicamente los periodos de aguas altas (abril-mayo y octubre-enero) y aguas bajas(junio-septiembre).

Otro de los puntos de aforo histórico utilizado es Los Jengibres, cuya situación geográfica coincide con la del punto de aforo del presente estudio Boba-1. El siguiente gráfico muestra la comparación de ambas series.



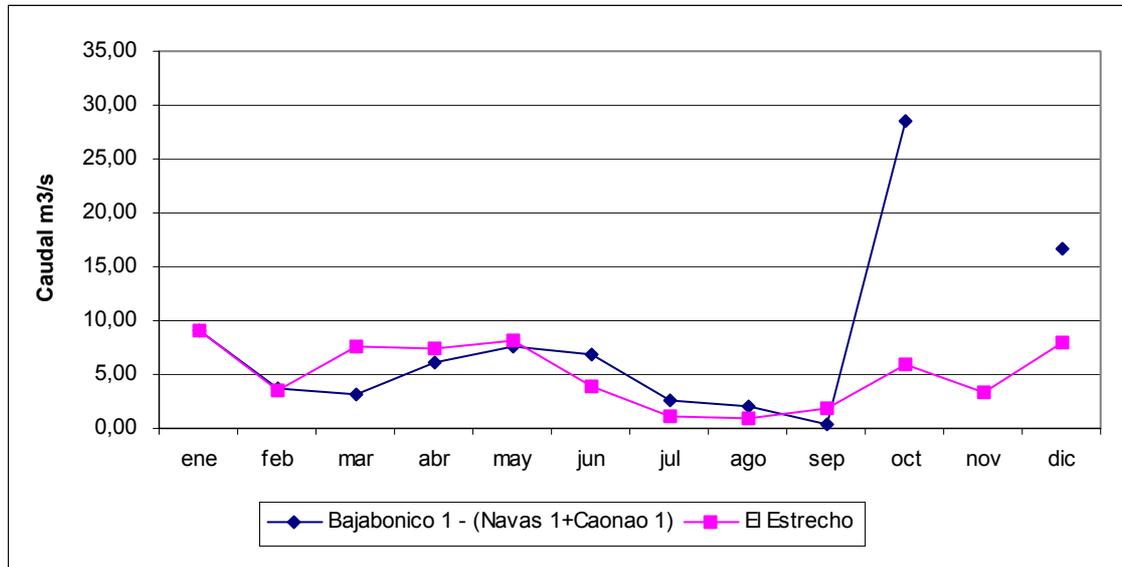
Este gráfico muestra una tendencia similar para ambos puntos (con niveles altos en los meses de abril-junio y noviembre-diciembre), si bien, los caudales controlados durante el presente estudio son sensiblemente inferiores a la media histórica.

El punto de aforo histórico Cinta Negra puede ser comparado con el aforo del presente estudio Nagua-2. Este punto se encuentra situado aguas abajo de Cinta Negra en un tramo en el que el río se subdivide en varios canales y recibe aportes de tributarios. El siguiente gráfico muestra la evolución de ambos aforos.



Exceptuando los meses en los que se han producido fuertes crecidas medidas en el aforo Nagua-2, los caudales medidos en ambos puntos son bastante similares. La tendencia del aforo histórico Cinta Negra, muestra un caudal bastante constante a lo largo del año con pequeñas fluctuaciones entre los periodos de aguas altas y bajas.

El último de los aforos históricos que puede ser comparado con los del presente proyecto es el punto El Estrecho. Este aforo se sitúa sobre el tramo intermedio del río Bajabonico, estando muy alejado del punto de aforo del presente estudio, situado antes de su desembocadura al mar. Para poder comparar ambos aforos ha sido necesario descontar el volumen de los aforos Navas-1 y Caonao-1. Estos aforos contabilizan los caudales de los ríos Navas y Caonao, que tributan al río Bajabonico entre los puntos de aforo El Estrecho y Bajabonico-1 de manera que se ha restado el volumen de ambos aforos del dato de volumen del aforo Bajabonico-1, para poder así compararlo con el aforo histórico El Estrecho.



Exceptuando algunos periodos de crecida del río Bajabonico durante la realización del presente estudio, las líneas de tendencia de ambas curvas se mantienen bastante similares, con dos periodos de aguas altas (abril-mayo y octubre-enero) y uno de aguas bajas (julio-septiembre).

En general se observa que los caudales controlados durante el presente estudio (año hidrológico 2003-2004) son inferiores a las medias históricas mensuales, excepto en aquellos meses en los que se han producido crecidas anómalas.

4.2.5. Cálculo de los aportes subterráneos.

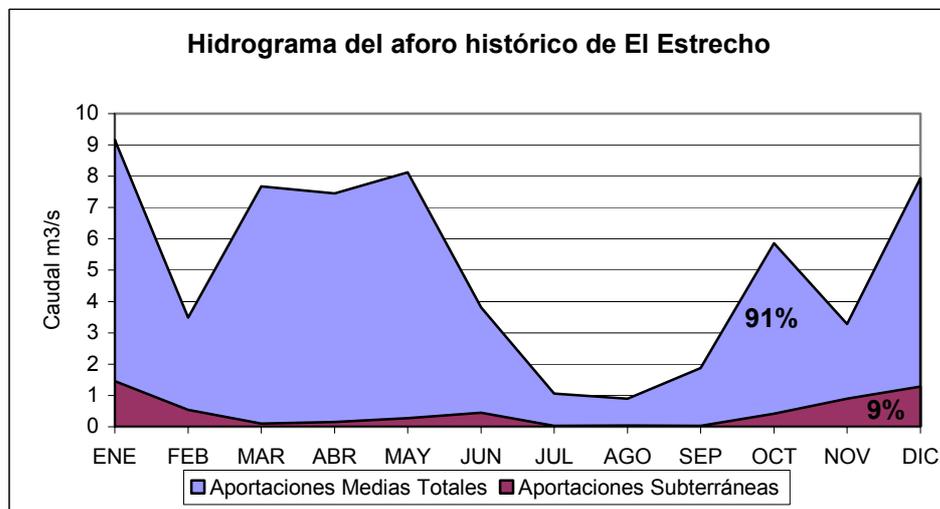
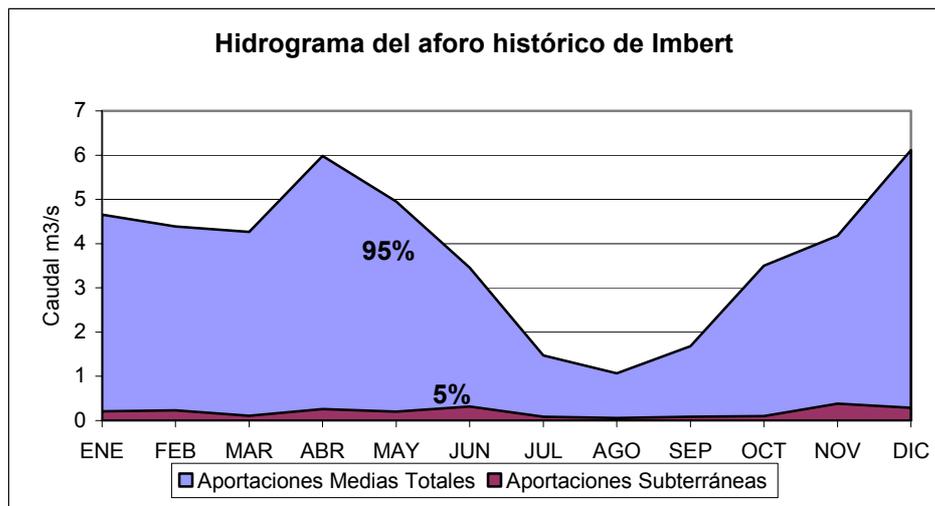
Para la obtención de una aproximación de la aportación de aguas subterráneas con respecto al caudal hídrico total, se ha optado por la descomposición de los hidrogramas de las estaciones de aforo históricas. Los porcentajes obtenidos de aportes superficiales y subterráneos han de ser tenidos en cuenta con ciertas limitaciones, por tratarse de aforos que hacen referencia a áreas de importante extensión, con características geológicas variables y con un funcionamiento hidrológico complejo.

En la descomposición del hidrograma se representan dos curvas. La primera de ellas (la de mayor caudal) representa los aportes medios mensuales totales de la serie histórica. La segunda curva (la de menor caudal) queda siempre englobada dentro de la primera y representa los aportes subterráneos. Dicha curva se obtiene mediante la representación gráfica de los valores mínimos históricos mensuales. Una vez conocidos los aportes medios y los

mínimos mensuales se calcula el índice del flujo base, como resultado del cociente de la suma de los caudales mínimos mensuales entre los caudales medios mensuales de toda la serie. Su valor puede variar teóricamente entre 0 y 1. Los extremos corresponden a un curso de agua sin aportes subterráneos (flujo base igual a cero) o con caudal mensual constante a lo largo del año (flujo base igual a uno).

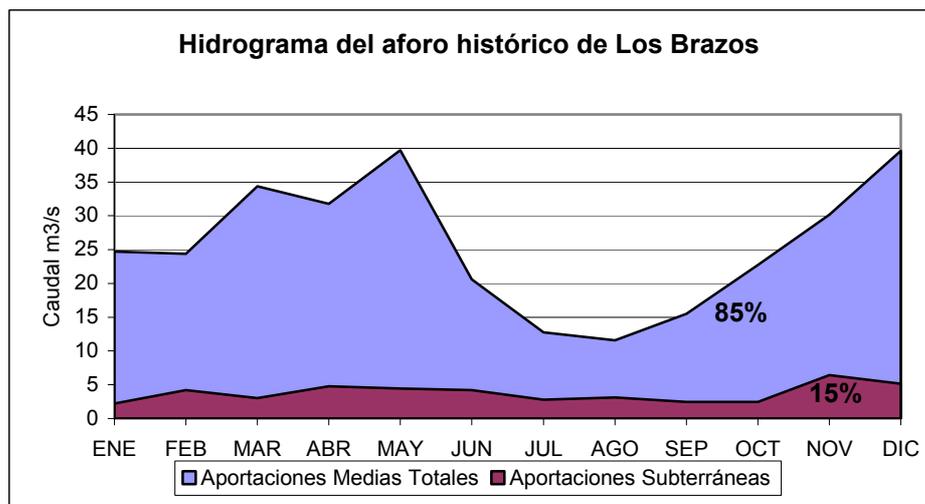
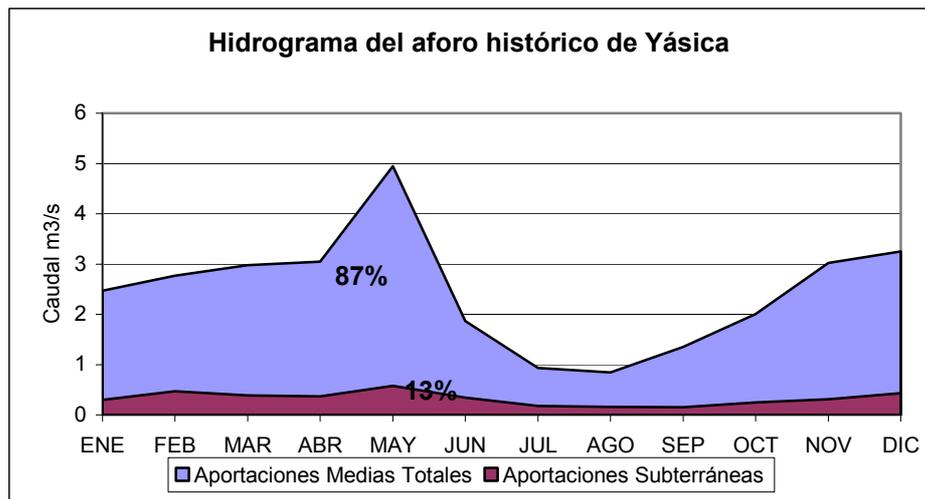
Los aportes subterráneos controlados en esta unidad hidrogeológica presentan una variabilidad entre el 5% y el 16% según el punto de aforo. Dichos aportes son función del tipo de materiales drenados por el cauce aguas arriba del punto de aforo. En aquellos sectores en los que los cauces controlados drenan materiales de alta permeabilidad por porosidad intersticial o fisuración y karstificación, se dan los mayores porcentajes de aportes subterráneos.

Los siguientes gráficos muestran la descomposición de los hidrogramas de cada uno de los puntos de aforo considerados:



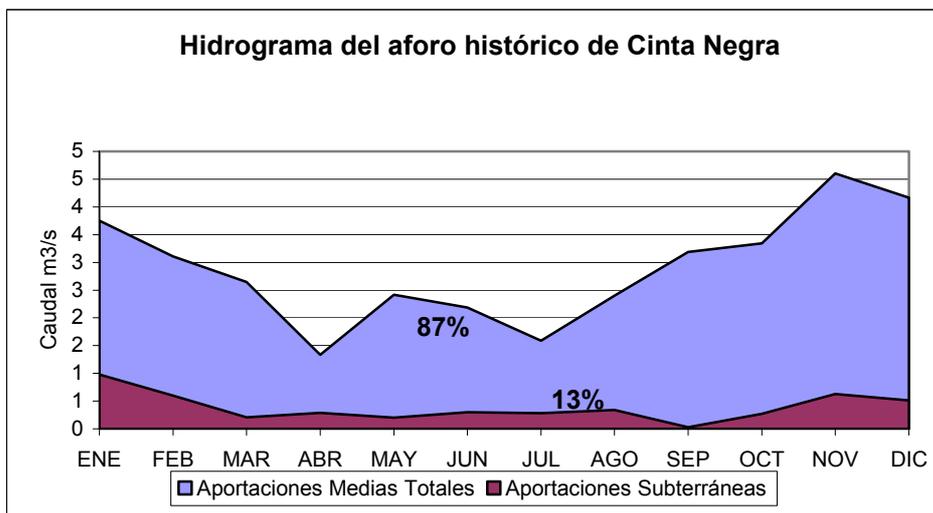
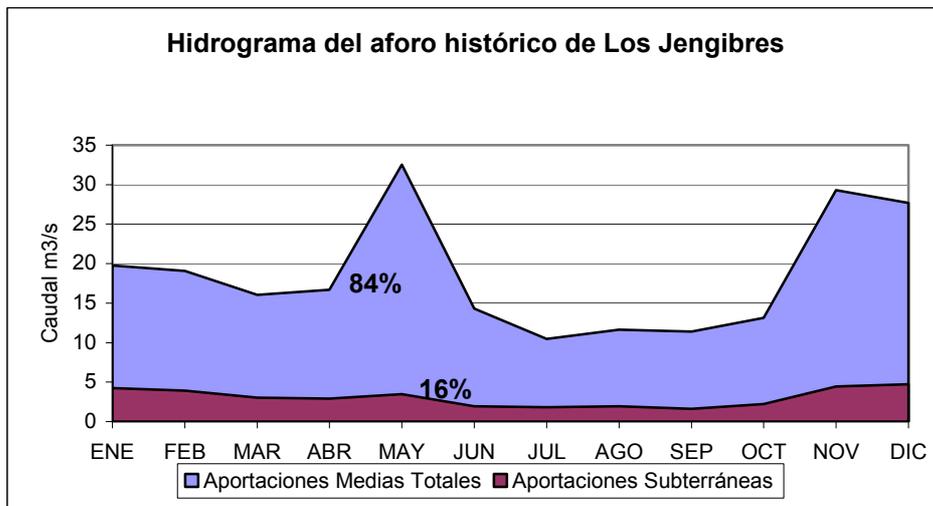
Estos dos hidrogramas están referidos al río Bajabonico, en la subunidad de Luperón-Guayacanes con el fin de poder determinar sus aportes subterráneos.

En el punto de aforo de Imbert se consideran unas aportaciones de aguas subterráneas de tan solo un 5% con respecto al total, que provendrá de los aportes realizados a través de los materiales detríticos permeables situados aguas arriba. El porcentaje es tan bajo porque hacia este punto drenan los materiales prácticamente impermeables del Terciario indiferenciado (Ti). Aguas abajo de este punto, el porcentaje de aportes subterráneos aumenta ligeramente hasta situarse en un 9%, debido al mayor volumen de material detrítico atravesado hasta llegar a este punto, tal y como se aprecia en el hidrógrafo de El Estrecho.



Los dos hidrogramas pertenecientes a los puntos de Los Brazos y Yásica están referidos al río Yásica, en la subunidad de Sabaneta-El Choco.

El punto de aforo de Yásica se sitúa cerca de la cabecera del río Yásica, drenando los conglomerados y areniscas miocenas de permeabilidad media (Mcg). En este punto, las aportaciones de aguas subterráneas se sitúan en el 13% del total. Aguas abajo de este punto, en el punto de aforo de Los Brazos, el porcentaje de aportes subterráneos aumenta ligeramente hasta el 15%, ya que drena también parte de las calizas arrecifales pliocenas (Plc)



Los puntos de afloramientos de Los Jengibres y Cinta Negra están situados en la subunidad de Cabo francés-Guaconejo sobre los ríos Boba y Nagua respectivamente.

El hidrograma del punto de aforo Los Jengibres, situado en el río Boba presenta un porcentaje de aportaciones subterráneas del 16%, mientras que el punto de aforo Cinta Negra, tiene un porcentaje de aportación subterránea del 13%. El río Boba drena parte del mayor afloramiento

de calizas arrecifales pleistocénicas (Plc) de la Cordillera Septentrional, y por tanto, el yacimiento hidrogeológico de mayor importancia de la unidad. El hecho de que los valores de aportación subterránea sean tan bajos, se debe a que los afloramientos históricos están situados prácticamente a la salida de los materiales impermeables, con lo que es muy difícil saber cual es la aportación real de estos importantes afloramientos calizos.

5. ESTUDIO DE EXTRACCIONES Y USOS

5.1. INTRODUCCIÓN

El consumo de agua por sectores en 1993 para todo el país, según el Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hídricos (PNORH), estaba distribuido de la siguiente forma: el sector agropecuario demandaba 7.384 Hm³ del recurso utilizado en el país, aproximadamente 916 Hm³ eran utilizados para el abastecimiento a la población y 39 Hm³ para los restantes usos (industrial, pecuario y turístico). La extracción de aguas subterráneas en 1993 eran de 386 Hm³

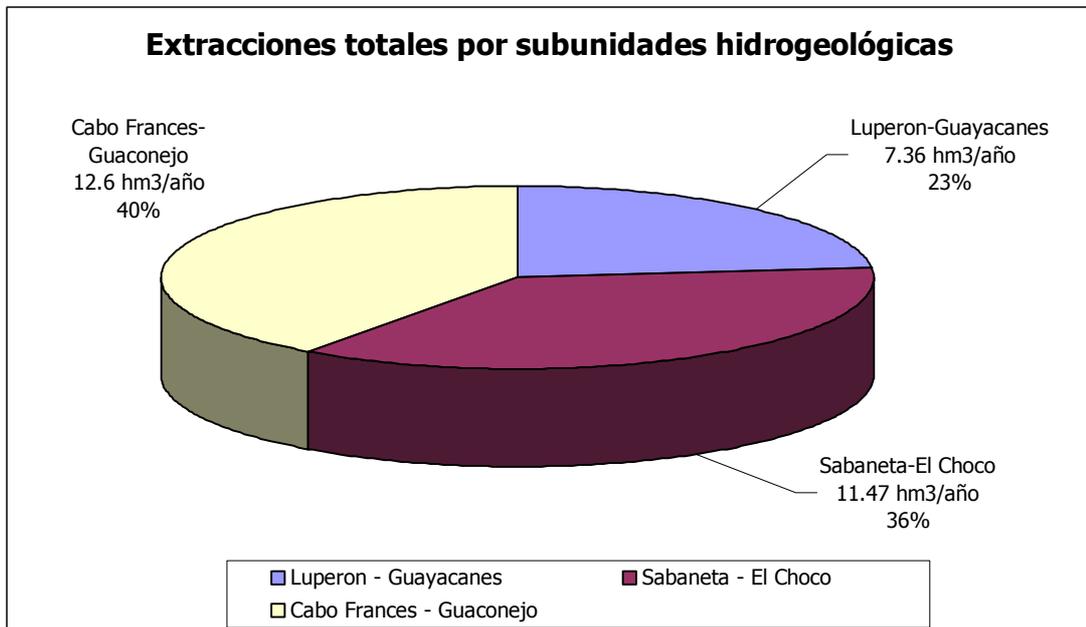
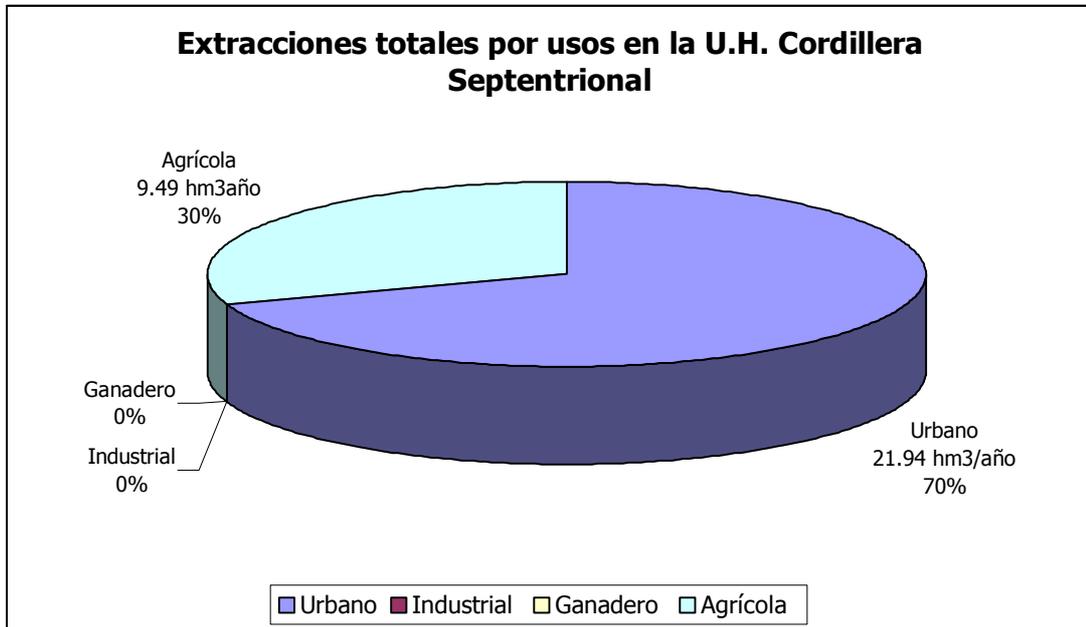
El volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Septentrional en el año 2004, para los distintos tipos de usos, es del orden de 31.43 hm³/año, cuya distribución por tipos de usos se incluye en el cuadro 5.1.1. y en la figura 5.1

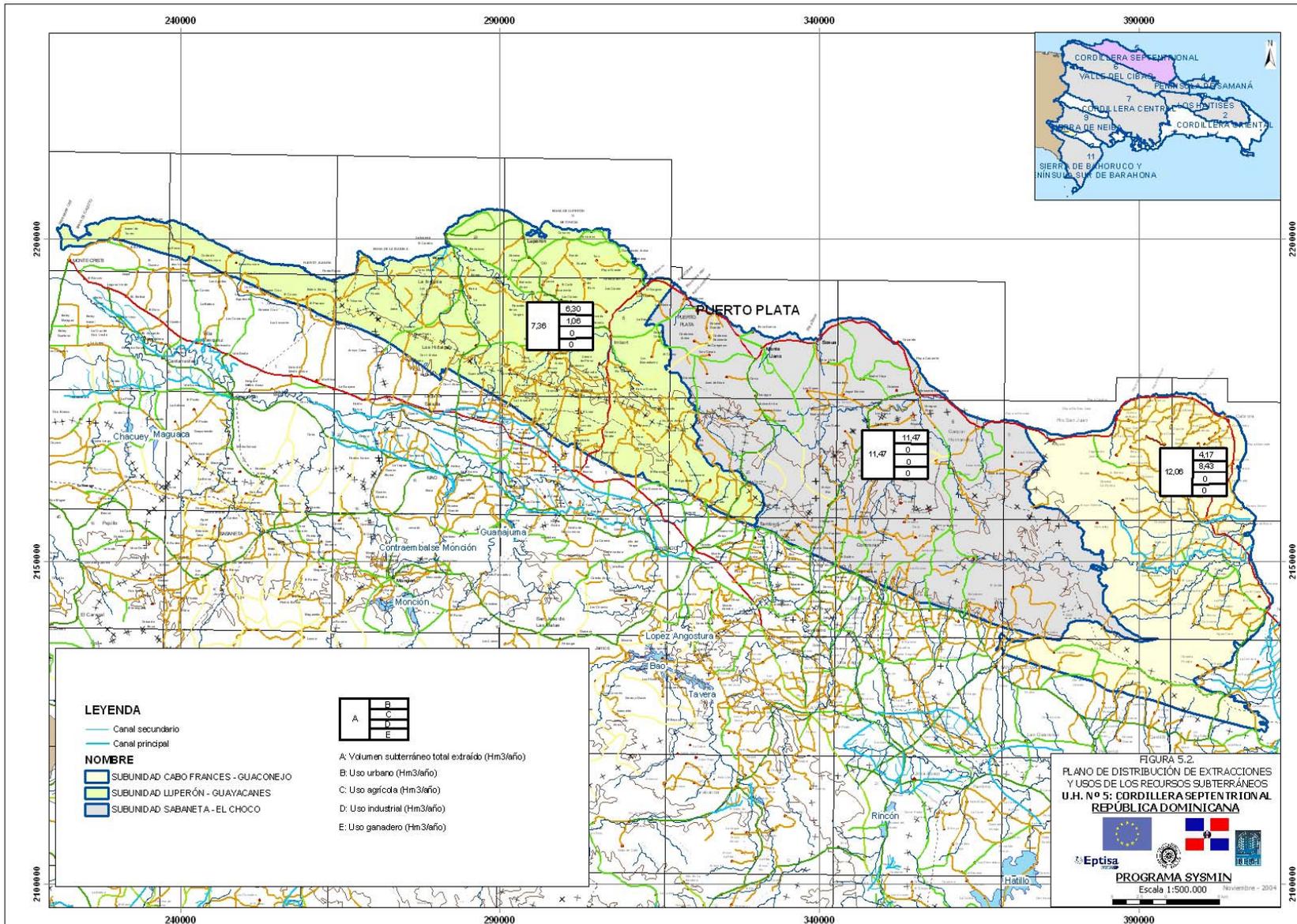
Por tipos de usos, el volumen total de origen subterráneo utilizado para abastecimiento o uso urbano es de 21.94 hm³/año, y para agricultura 9.49 hm³/año. La industria es residual y por tanto se ha despreciado su consumo, y el uso ganadero no se ha podido estimar dado el escaso número de datos que se dispone. La distribución espacial de las extracciones por subunidades se ha representado en la figura 5.2.

Cuadro 5.1.1 Distribución de volúmenes de agua subterránea utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de Cordillera Central

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm ³ /año)	Industrial (hm ³ /año)	Ganadero (hm ³ /año)	Agrícola (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
Luperón - Guayacanes	6.30	0	0	1.06	7.36
Sabaneta - El Choco	11.47	0	0	0	11.44
Cabo Francés -	4.17	0	0	8.43	12.06
Total U.H. Cordillera Septentrional	21.94	0	0	9.49	31.43

Figura 5.1. Distribución de volúmenes extraídos por tipo de uso y totales extraídos por subunidades





5.2. INFORMACIÓN DE PARTIDA

Los principales estudios utilizados como documentación bibliográfica de partida han sido:

Vegetación y usos de la tierra. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1988/1996

Distritos de Riego de la República Dominicana. INDRHI. 1995

Oficina Nacional de Estadística y Censo de la República Dominicana. Santo Domingo (Censo Nacional de Población y Vivienda de 1993, a nivel de paraje)

Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura de la FAO. AQUASTAT. 2000

Inventario de Puntos de Agua del presente Proyecto. 2003/2004

Relación de consumos de agua aportados por el Instituto de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA)

5.3. ESTIMACIÓN DE EXTRACCIONES

Partiendo de los informes anteriormente citados, y dado los escasos datos reales de extracciones para los diferentes tipos de usos, ha obligado a utilizar estimaciones teóricas basadas en dotaciones hipotéticas.

5.3.1. Usos Urbanos

El volumen anual de recursos subterráneos utilizados para abastecimiento urbano se ha estimado en **21.94 hm³/año**, teniendo como referencia los datos aportados por INAPA en relación con los consumos de agua para la ZONA III en la cual el consumo medio por persona es de 222 l/habitante/día, de los cuales el 46.88% corresponden a aguas subterráneas y a una población de 577697 habitantes para el año 2004, obtenida a partir de los datos demográficos elaborados por la Oficina Nacional de Estadística para los años 1993 y 2001, con un incremento poblacional del 2.66% en el periodo 93/04.

Las extracciones por subunidades hidrogeológicas se recogen en el cuadro 5.3.1.

Cuadro 5.3.1. Extracciones por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Población (2004)	Demanda según dotación	Extracciones de aguas subterráneas
		222 l/hab/día hm ³ /año	hm ³ /año
Luperón - Guayacanes	165803	13.44	6.30
Sabaneta - El Choco	301993	24.47	11.47
Cabo Francés - Guaconejo	109901	8.91	4.17
TOTAL		46.81	21.94

5.3.2. Usos agrícolas

El volumen anual de recursos subterráneos utilizados para regadío se ha estimado en **9.49 hm³/año**, cuyo valor se ha obtenido de aplicar al volumen total de agua demandada en agricultura un coeficiente de entre un 5 y un 10% (el porcentaje que se estima que corresponde a extracciones de los acuíferos), en aquellos sistemas de riego de los cuales se tiene información que se abastecen también con aguas subterráneas.

La distribución de las extracciones por subunidades hidrogeológicas se recoge en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.3.2. Distribución de las extracciones por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm ³)	Total extracciones (hm ³)
Luperón - Guavacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	21.17	1.06
			Total	2563.2	21.17	1.06
Cabo Francés - Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	4.30	0.43
			Boba	7725.12	58.38	5.84
			Cerro al Medio	1328.34	10.04	1.00
			Ochoa	687.18	5.19	0.52
			Sn	850.37	6.43	0.64
Total				11159.92	84.34	8.43
TOTAL EXTRACCIONES EN LA UNIDAD				13723.12	105.51	9.49

6. SÍNTESIS GEOLÓGICA

6.1. INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La denominada Cordillera Septentrional es una unidad orográfica, situada en el borde norte del territorio de la República Dominicana. Se alinea de ONO a ESE y, en sentido estricto, son dos sierras paralelas separadas por una zona deprimida intermedia.

La sierra más septentrional es costera, alcanzando 75 km. de longitud y 15 km. de anchura mayor, con altitudes máximas de 372 a 491 m. La sierra meridional tiene unos 200 km. de longitud, entre 47 y 15 km. de anchura (en sus extremos este u oeste, respectivamente), y 1249 m. de altitud máxima en su parte central, limitando al sur con el Valle del Cibao.

El sistema de drenaje existente en ambas sierras consiste en arroyos cortos que vierten a:

- directamente al mar, los de la vertiente norte de la sierra septentrional
- a la depresión intermedia, los de la vertiente sur de la sierra septentrional y norte de la meridional
- al Valle del Cibao (cuencas de los ríos Yaque del Norte y Camú –afluente del Yuma-), los de la vertiente sur de la sierra meridional.

La depresión intermedia está drenada longitudinalmente por los ríos Bajabonico (al oeste) y Yasica (al este). Ambos nacen en la vertiente norte de la sierra meridional pero enseguida adoptan sentidos ESE a ONO, el primero, y ONO a ESE, el segundo. La divisoria entre ambos supera, en la depresión intermedia, los 500 m.

6.2. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.

De muro a techo, la serie estratigráfica presente en la Cordillera Septentrional está formada por los siguientes términos, indicándose también los tipos y rangos de permeabilidades de los mismos:

- Conjunto de rocas magmáticas (RPg y RPi), volcano-sedimentarias (RVS y RVSf) con cierto grado de metamorfismo (tipo Duarte) y metamórficas indiferenciadas (Mti) probablemente formadas en ambiente de arco-islas, y de edad probable Cretácico. Su espesor es superior a los 400-500 m., y constituye el "zócalo" de la Cordillera, aflorando con pequeña extensión en las partes centrales de ambas sierras así como en el extremo

oriental de la sierra meridional. Son formaciones poco permeables (permeabilidad por porosidad intersticial).

- Conjunto de tipo flysch de edad Paleógeno, formado por margas y lutitas con intercalaciones de areniscas (Ti), y de espesor deducible superior a los 500-700 m. Son también formaciones poco permeables (permeabilidad por porosidad intersticial), localizadas, fundamentalmente, en la sierra meridional. En esta misma sierra, este conjunto de tipo flysch contiene intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas (RVm)(baja permeabilidad), al que metamorfizan por contacto.
- Conjunto margoso, con intercalaciones calcáreas y de calizas arenosas, de espesor no inferior a los 400 m., con mayor representación en la sierra septentrional (Ecg, Oc, Mcg y Ncg). Son formaciones poco permeables (permeabilidad por porosidad intersticial), aunque quizás algo más que las dos anteriores.
- Calizas arrecifales detríticas (tipo Villa Trina) (Plc), de edad plio-pleistocena, de espesor variablemente conservado según el grado de erosión pero probablemente no inferior a los 300 m. Se encuentran en ambas sierras pero, característicamente, en las vertientes norte de las mismas. Son formaciones muy permeables (permeabilidad por fisuración/karstificación), constituyendo, sin lugar a dudas, el nivel estratigráfico de mayor interés hidrogeológico.
- Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales. (Pcg). Son materiales poco permeables con permeabilidad por fisuración y/o por porosidad intersticial. Ocupan una pequeña extensión al oeste de la unidad.
- Depósitos aluviales relacionados, sobre todo, con los ríos Bajabonico y Yásica y, por tanto, localizados fundamentalmente en la depresión intermedia (Qa, Qab, Qal, Qi y Ql). Son formaciones muy permeables (permeabilidad por porosidad intersticial) aunque poco extensas y de escaso espesor (métrico, o excepcionalmente decamétrico).

El plano 6.1 incluido al final de este informe muestra la distribución hidrogeológica de la unidad.

6.3. ESTRUCTURA TECTÓNICA.

Las dos sierras que conforman la Cordillera Septentrional aparecen limitadas por fracturas longitudinales, paralelas a las mismas.

La falla más importante es la que limita la sierra meridional del Valle del Cibao, interpretada tradicionalmente como una falla normal vertical o buzante al sur, aunque no cabe excluir tenga

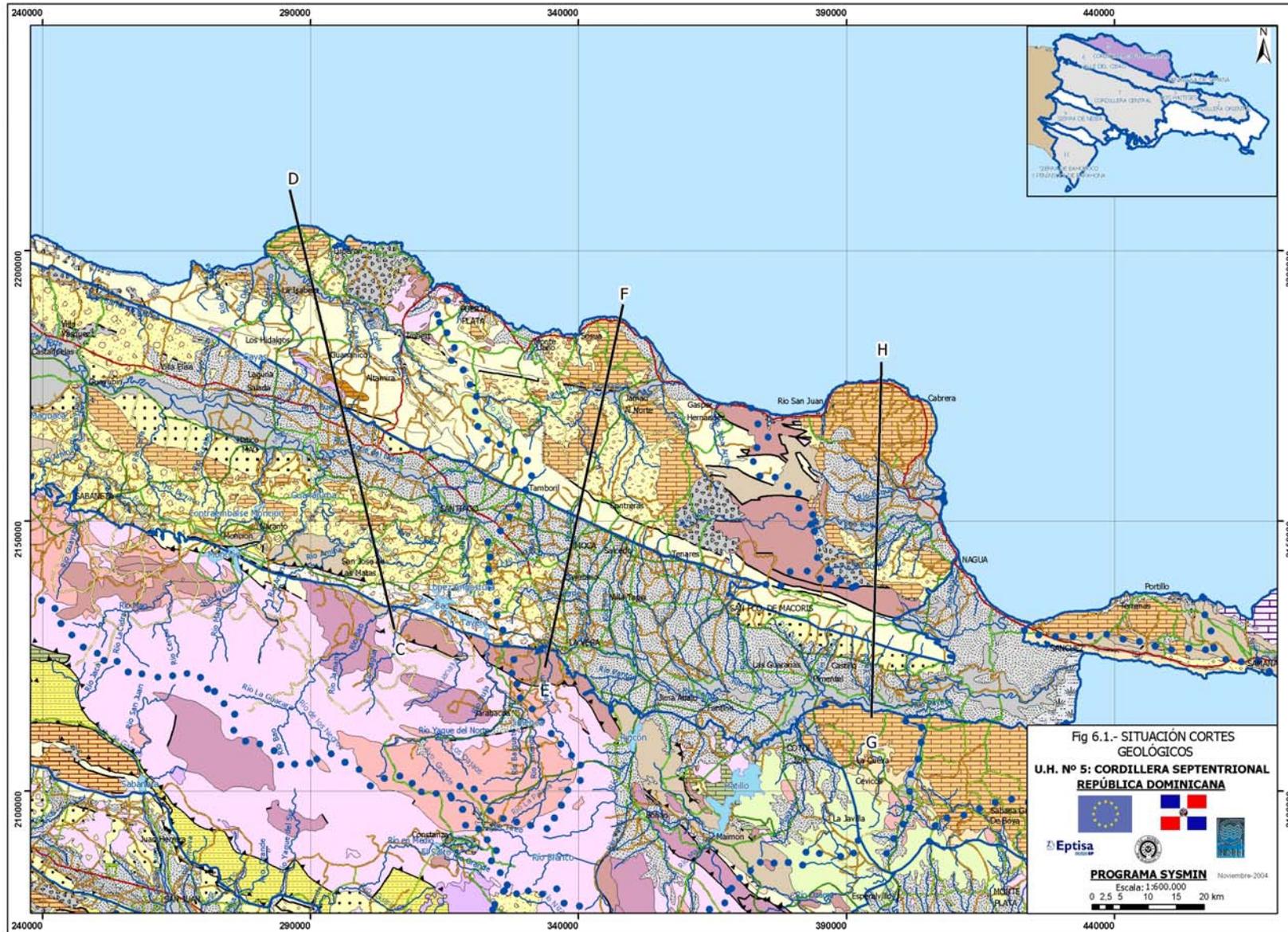
una importante componente de desgarre (falla en dirección). Está acompañada por fallas satélites, subparalelas a ella.

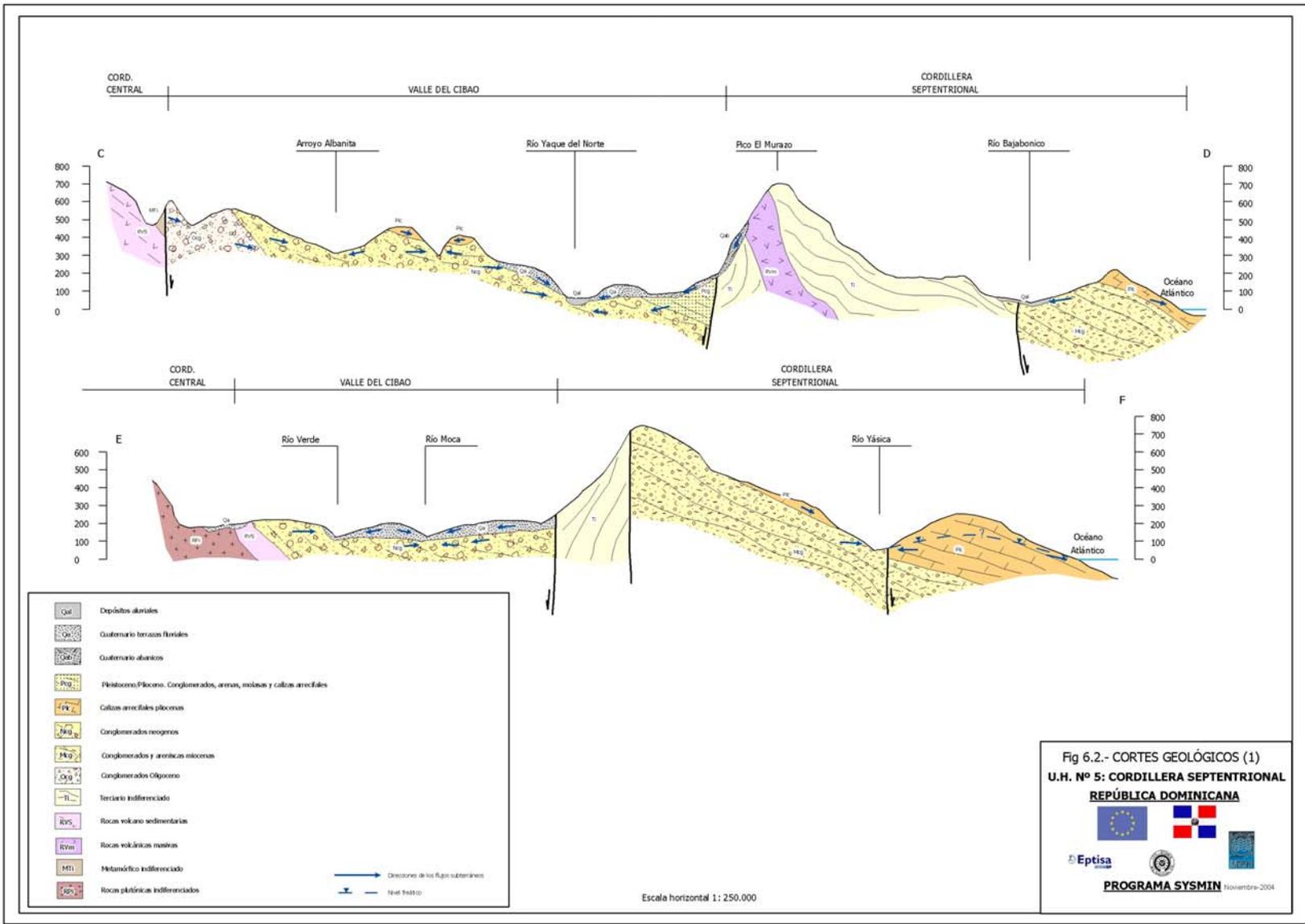
La otra falla importante es la que recorre longitudinalmente la depresión intermedia, es decir, la que separa la sierra septentrional de la meridional. Tradicionalmente ha sido interpretada como falla normal vertical o con labio hundido al norte. Como la anterior, es posible que tenga una importante componente de desgarre.

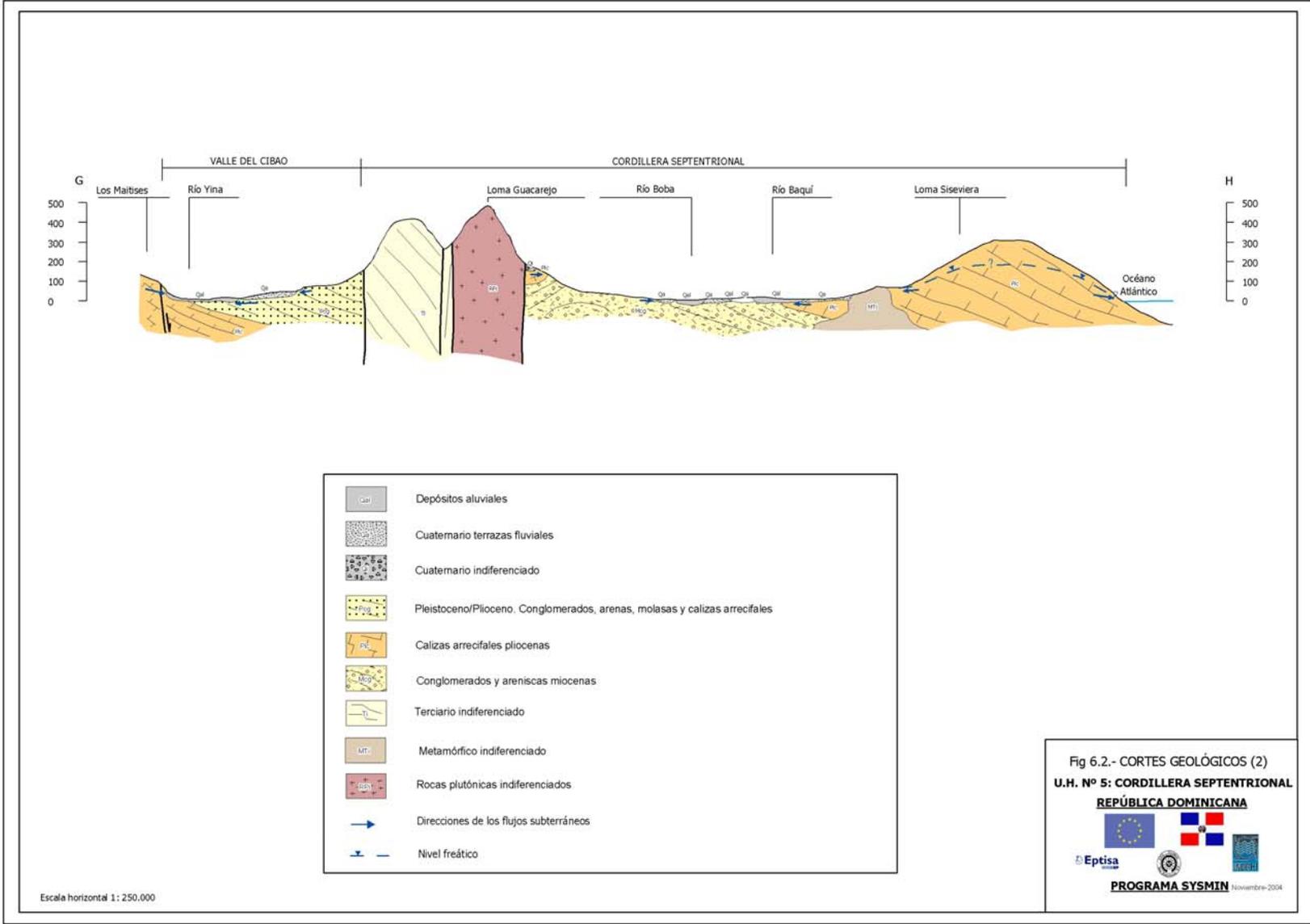
Estructuralmente, la sierra meridional es la que presenta la mayor complejidad de la Cordillera Septentrional. Esta complejidad se refiere fundamentalmente a la estructura interna de cada bloque entre las fallas subparalelas próximas a su borde sur, junto al Valle del Cibao; sin embargo, las litologías afectadas tienen poco interés hidrogeológico.

La disposición estructural de la vertiente norte de la sierra meridional es más sencilla. En su mayor parte, constituye una zona monoclinal que evoluciona a anticlinal muy abierto hacia el este. En este contexto estructural, las calizas plio-pleistocenas (la formación de mayor interés hidrogeológico) suelen presentarse buzando al norte, aunque no llegan a estar cortadas (salvo, probablemente, el afloramiento más occidental) por la falla de la depresión intermedia. El afloramiento más oriental (el más importante de toda la Cordillera) contacta con la costa.

La disposición estructural de la sierra septentrional es muy similar a la anteriormente descrita, con las calizas plio-pleistocenas buzantes hacia el norte y contactando generalmente con la costa.







6.4. RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICIÓN LITOLÓGICO-ESTRUCTURAL Y SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.

La disposición estructural de calizas plio-pleistocenas (Plc), buzante al norte, hace que la circulación del agua subterránea tienda a establecerse en ese sentido, lo que determinará la existencia de descargas directamente al mar (para aquellos afloramientos que contacten con la costa) o en la base de las calizas. Las descargas producidas en la base de las calizas hará ganadores a los afluentes de las márgenes derechas (meridionales) de los ríos Yásica y Boba (éste, localizado en el extremo oriental de la sierra). Las zonas de recarga más importantes se sitúan en estos materiales en las zonas topográficamente más elevadas, principalmente en el sector centro oriental de la Unidad.

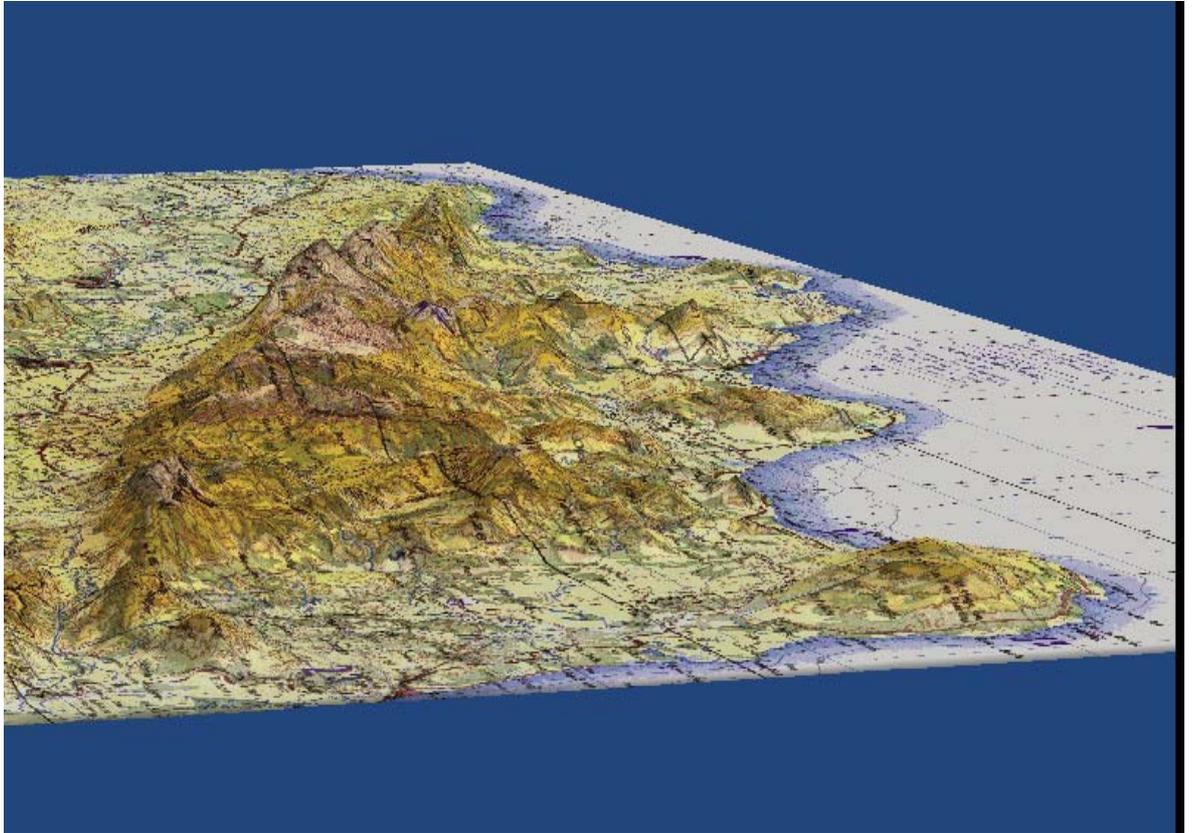
Las formaciones cuaternarias también presentan un importante interés hidrogeológico, tanto por su permeabilidad como por su extensión, sobre todo en las proximidades de Puerto Plata y en las cuencas de los ríos Boba y Baquí, en el extremo oriental de la Cordillera.

La sierra meridional está formada en gran parte por materiales de baja permeabilidad, por lo que la recarga de estas zonas no será de gran importancia. Sin embargo, en su el sector centro oriental tiene dos importantes zonas de recarga formadas por las calizas arrecifales (Plc), así como otra zona, de menor entidad, formada por los depósitos cuaternarios.

La sierra septentrional presenta alturas menores que la sierra meridional, pero, sin embargo, dispone de importantes zonas de recarga, constituidas también por materiales calcáreos.

El buzamiento de ambas sierras hace que la dirección principal de drenaje sea hacia el norte, a excepción de la zona oriental, donde las descargas se producen hacia el este de la unidad, provenientes tanto de la sierra meridional como de la sierra septentrional. En la zona oeste de la unidad, la red de drenaje de la sierra meridional sigue la dirección de la falla normal que separa la sierra septentrional de la meridional, desembocando en la costa occidental.

Figura 6.3. Bloque diagrama de la topografía de la Cordillera Septentrional



7. HIDROGEOLOGÍA

7.1. MARCO HIDROGEOLÓGICO

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 5 : Cordillera Septentrional, se emplaza en el norte del país e incluye la Cordillera que lleva su nombre, que se extiende a lo largo de alrededor de 200 Km, de este a oeste.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, alcanzan una superficie total próxima a los 4774 km². De los materiales permeables, casi una tercera parte corresponden a materiales carbonatados (alrededor de 800 km²) que presentan un proceso de karstificación avanzado, conformando, de esta forma, los materiales con mayor interés hidrogeológico de la zona.

En la superficie de la citada unidad se identifican dos afloramientos calcáreos distintos . Un acuífero carbonatado formado por las calizas arrecifales pliocenas (Plc) que forma el acuífero de mayor interés hidrogeológico de la zona, como ya se ha dicho anteriormente, y otro acuífero carbonatado formado por niveles de calizas eocenas intercaladas con areniscas, conglomerados y margas (Oc) de mucho menor interés que el anterior tanto por su menor extensión como por su menor permeabilidad. También se observan depósitos de materiales conglomeráticos y areniscosos del Mioceno (Mcg) y del Plioceno-Pleistoceno (Pcg) y diversos tipos de depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas fluviales y depósitos de abanicos, principalmente) que constituirán importantes acuíferos detríticos y mixtos con permeabilidad variable entre media y muy alta (según los tipos de materiales) por porosidad intersticial.

Dentro de los materiales carbonatados se identifican importantes procesos de karstificación, principalmente en las calizas arrecifales pliocenas, tanto del tipo abiertos como cerrados, y, sobre todo, en las zonas de Cabrera y del río Yásica.

7.2. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA UNIDAD: SUBUNIDADES Y FORMACIONES ACUÍFERAS.

Los límites hidrogeológicos de esta unidad o zona hidrogeológica y, dentro de ella, los de sus subunidades o sectores de funcionamiento y niveles o formaciones acuíferas, se han definido a partir de la cartografía de síntesis hidrogeológica elaborada para el presente proyecto, que, a su vez, tomó como cartografía geológica de base el Mapa Geológico de la República Dominicana, a escala 1:250000, elaborado por la Secretaría de Estado de Industria y Comercio (Dirección General de Minería e Instituto Geográfico Universitario), en colaboración con el Bundesanstalt Fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

A partir de las citadas cartografías, y de diversa información adicional procedente de los Mapas Geológicos a escala 1:50.000 actualmente disponibles, elaborados, asimismo, por la Secretaría de Estado de Industria y Comercio (Dirección General de Minería), se han definido las mencionadas delimitaciones, de acuerdo con los siguientes criterios básicos:

- Definir límites de la unidad y de sus subunidades en función de criterios eminentemente prácticos de funcionamiento hidrogeológico (recarga, descarga y balance hídrico) y de posible explotación de sus recursos.
- Hacer coincidir, siempre que ha sido posible, los citados límites con contactos o barreras hidrogeológicas, dando prioridad a las negativas (límites estancos o cerrados) sobre las positivas (límites abiertos) y, entre estas últimas, aquellas que establezcan una equipotencial constante.
- Los límites de las barreras negativas se han extendido, siempre que ha sido razonablemente posible, hasta las divisorias hidrográficas.
- Establecer los límites en las divisorias hidrográficas cuando las estructuras hidrogeológicas no permitían su cierre mediante barreras.
- Las unidades y subunidades hidrogeológicas del tipo aluviales se han extendido a toda la superficie del afloramiento de los citados depósitos cuaternarios.
- Diferenciar materiales por criterios de permeabilidad (estimativa y relativa) y de posible potencialidad de explotación de sus recursos.

Con estos criterios de partida, se han establecido la delimitación de la unidad, que alcanza una superficie total de 4774 km², de los cuales el 54 % (unos 2580 km²) corresponden a formaciones permeables de diferentes tipos, siendo unos 1730 km² materiales con permeabilidades variables entre muy alta, alta y media y el resto, unos 851 km², materiales de formaciones de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico.

Asimismo, se han diferenciado dentro de los citados límites de la unidad, y de sus correspondientes subunidades, diez tipos distintos de formaciones permeables o niveles acuíferos y ocho formaciones de baja permeabilidad o permeabilidad nula, las cuales se han clasificado hidrogeológicamente de acuerdo con los criterios y especificaciones de la Leyenda UNESCO (año 1970), en los que se combinan diferentes parámetros hidrogeológicos de referencia, basados en el tipo y grado de permeabilidad (composición litológica, permeabilidad por porosidad intersticial o por fisuración y karstificación, etc.) y en la potencialidad real de

explotación (extensión superficial y de recarga, geometría y condicionantes estructurales, y recursos explotables, tanto de renovación anual, como de reservas estimadas).

De acuerdo con dichos criterios, las formaciones permeables o niveles acuíferos definidos que se han identificado dentro de los límites de esta unidad, son los siguientes:

Formaciones con permeabilidad por porosidad intersticial:

En este primer grupo se han distinguido tres subgrupos y seis tipos de formaciones:

- **Formaciones porosas con permeabilidad y productividad (potencialidad real de explotación) elevadas:**

Qab: del tipo depósitos de abanico cuaternarios, compuestos por cantos de carbonato (calizas arrecifales) englobados en una matriz arcillo-arenosa. Se localizan en la subunidad de Luperón-Guayacanes, principalmente en la sierra meridional, aunque también se pueden observar algunos depósitos de la sierra septentrional. Ocupan una superficie próxima a los 24 km², lo que supone sólo el 0.9% de la superficie total de materiales permeables y el 0.5% de la superficie total de la unidad. Constituyen unos excelentes acuíferos detríticos del tipo libre y superficiales y su productividad y potencialidad de explotación es muy alta, debido a la excelente permeabilidad de sus materiales

Qa: compuestos por depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario. Se distribuyen en la zona norte de la unidad por las zonas costeras cercanas a Luperón y las zonas costeras entre el río Maimón, al oeste de Puerto Plata, y el río Joba Arriba, en la zona de Gaspar Hernández, además de las proximidades de Puerto Plata, donde la extensión de estos depósitos es amplia, y las cuencas de los ríos Maimón, San Marcos, Mozoui, Sosua y Joba Arriba. En la zona oriental de la unidad (subunidad de Cabo Francés-Guaconejo), estos depósitos aparecen en las cuencas de los ríos Boba y Baquí, donde la formación tiene su mayor extensión (246 km²). En su conjunto, estos materiales alcanzan una superficie total de 408 km², que suponen el 15.8 % de la superficie total de materiales permeables y el 8.5% de la superficie total de la unidad. Sus litologías (arenas y gravas, en una matriz arcillosa) y su escasa cementación le confieren una permeabilidad de alta a muy alta y el que funcionen como un acuífero libre, del tipo detrítico y con permeabilidad primaria por porosidad intersticial. Su productividad y potencialidad de explotación también es muy alta, debido a que a la excelente permeabilidad de sus

materiales se une un elevado volumen de recarga, al estar emplazados, en su mayor parte, en zonas de descarga de flujos subterráneos y superficiales (zonas de borde).

Qal: compuestos por depósitos de aluvial reciente, que se distribuyen, fundamentalmente, por los cauces centrales de los ríos Bajabonico, Yásica, Jamao, Boba y Baqui. En su conjunto alcanzan una superficie total de 257 km², que suponen el 10% de la superficie total de materiales permeables y el 5.4% de la superficie total de la unidad. Sus litologías (arenas y gravas, en una matriz arcillosa) y su escasa cementación le confieren una permeabilidad de alta a muy alta y el que funcionen como un acuífero libre, del tipo detrítico y con permeabilidad primaria por porosidad intersticial. Su productividad y potencialidad de explotación también será muy alta, debido a que a la excelente permeabilidad de sus materiales, se une un elevado volumen de recarga, al estar emplazados, en su mayor parte, en zonas de descarga de flujos subterráneos y superficiales (zonas de borde).

- **Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad real de explotación) media:**

Ecg: Formación de conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Eoceno. Se trata de intercalaciones de conglomerados en los materiales terciarios indiferenciados que afloran únicamente en la subunidad Luperón-Guayacanes. Ocupan una extensión de 20.3 km², que suponen un 0.8% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y un 0.4% de la superficie total de la unidad. Se le ha asignado una permeabilidad media, con permeabilidad por porosidad intersticial o por fracturación, constituyendo un acuífero libre, aunque podría existir también como acuífero confinado bajo los materiales terciarios indiferenciados.

Mcg: Formación de conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Mioceno, del grupo Sombrerito. Aflora principalmente en los flancos de las sierras septentrional y meridional y alcanza una superficie total de 688 km², que suponen el 26.7% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 14.4% de la superficie total de la unidad. Su espesor (estimativo) puede ser del orden de los 400-500 m y se le ha asignado una permeabilidad media, constituyendo un acuífero en buena parte libre (aunque también podría existir, como acuífero semiconfinado, bajo las calizas arrecifales pliocenas principalmente), y en la mayor parte de los casos del tipo detrítico o mixto, con permeabilidad por porosidad intersticial o por fracturación, según los casos.

Su permeabilidad variable y, por lo general, de grado medio, le confieren una productividad y potencialidad real de explotación media, cuyo mayor interés radica en la posición de sus materiales, que afloran, precisamente, en zonas del borde de las sierras septentrional y meridional.

Qi: compuesto por materiales indiferenciados del Cuaternario, que se localizan, en las tres subunidades, con mayor representación en la unidad de Luperón-Guayacanes. Ocupan una superficie total de 313.5 km², que supone el 12% de la superficie total de materiales permeables y el 6.6% de la superficie total de la unidad. La variedad de las litologías de sus materiales hace muy difícil su valoración hidrogeológica conjunta, aunque se le ha estimado una permeabilidad media-alta y un funcionamiento como un acuífero libre con permeabilidad por porosidad intersticial.

- **Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad real de explotación) baja:** Dentro de este subgrupo habría que distinguir entre los depósitos de marismas y manglares del Cuaternario (**QI**), que se distribuyen, con extensiones limitadas por las depresiones de la subunidad de Luperón-Guayacanes, y las tobas volcánicas, rocas clásticas estratificadas y aglomerados de las rocas volcano-sedimentarias (**RVS**).
- Por su parte, los citados niveles permeables de las formaciones consideradas como no acuíferas se han incluido precisamente dentro del aparatado de no acuíferas por su escaso interés en cuanto a su potencialidad y dificultad de explotación, dentro de los límites de esta unidad.

Formaciones con permeabilidad por fisuración-karstificación:

En este segundo grupo se han distinguido dos subgrupos y dos tipos de formaciones:

- **Formaciones fisuradas de gran extensión superficial y alta permeabilidad y productividad:**

Plc: Formación de caliza arrecifal, molasas, calizas detríticas y areniscas, con elevada karstificación, del Plioceno. Ocupa una superficie de alrededor de 790 km², que suponen el 30.6% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 15.5% de la superficie total de la unidad, y que se extienden por las tres unidades, aunque con mayor extensión en las unidades de Cabo Francés-Guaconejo y Sabaneta-El Choco. Su espesor (estimativo) parece superior a los 300 m y por su avanzado grado de karstificación se le ha asignado

una permeabilidad alta. Constituye un acuífero en libre de tipo kárstico y con permeabilidad secundaria por fracturación-karstificación.

Su productividad y potencialidad de explotación será alta (la más importante de toda la unidad), debido al alto grado de karstificación de sus materiales (lo que le confiere una alta permeabilidad secundaria) y al importante volumen de recarga por infiltración de la lluvia caída sobre su extensa superficie aflorante.

- **Formaciones fisuradas de extensión superficial limitada (local o discontinua) y permeabilidad y productividad moderada o variable:**

Oc: Niveles de calizas eocenas intercaladas entre areniscas, conglomerados y margas. Se encuentran en la subunidad de Luperón-Guayacanes, en la sierra meridional en el pico El Murazo, entre Altamira y Los Hidalgos. Ocupa una superficie próxima a los 19 km², que supone el 0.7% de la superficie total de materiales permeables y el 0.4% de la superficie total de la unidad. Constituye un nivel acuífero carbonatado con una permeabilidad media producida por Karstificación y fisuración.

Su productividad y potencialidad de explotación será moderada.

Formaciones de tipo mixto, con permeabilidad por fisuración y/o por porosidad intersticial:

Pcg: Formación compuesta por depósitos de conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno-Plioceno, que afloran en la subunidad de Luperón-Guayacanes en la cuenca del río de la Jaiba. Su superficie es de 12 km², que supone el 0.4% de la superficie total de materiales permeables y el 0.2% de la superficie total de la unidad. Su permeabilidad variable y, por lo general, de grado medio, le confieren una productividad y potencialidad real de explotación moderada-baja.

RVSf: Rocas volcano-sedimentarias fisuradas. Afloran en la zona de la Loma del Puerto, en el límite entre las subunidades de Luperón-Guayacanes y Sabaneta-El Choco. Su permeabilidad media-baja se debe a la fisuración de las rocas, y su potencialidad real de explotación es moderada-baja.

Complementariamente a estas formaciones permeables, existirán dentro de los límites de esta unidad otras formaciones de baja permeabilidad o con extensión superficial muy reducida, que se consideran como **no acuíferas o con acuíferos muy puntuales y de escasa o nula**

potencialidad de explotación. Dentro de este grupo habría que incluir las rocas metamórficas indiferenciadas (**MTi**), las rocas plutónicas indiferenciadas (**RPI**), las rocas plutónicas: granitos (**RPg**) las rocas volcano-sedimentarias (**RVS**), las rocas volcánicas masivas (**RVm**), los conglomerados neógenos (**Ncg**) los depósitos de marismas y manglares del Cuaternario Holoceno (**QI**) y las margas con intercalaciones de areniscas, areniscas y lutitas del Terciario (**Ti**), cuya extensión total es del orden de los 2194 km².

Con estos mismos criterios metodológicos, se han identificado y establecido los límites de tres subunidades o sectores de funcionamiento hidrogeológico, dentro de la unidad de la Cordillera Septentrional. Su denominación, distribución superficial, límites y principales características de funcionamiento son las siguientes (Figura 7.1 y Cuadro 7.2.1):

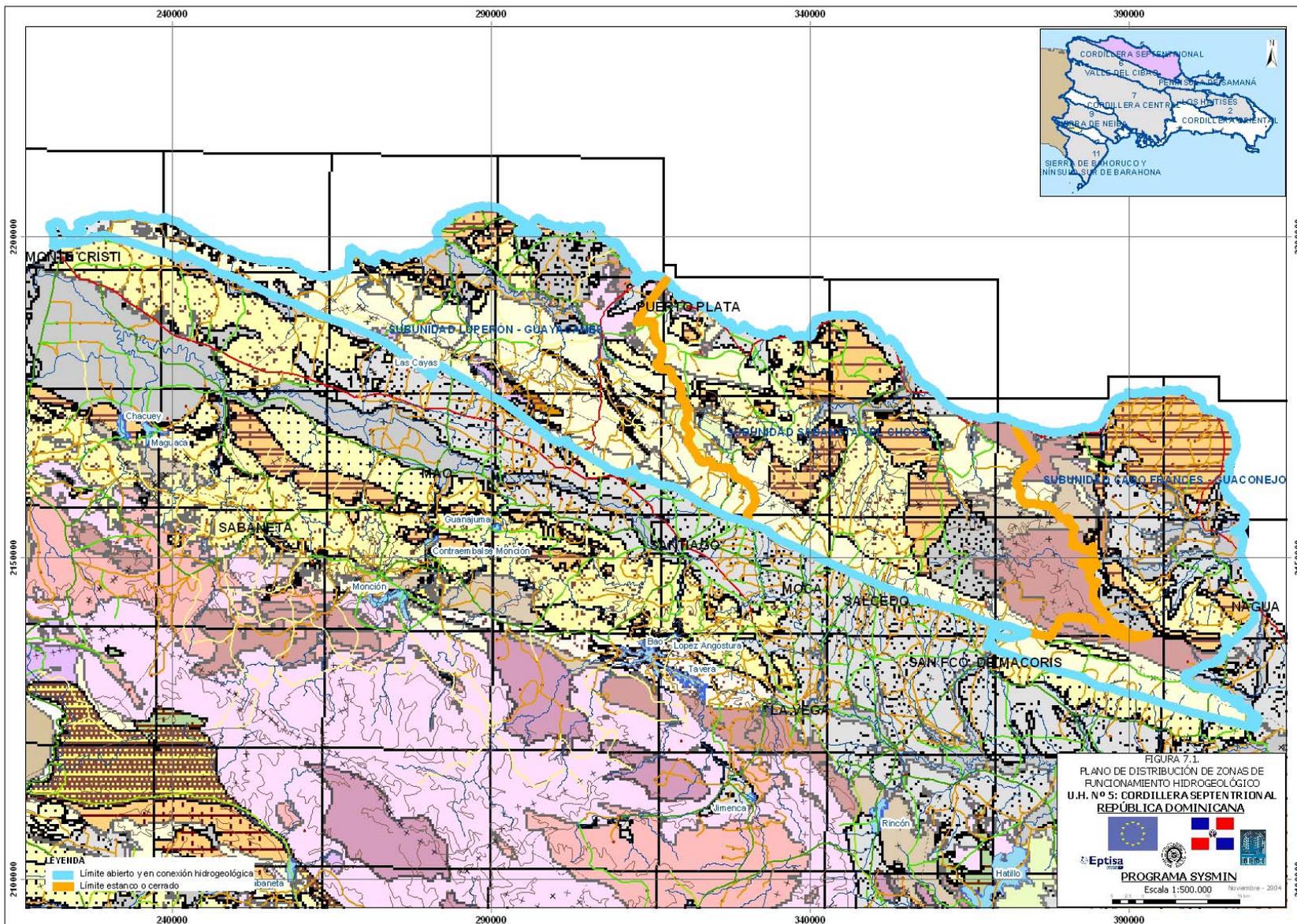


FIGURA 7.1.
 PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE
 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
 U.H. N° 5: CORDILLERA SEPTENTRIONAL
 REPÚBLICA DOMINICANA

Eptisa
 PROGRAMA SYSMIN
 Escala 1:500,000 Noviembre - 2004

LEYENDA

- Limite abierto y en conexión hidrogeológica
- Limite estanco o cerrado

Cuadro 7.2.1. Subunidades de funcionamiento hidrogeológico de la Cordillera Septentrional

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
Cabo Francés- Guaconejo	872.5 km ²	414.5 km ²	<ul style="list-style-type: none"> - Norte: abierto, directamente en contacto con el mar . - Oeste: cerrado y estanco en contacto con las rocas plutónicas indiferenciadas (RPI), las metamórficas indiferenciadas (Mti) y los materiales terciarios indiferenciados (Ti) de la Subunidad de Sabaneta-El Choco. - Este: abierto, directamente en contacto con el mar. - Sur: abierto, sin conexión hidráulica con los conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales(Pcg), al igual que con las terrazas fluviales del Cuaternario (Qa) del Valle del Cibao. - Sureste: abierto y en conexión hidráulica con las terrazas fluviales cuaternarias (Qa) y con los depósitos aluviales (Qal) del Valle del Cibao. Abierto y sin conexión hidráulica en el contacto entre las rocas plutónicas indiferenciadas (RPI) de esta subunidad con las terrazas fluviales cuaternarias (Qa) y los depósitos aluviales (Qal) del Valle del Cibao. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mcg: 118.1 km² - Plc: 335.9 km² - Qa: 246.1 km² - Qal: 109.4 km² - Qi: 62.8 km²
Sabaneta- El Choco	1162.4 km ²	711.5 km ²	<ul style="list-style-type: none"> - Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: cerrado y estanco en los materiales terciarios indiferenciados (Ti). Abierto y en conexión hidráulica con los conglomerados y areniscas miocenas (Mcg) y con las rocas volcano-sedimentarias fisuradas de la subunidad de Luperón-Guayacanes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mcg: 470.4 km² - Oc: 0.5 km² - Plc: 383.1 km² - Qa: 120.1 km² - Qal: 41.1 km²

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>- Este: cerrado y estanco en contacto con las rocas plutónicas indiferenciadas (RPI), las metamórficas indiferenciadas (Mti) y los materiales terciarios indiferenciados (Ti) de la subunidad de Cabo Francés-Guaconejos. Abierto aunque sin conexión hidráulica en el contacto con los depósitos cuaternarios indiferenciados (Qi) y con las terrazas fluviales Cuaternarias (Qa) de la subunidad de Cabo Francés-Guaconejos.</p> <p>- Sur: abierto, sin conexión hidráulica con las terrazas fluviales del Cuaternario de la unidad del Valle del Cibao.</p>	<p>- Qi: 116.1 km²</p> <p>- RVSf: 31.1km²</p>
Luperón-Guayacanes	545.4 km ²	1066.8 km ²	<p>- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar.</p> <p>-Este: cerrado y estanco en los materiales terciarios indiferenciados (Ti). Abierto y en conexión hidráulica con los conglomerados y areniscas miocenas (Mcg) y con las rocas volcano-sedimentarias fisuradas de la subunidad de Sabaneta-El Choco.</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica solamente en el límite con el Cuaternario indiferenciado (Qi) y los abanicos cuaternarios (Qab) de la unidad del Valle del Cibao. Abierto pero sin conexión hidráulica en el resto: Conglomerados neógenos (Ncg), terrazas fluviales cuaternarias (Qa) y Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales (Pcg).</p>	<p>- Ecg: 20.3 km²</p> <p>- Mcg: 99.7 km²</p> <p>- Oc: 18.8 km²</p> <p>- Pcg: 12.3 km²</p> <p>- Plc: 70.6 km²</p> <p>- Qa: 41.4 km²</p> <p>- Qab: 24.3 km²</p> <p>- Qal: 106.4 km²</p> <p>- Qi: 134.3 km²</p> <p>- RVSf: 17.1 km²</p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
TOTAL	2580.1 km²	2192.9 km²	-	- Ecg: 20.3 km ² - Mcg: 668.2 km ² - Oc: 19.3 Km ² - Pcg: 12.3 km ² - Plc: 789.6 Km ² - Qa 407.6 km ² - Qab: 24.3 km ² - Qal: 257 km ² - Qi: 313.5 km ² - RVSf: 48.2 km ²

7.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

7.3.1. Análisis de datos previos existentes.

La información de partida asociada al inventario de puntos de agua de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Septentrional ha sido muy escasa. Los pocos datos útiles existentes a la hora de realizar el inventario de puntos de agua, han sido indicaciones verbales aproximadas de la existencia de manantiales, lagunas y pozos de poca profundidad, realizadas tanto por personal del INDRHI como por las personas que han participado en la realización de los mapas geológicos de la zona.

En cuanto a la existencia de un registro físico de la información (ya sea en papel, o en formato digital), se ha tenido acceso al estudio "Síntesis de datos hidrogeológicos Provincia Puerto Plata" realizado por el INAPA en noviembre de 1996. En este informe se realiza una recopilación de los resultados obtenidos en los sondeos de prospección de aguas subterráneas realizados en la provincia de Puerto Plata, y más concretamente, en las hojas topográficas 5975 I Barrancón, 5975 II El Mamey, 6075 II Puerto Plata, 6075 III Imbert y 6175 III Sabaneta de Yásica, entre los años 50 y la década de los 90. La información existente para cada punto de agua es una ficha en la que se describen las características principales del punto (situación geográfica, características constructivas, profundidad del agua, descripción de la columna litológica...). A aquellos puntos que se consideraron de interés, desde el punto de vista hidrogeológico, se les realizó un ensayo de bombeo, así como un análisis físico-químico detallado del los que también se tiene información.

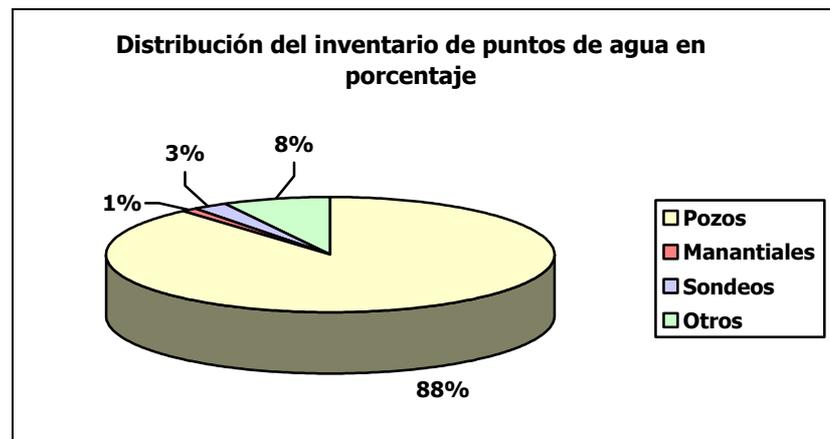
Este estudio ha sido tenido en cuenta a la hora de realizar el presente informe, aunque no pudo ser utilizado para la definición de las redes de control del proyecto, ya que únicamente se tuvo acceso a él a la finalización del mismo.

7.3.2. Inventario de puntos de agua de la Unidad.

La realización y completado de datos del inventario de puntos de aguas realizado en esta unidad, se ha llevado a cabo durante los dos primeros trimestres del presente proyecto (junio a diciembre de 2003).

La falta de acceso a los datos existentes de inventario previo dentro de los límites de esta unidad hidrogeológica conlleva a que todos los puntos utilizados en este estudio sean de nuevo inventario. En total, se han inventariado 428 puntos de agua, cuya distribución según la naturaleza del punto es la siguiente:

- 379 pozos.
- 5 manantiales.
- 11 sondeos.
- 33 Otros.



El inventario de puntos de agua se encuentra repartido a lo largo de toda la unidad hidrogeológica, aunque existe una mayor densidad de puntos en las zonas costeras, fundamentalmente entre Luperón y Veragua, y en los aluviales de los principales cursos fluviales de la unidad (Bajabonico, Yásica, Camu, Boba...). En general se trata de pozos de poca profundidad que están captando materiales cuaternarios (tanto depósitos aluviales como depósito cuaternarios indiferenciados) considerados de alta permeabilidad y cuya productividad es variable. También existen algunos pozos que captan las calizas arrecifales pliocenas, consideradas de elevada permeabilidad por fisuración y karstificación y alta productividad, así como depósitos de conglomerados y areniscas del Mioceno y el Eoceno considerados como formaciones con grado de permeabilidad medio por porosidad intersticial y productividad intermedia.

Del total de puntos de agua inventariados, únicamente se dispone de datos de profundidad de la obra de 73 puntos. De ellos, únicamente 5 se encuentran por encima de los 50 metros de profundidad, 9 están entre 20 y 50 metros de profundidad, siendo el resto (59) pozos de escasa profundidad (< de 20 metros). Del resto de los puntos de agua no se tiene información de su profundidad aunque es probable que la mayor parte de los puntos sean de tipo superficial (<20 metros).

Además de los puntos inventariados en campo, se ha utilizado el dato de una serie de lagos y lagunas de los que únicamente se tiene información de su situación geográfica y cota, obtenida de las hojas topográficas a escala 1:50.000, localizadas fundamentalmente sobre los afloramientos calizos pliocenos, y que sirven para determinar niveles colgados y cotas de descarga dentro de estos materiales.

En cuanto a los usos del agua, la distribución de los puntos de agua inventariados es la siguiente:

- 332 Abastecimiento doméstico (322 pozos, 9 sondeos y 1 manantial)
- 2 Abastecimiento a núcleos urbanos (2 pozos)
- 1 Abastecimiento y agricultura (1 pozo)
- 8 Abastecimiento y ganadería (8 pozos)
- 15 Agricultura (12 pozos, 2 sondeos y 1 manantial)
- 18 Ganadería (18 pozos)
- 3 Ganadería e industria (2 manantiales y 1 pozo)
- 2 Ganadería y agricultura (2 pozos)
- 5 Industrial (5 pozos)
- 24 No se utiliza (1 pozo y 23 cauces superficiales)
- 18 Uso desconocido (7 pozos, 1 manantial y 10 desconocidos)

Del análisis de los usos del agua se puede deducir que la mayor parte de los puntos de agua inventariados son utilizados para abastecimiento doméstico. Asimismo existen hasta 9 puntos que tienen usos conjuntos de abastecimiento y otro, y 2 puntos utilizados para el abastecimiento a núcleos urbanos. Por lo tanto, contabilizando los puntos que son usados total o parcialmente para abastecimiento urbano se obtiene un total de 343 puntos lo que representa el 80% de los puntos inventariados en la unidad hidrogeológica. Los siguientes usos en cuanto a importancia son la ganadería con 18 puntos destinados a tal fin, lo que representa un 4.2% del total, y la agricultura, que con un total de 15 puntos, representa un 3.5%. El resto de los usos se consideran minoritarios.

La distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000 queda de la siguiente forma:

Cuadro 7.3.1. Distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000

Nº Hoja	Nombre Hoja	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
5974 I	Mao				1	1
5975 I	Barracón	12	1		1	14
5975 II	El Mamey	8	6	1	4	21
5975 III	Villa Vasquez	7				7
6074 I	San Francisco Arriba	5				5
6074 II	Santiago	5				5
6074 IV	Esperanza	13				13
6075 II	Puerto Plata	13			3	16
6075 III	Imbert	29	1	4	8	42
6075 IV	Luperón	52		1		53
6174 I	Río San Juan	11	1		3	15
6174 II	Guayabito	58			1	59
6174 III	Salcedo	6	1			7
6174 IV	Gaspar Hernández	79			4	83
6175 III	Sabaneta de Yásica	73			3	76
6273 IV	Villa Riva	1			2	3
6274 III	Nagua	3			3	6
6274 IV	Cabrera	2				2

Las hojas topográficas con mayor densidad de puntos se encuentran situadas en la subunidad Sabaneta-El Choco. Así entre las hojas de Guayabito, Gaspar Hernández y Sabaneta de Yásica se localizan un total de 218 puntos del inventario, lo que representa el 51% del total inventariado en la unidad hidrogeológica.

En el siguiente cuadro quedan descritas las características más importantes de cada uno de los puntos de agua inventariados en esta unidad (excepto los cauces de agua superficiales que han sido tratados en el punto 4.2 de este informe). Además del código del punto, se especifican sus coordenadas U.T.M, así como su cota (en metros sobre el nivel del mar), número de hoja topográfica 1:50.000, naturaleza del punto y uso del mismo.

Cuadro 7.3.2. Distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6074460029	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	311264	2163422	190	POZO	AGRICULTURA	45
6074460028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	311245	2163645	197	POZO	AGRICULTURA	45
6074140021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 I	San Francisco Arriba	321443	2159725	260	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	42,5
6074460002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	315947	2162504	191	POZO Y OTRAS OBRAS COMBINADOS	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	36,15
6074140019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 I	San Francisco Arriba	317158	2161482	174	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	36
6174350003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	354682	2145013	215	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	27,9
6175310003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yasica	348501	2187150	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	21
6173410011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6173 IV	San Francisco de Macoris	342848	2173237	140	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	20
6074460017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	310719	2165570		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	19
6174230029	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392664	2150320	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	13,74
6075330004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	313755	2192388	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	12,1
6174110012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377230	2168814	10	POZO	AGRICULTURA	12
6173410016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6173 IV	San Francisco de Macoris	344625	2173268	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	11
6174230007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393120	2150300	32	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	9,2
6174230008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393110	2150426	32	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	9,2
6075360001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	307097	2177751	180	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	8
6174420057	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355716	2174603	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	8
6075360002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	307657	2183251	130	POZO		8
6075450007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303294	2199719	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	8
6075350009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	301013	2182993	160	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	7
6075450020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303510	2200348	9	POZO	GANADERÍA	7
607545003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302667	2200375	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	6
6174110006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376790	2168836	23	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	6
6075450030	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303424	2200064	25	POZO	GANADERÍA	6
6075450035	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303479	2199735	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	5
6075450008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303302	2199705	35	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	4,83

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075330005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	315173	2193653	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMÉSTICO)	4,7
6075450032	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303444	2199885	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	4,6
6075440001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	294524	2200703	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	4,2
6075250001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	329940	2178829	30	POZO	AGRICULTURA	4
6075450043	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307449	2199590	6	POZO	GANADERÍA	3,2
6075450037	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	306975	2199626	29	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	3,1
6075450036	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	306838	2199508	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	3,1
6174420001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357247	2175003	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	3
6075450024	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303466	2200575	7	POZO	GANADERÍA	2,5
6174230035	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392583	2150242	39	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	2
6075450045	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307668	2199592	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
607545045	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307679	2199560	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075460003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	311902	2196022		POZO	GANADERÍA	
6174110002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376635	2168941	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376732	2168934	16	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075460002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	310818	2197113	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450044	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307444	2199582		POZO	GANADERÍA	
6075450040	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307400	2199499		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450025	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303519	2200553		SONDEO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303557	2200182		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450041	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307387	2199520	20	POZO	GANADERÍA	
6174110003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376631	2168865	22	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450026	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303519	2200553		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450039	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307194	2199452		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450038	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307146	2199453		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6075450027	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303588	2200347		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450034	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303416	2199675		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450033	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303445	2199848	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075450031	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303452	2200010	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450029	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303479	2200157		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450042	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	307387	2199520	20	POZO	NO SE UTILIZA	
6174230025	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392784	2150373	44	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377245	2168846	23	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392823	2150368	53	POZO	AGRICULTURA	
6174230018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392845	2150370	92	POZO	AGRICULTURA	
6174230019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392843	2150379	110	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392769	2150550	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392769	2150350	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392769	2150350	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230015	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392847	2150300	42	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230024	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392752	2150429	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230014	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392870	2150300	42	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230026	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392718	2150383	77	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230027	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392695	2150313	32	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392677	2150370	45	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230030	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392634	2150332	38	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230031	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392559	2150269	79	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230032	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392571	2150314	42	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230033	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392553	2150307	47	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230034	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	391553	2150307	47	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230023	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392752	2150429	29	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392989	2150320	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376788	2168860	38	POZO	AGRICULTURA	
6174110007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377269	2168663	18	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377221	2168823	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377353	2169477	29	MANANTIAL		

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075450016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303228	2201093		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6174120010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	377103	2168690	22	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
617420045	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	355705	2174656	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392862	2150378	36	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393029	2150348	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174110004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 I	Río San Juan	376737	2168890	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392990	2150350	300	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392957	2150352	63	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392940	2150325	42	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393217	2150413	63	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393149	2150340	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	393162	2150293	72	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392921	2150339	33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392888	2150346	37	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	395056	2149943	27	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330804	2180738		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074460002_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	315958	2162493		POZO		
6074460003_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	314457	2162562		POZO	AGRICULTURA	
6074460004_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	313716	2163180		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074460005_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	313898	2163067		POZO	AGRICULTURA	
6074460006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	313802	2162704		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074460020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	308884	2164682	209	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075210001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	319369	2190648		POZO	INDUSTRIAL	
6075250011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	331379	2181259		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330772	2180690	37	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074420001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	302800	2167605	197	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330738	2180555		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	331227	2180955		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075250006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330996	2181059	38	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330835	2180703		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330779	2180595	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	331203	2181076		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303276	2201246		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6075210002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	319369	2190648	18	POZO	INDUSTRIAL	
6074140021_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 I	San Francisco Arriba	321058	2159865	180	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975260003_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 II	El Mamey	286366	2178340				
5975320001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	254970	2191606		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975320002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	254970	2191606		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975320003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	252433	2192419		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975330003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	260485	2191120		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975330004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	258340	2191110	170	POZO	GANADERÍA	
5975330005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	258312	2190916	160	POZO	GANADERÍA	
6074460001_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	316244	2162203		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
59753427	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	288430	2183109	250	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074420002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 IV	Esperanza	306710	2170766	444	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074140022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 I	San Francisco Arriba	322783	2158705		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074250018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 II	Santiago	329436	2155820	290	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074250019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 II	Santiago	329365	2155805	267	POZO	AGRICULTURA	
6074250020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 II	Santiago	329370	2155837	279	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074250021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 II	Santiago	329397	2156131	275	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074250022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 II	Santiago	329322	2156172	289	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6074320001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6074 III	San José de las Matas	403211	2150577		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330353	2180299				
5975330006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 III	Villa Vasquez	258312	2190916		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450014	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303178	2201167		POZO		
6075450002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302579	2200373		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075450004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302650	2200468		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302793	2200396		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302810	2200450		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302969	2200665		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6075450010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302969	2200665		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6075450011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303114	2200968		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6075250010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	331327	2181070		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303161	2201048	3	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075360003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	307905	2183328		POZO		
6075450015	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303178	2201167		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230039	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392458	2150309	41	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303324	2201225		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6174230036	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392583	2150242	46	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303202	2201442		POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	
6075450021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303564	2200360		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303605	2200359		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303084	2201024		POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA	
6075350002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	303463	2183892	160	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075250013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 II	Puerto Plata	330548	2180398				
6075320003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	306824	2188007				
6075320004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	306964	2188015	155			
6075320005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	306621	2187934	147	POZO		
6075320006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	304126	2184049		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075330001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	310726	2189568				
6075330002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	310950	2189620				
6075450001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	302654	2200331		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	304758	2183792	125	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075360004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	307898	2180159				

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6075350003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	302298	2183491	135	POZO	GANADERÍA	
6075350004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	301587	2183420		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	301392	2183143		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	301076	2183058		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	300970	2182890	177	SONDEO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	299389	2181794		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075350011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	299488	2181740		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075450023	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 IV	Luperón	303487	2200575		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6075340001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III	Imbert	298151	2182359	120	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350040	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357205	2175066	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230037	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392502	2150310	60	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350031	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357280	2175031	21	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350032	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357292	2175012	49	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350033	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357285	2175052	13	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350034	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357320	2175125	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350035	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357329	2175090	60	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350036	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	355264	2175091	2	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350037	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357274	2175113	61	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350029	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357299	2175029	16	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350039	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357250	2175077	17	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357292	2175020	21	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350041	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357223	2175076	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350042	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357187	2175106	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350043	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357187	2175106	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350044	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357183	2175092	24	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350045	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357162	2175097	1	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350046	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357154	2175102	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350047	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357163	2175113	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6175350048	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357144	2175101		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350038	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357259	2175172	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357203	2175099	15	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356118	2176524	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356207	2176608	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356117	2176412	25	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356229	2176220	1	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356209	2176660	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350014	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356225	2176650	16	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350015	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356205	2176690	12	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356243	2176745	36	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350030	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357255	2175030	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357218	2175074	17	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350051	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357115	2175073	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357205	2175067	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357199	2175067	4	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357192	2175050	24	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350023	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357222	2175047	56	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350024	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357209	2175042	32	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350025	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357189	2175031	5	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350026	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357223	2175000	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350027	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357260	2175002	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357222	2175047	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350083	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356732	2175222	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350073	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357051	2175069		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350074	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357081	2175061	82	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350075	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357055	2175034	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350076	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357055	2175034		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6175350077	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357082	2175009	56			
6175350078	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356766	2175126	17	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350079	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356766	2175126	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350080	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356772	2175149	25	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350049	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357144	2175101	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350082	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356704	2175216	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350070	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357032	2175120		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350084	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356679	2175280	26	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350085	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356686	2175328	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350086	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356707	2175338	17	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350087	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356684	2175335	11	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350088	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356697	2175356	15	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6273420027	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6273 IV	Villa Riva	400720	2129776		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6274410001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6274 IV	Cabrera	395863	2175885	30	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6274410002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6274 IV	Cabrera	398393	2175911	10	POZO	GANADERÍA	
6175350081	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356755	2175171		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350061	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357111	2175050	115	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356082	2176287	6	POZO	INDUSTRIAL	
6175350052	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357519	2175129	22	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350053	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357105	2175113	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350054	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357105	2175114	18	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350055	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357082	2175102	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350056	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357075	2175128	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350057	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357049	2175135	7	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350058	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357038	2175140	38	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350072	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357051	2175069	45	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350060	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357125	2175069	45	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350071	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356996	2175125	50	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6175350062	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357091	2175039	18	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350063	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357133	2175042		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350064	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357174	2175027		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350065	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357174	2175027	47	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350066	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357178	2175011	2	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350067	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356179	2175035	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350068	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357169	2175035	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350069	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357184	2175012	2	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350050	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357143	2175108	21	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350059	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	357101	2176071	24	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357277	2174938	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174350002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	354442	2144780	222	MANANTIAL	AGRICULTURA	
6174350004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	355066	2145313	226	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174350005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	354674	2144720	210	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174350006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	355388	2144740	213	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174350007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	355456	2144257	192	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174350028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 III	Salcedo	355750	2143800		POZO		
6174420002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357199	2174998	36	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357219	2174938	3	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357177	2174977		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357243	2174945	9	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370126	2140135	190	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357266	2174965	30	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357280	2174970	29	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357271	2174980	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357270	2174980	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357277	2174998	15	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357102	2174982	26	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6174420014	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357168	2174975	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	356172	2176513	31	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357243	2174946		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240010	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370010	2140590	192	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174230038	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	392474	2150284	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6975330003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6075 III		313689	2190893	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370358	2139871	232	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370000	2140255	177	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	369997	2140311	179	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370006	2140432	221	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370020	2140460	183	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240007	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370020	2140460		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
617424004	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370020	2140418	180	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240009	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	369975	2140495	228	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370035	2140066	192	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240011	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	369930	2140620	205	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240012	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370001	2140590	185	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240013	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370030	2140217	178	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240014	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370096	2140175	188	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240015	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370075	2140157	180	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240016	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370106	2140148	180	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370045	2140067	214	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370045	2140067	214	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420017	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357157	2174980	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174240008	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 II	Guayabito	370000	2140488	182	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420055	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355514	2173880	15	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420044	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355725	2174669		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420046	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355709	2174622	14	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6174420047	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355711	2174627	27	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420048	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355711	2174627	27	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420049	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355704	2174555	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420050	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355677	2174570	7	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420051	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355670	2174570	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420052	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355647	2174374	28	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420015	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357177	2174977	7	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420054	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355526	2173887	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420040	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355712	2174781	19	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420056	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355663	2174196	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174430006	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	365732	2171057	33	POZO	INDUSTRIAL	
6174430006_D	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	365732	2171057	33			
6175310001	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	347331	2187276	15	POZO	AGRICULTURA	
6175310002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	348258	2186994	24	POZO	GANADERÍA	
6175350002	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	355331	2178106	4	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yásica	355370	2177881	4	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
5975260003	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	5975 II	El Mamey	285876	2178570	284	POZO	GANADERÍA	
6174420053	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355624	2174574		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420030	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357083	2174975	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420018	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357157	2174980		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420019	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357177	2174975	29	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420020	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357049	2174996	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420021	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357049	2174996		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420022	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357076	2174989		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420023	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357098	2174985	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420026	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357100	2174966	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420027	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357131	2174973	31	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420042	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355715	2174685	3	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Numero Hoja	Nombre Hoja topográfica	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof.
6174420029	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357130	2174963	1	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420041	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355674	2174785	13	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420031	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357086	2174922	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420032	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357086	2174922	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420033	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357067	2174957	13	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420035	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357033	2174971	18	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420036	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355566	2174304	15	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420037	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355667	2174883	12	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420038	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355767	2174880	4	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420039	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	355745	2174789	16	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6175350005	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6175 III	Sabaneta de Yasica	356077	2176334	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6174420028	CORDILLERA SEPTENTRIONAL	6174 IV	Gaspar Hernández	357130	2174963	3	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

7.4. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

La información disponible sobre parámetros hidráulicos de la U.H. de Cordillera Septentrional procede de una serie de ensayos o pruebas de bombeo realizados por el INDRHI en el ámbito de esta unidad hidrogeológica y que se incluyen en la "Síntesis de datos Hidrogeológicos de la Provincia de Puerto Plata" y se han realizado fundamentalmente sobre los materiales cuaternarios (Qa y Qal), aunque también existe algún ensayo realizado sobre las calizas arrecifales pliocenas (Plc) y los conglomerados y areniscas miocenas (Mcg).

En la zona de Cordillera Septentrional, el material más permeable (además de los depósitos cuaternarios) es la caliza pliocena (Plc). Su alto grado de karstificación le asignan una permeabilidad alta, de tipo secundario por karstificación.

Los conglomerados y areniscas miocenas (Mcg), al igual que las eocenas, se suponen de permeabilidad media por porosidad intersticial. También se suponen de permeabilidad media los niveles de calizas eocenas intercaladas (Oc) situadas en la sierra meridional.

El sustrato cretácico volcano-sedimentario (RVS) consta de zonas en las que hay fisuración (RVSf), y se supone de permeabilidad generalmente baja.

Por último, a los depósitos cuaternarios se les han asignado permeabilidades de alta a muy altas en general, del tipo primario y por porosidad intersticial, en función de los materiales que contienen y de sus supuestos grados de cementación. En este sentido, a los depósitos de marismas y manglares (Ql) se les ha asignado una permeabilidad baja, a los depósitos cuaternarios indiferenciados (Qi) una permeabilidad elevada, y a las terrazas fluviales (Qa), los depósitos aluviales (Qal) y a los abanicos (Qab) una permeabilidad muy alta.

La transmisividad obtenida para las calizas arrecifales pliocenas (Plc) varía, para los dos puntos ensayados, entre 179.5 y 621.8 m²/día en función del grado de karstificación. Las mayores variaciones registradas se observan en los depósitos cuaternarios, con valores entre 3 y 3790 en las terrazas fluviales, y valores entre 117.6 y 3951.2 m²/día en los depósitos aluviales. Estas variaciones se deben a la diferencia de litologías existentes dentro de los propios depósitos cuaternarios y a la gran variación de grado de cementación de las mismas.

El resumen de los resultados de los citados ensayos de bombeo se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 7.4.1. Resumen de resultados de ensayos de bombeo

Nº punto	Coordenadas	Prof. (m)	Columna litológica	Transmisividad (m ² /d)
IM139203	X=313100, Y=2192150	21.34	0-4.6: Limo amarillo; 4.6-19.8: Grava y arena; 19.8-21.3: Pizarra azul	11.13
IM949001	X=294200, Y=2190800	27.4	0-0.6: Vegetal; 0.6-22.9: Arena y grava; 22.9-25.5: Limo arenoso; 25.5-27.4: Lutita	3951.2
PP198901	X=319600, Y=2189600	17.68	0-4.6: limo amarillo; 4.6-8.2: Grava y arena; 8.2-9.1: Limo gris; 9.1-14.6: Grava y arena; 14.6-17.7: Pizarra gris	1083.7
PP198902	X=319500, Y=2189800	20.12	0-4.6: limo amarillo; 4.6-10.7: Arena; 10.7-12.2: Limo; 12.2-19.2: Grava y arena; 19.2-20.1: Pizarra gris	857.7
PP198903	X=319500, Y=2189600	18.9	0-15.2: Grava y arena; 15.2-16.8: Limo amarillo; 16.8-18.9: Pizarra azul	498.6
PP198905	X=319600, Y=2189500	23.5	0-10.7: Limo; 10.7-20.7: Grava y arena; 20.7-22.9: Grava con limo; 22.9-23.5: Lutita	307.5
PP198906	X=319600, Y=2189700	21.34	0-4.6: Limo amarillo; 4.6-9.1: Grava y arena; 9.1-18.3: Limo arcilloso; 18.3-21.3: Lutita gris	48.9
PP198908	X=319400, Y=2189600	32.01	0-18.3: Arena y grava con algo de limo; 18.3-21.3: Lutita gris; 21.3-30.5: Arena y grava; 30.5-32: Lutita gris	3.03
PP199001	X=319500, Y=2190000	18.59	0-6.1: Limo amarillo; 6.1-15.2: Limo gris; 15.2-17.7: Gravos y arena; 17.7-18.6: Pizarra gris	15.9
PP199002	X=319900, Y=2190300	27.43	0-9.1: Limo amarillo; 9.1-19.9: Limo gris; 19.9-21.3: Arena; 21.3-27.4: Limo gris	11.4
PP268501	X=326700, Y=2185800	22.86	0-12.2: Limo arcilloso; 12.2-19.8: Limo con arena; 19.8-22.86: Pizarra azul	29.36
PP278301	X=327472.80, Y=2183997.20	12.19	0-0.3: Capa vegetal; 0.3-2.4: Grava fina y gruesa; 2.4-7.6: Grava fina; 7.6-8.2: Limo arcilloso; 8.2-10.1: Grava fina; 10.1-12.2: Grava uniforme	552.4
PP278501	X=327300, Y=2185600	18.29	0-1.5: Limo amarillo; 1.5-14.3: Arena con algo de limo; 14.3-18.3: Pizarra azul	1932.36

Nº punto	Coordenadas	Prof. (m)	Columna litológica	Transmisividad (m ² /d)
PP308004	X=330950, Y=2180800	24.39	0-9.1: Arena gruesa y fina; 9.1-12.2: Lutita azul; 12.2-23.8: Grava y arena; 23.8-24.39: Lutita azul	364.5
PP318001	X=331200, Y=2180700	30.48	0-1.5: Limo arcilloso; 1.5-24.7: Gravas con capas de limo amarillo; 24.7-30.48: Arcilla gris	3789.9
PP318005	X=331275, Y=2180800	19.81	0-1.5: Arena fina; 1.5-6: Limo y arena; 6-18.3: Gravas y arenas; 18.3-19.81: Lutita gris	39.4
PP358301	X=335000, Y=2183900	46.95	0-1.5: Capa vegetal; 1.5-16.8: Limo arenoso; 1.8-19.2: Caliza arrecifal; 19.2-20.4: Arena calcárea; 20.4-36.6: Caliza arrecifal; 36.6-39.6: Arena gruesa; 39.6-42.7: Caliza arrecifal; 42.7-43.5: Grava y arena; 43.5-45.8: Arcilla gris; 45.8-46.95: Arena y grava	546.5
SY438602	X=343000, Y=2186100	51.83	0-24.4: Caliza amarilla; 24.4-51.8: Caliza blanca	179.5
SY518302	X=351250, Y=2183250	13.33	0-13.3: Caliza	214.8
SY518303	X=351350, Y=2183400	8.38	0-8.38: Caliza	621.8
EM849202	X=284900, Y=2192900	42.68	0-5.2: Limo arcilloso; 5.2-12.2: Grava gruesa; 12.2-42.7: Limo arcilloso	117.6
EM849301	X=284700, Y=2193200	16.77	0-10.7: Grava y arena; 10.7-16.8: Limo amarillo	340.6
EM859201	X=285100, Y=2192900	25.91	0-6.1: Limo con algo de grava; 6.1-21.3: Grava y arena; 21.3-25.9: Limo arcilloso	856.6
EM859302	X=285100, Y=2193200	12.19	0-1.5: Limo rojo; 1.5-6.1: Arena y limo rojo; 6.1-12.2: Limo amarillo	638.9

7.5. PIEZOMETRÍA E HIDROMETRÍA: CORRELACIONES PRECIPITACIONES-HIDROMETRÍA

La red de piezometría definida para esta unidad hidrogeológica ha estado condicionada por dos factores de partida. Por un lado, la ausencia de inventario previo realizado en la zona de estudio, y por lo tanto, la falta de redes de control piezométrico que pudieran aportar series de información históricas. A este factor hay que añadir el hecho de que en la mayor parte de los puntos inventariados se desconoce el dato de profundidad de la obra, con lo que en muchos casos es difícil precisar si se están captando acuíferos profundos o superficiales. Asimismo, la falta de inventario en determinados sectores de interés (fundamentalmente en los

afloramientos de calizas arrecifales pliocenas), impide conocer la piezometría de los mismos así como sus características hidrogeológicas (umbrales piezométricos, direcciones de flujo, gradientes hidráulicos, etc.).

Para facilitar el análisis de la información piezométrica de la red de control definida, se ha realizado una agrupación de los puntos de control por subsectores. Estos subsectores han sido definidos en función de los materiales sobre los que se sitúan los puntos de control, y de su situación geográfica. En total se han definido 16 subsectores cuya denominación y características piezométricas pueden verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 7.5.1. Características piezométricas por subsectores

SUBUNIDAD	Subsector	Nivel Piezométrico (m.s.n.m)		
		Máximo	Mínimo	Medio
LUPERÓN-GUAYACANES	El Papayo	169.90	153.40	163.10
	Ranchete-Cabía	248.30	114.20	162.45
	Cambiaso-San Marco	33.80	0.05	11.64
	Imbert	127.35	124.30	126.41
	Guayacanes-Tachuela	277.60	197.50	235.46
	Altamira	177.95	176.72	177.66
	Loma El Suzo	191.71	185.46	188.41
SABANETA-EL CHOCO	Aluvial del Camú (U.H 5)	35.68	4.00	31.30
	Sabaneta-El Choco	19.09	-0.33	7.18
	Aluvial del Veragua	14.90	-0.60	7.44
	Alto Yásica	126.32	45.00	87.14
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	Magnate	21.62	8.76	15.57
	Loma de Cabo Francés	11.60	-9.75	-0.86
	Guayabito	33.00	26.00	30.75
	Juan Díaz	98.60	76.60	87.70
	La Lomaza	200.70	176.20	185.18

La situación geográfica de los subsectores de piezometría, con los puntos que conforman la red de control de la unidad, así como la evolución gráfica de los niveles, puede verse en el Plano 7.1 incluido al final de este informe.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los subsectores definidos:

Subsector El Papayo:

Se trata de la zona situada más al noroeste de la unidad hidrogeológica y engloba a dos puntos de la red piezométrica. Se desconoce la profundidad de ambos puntos de control, aunque dadas las características constructivas de los mismos se piensa que son pozos de poca profundidad (inferior a 20 metros). En ambos casos los niveles freáticos están bastante

próximos a la superficie los que da unos niveles piezométricos para la zona de entre 154 y 170 m.s.n.m.

El material sobre el que se encuentran emboquilladas ambas captaciones son unos depósitos cuaternarios indiferenciados de permeabilidad variable por porosidad intersticial y productividad media.

La evolución de los niveles piezométricos de ambos puntos es similar apreciándose una recuperación de los mismos a lo largo del año hidrológico controlado (octubre-septiembre). Las variaciones para cada punto entre máximos y mínimos no superan los 4 metros, mientras que para el subsector existe una diferencia piezométrica de 16 metros entre el valor máximo y mínimo controlado.

Subsector Ranchete-Cabía:

Este subsector se encuentra situado sobre la parte central de la subunidad hidrogeológica Luperón-Guayacanes y está controlado por un total de 5 puntos. Se trata de un subsector muy amplio que engloba varias subcuencas tributarias del río Bajabonico, por lo que existen diferencias importantes de nivel piezométrico entre los distintos puntos.

A pesar de que únicamente se dispone del dato de profundidad de uno de los puntos (7 metros), se piensa que el resto deben de ser pozos de escasa profundidad (< de 20 metros), que explotan pequeños niveles acuíferos sobre los depósitos aluviales cuaternarios de los ríos junto a los que se encuentran situados, ya que el resto de los materiales existentes en el subsector, lo constituyen los depósitos indiferenciados del Terciario, formados por margas con intercalaciones de areniscas, areniscas y lutitas tipo Luperón, areniscas con intercalaciones de margas, argilitas y conglomerados, considerados de permeabilidad baja y poca productividad, que únicamente pueden dar lugar a pequeños niveles acuíferos locales de escaso interés y bajos recursos.

Los niveles freáticos medidos se encuentran bastante próximos a la superficie, y se mantienen bastante estables a lo largo del año hidrológico (variaciones del orden de 2 metros) con una ligera recuperación de los mismos entre diciembre y junio.

La diferencia de cotas existentes (de 250 y 135 m.s.n.m.) entre los distintos puntos que conforman este subsector, provoca que existan también una amplia variación en los niveles piezométricos del mismo con máximos medidos de 248 m.s.n.m. y mínimos de 114 m.s.n.m.

Subsector Cambiaso-San Marco:

Este subsector se encuentra situado en la parte norte de la subunidad Luperón-Guayacanes (en la franja costera entre Luperón y Puerto Plata) y presenta el mayor número de puntos de control piezométrico (14) de la subunidad. Los datos de profundidad de las captaciones muestran que se trata de pozos de poca profundidad (inferior a 20 metros) que explotan, en su mayoría, depósitos cuaternarios de tipo terraza fluvial. Estos depósitos se consideran de elevada permeabilidad por porosidad intersticial y buena productividad, aunque esta dependerá de la extensión de los afloramientos.

Los niveles controlados en esta subzona son bastante dispares, existiendo unas diferencias de hasta 30 m entre unos puntos y otros (entre 33 y 0 m.s.n.m.). La proximidad de alguno de estos puntos a la línea de costa hace que existan niveles próximos al nivel del mar, aunque no se han detectado niveles por debajo de cota cero.

En casi todos los puntos de control se aprecia una tendencia similar en la evolución de los niveles, produciéndose una recuperación de entre 1 y 2 metros entre los meses de octubre y agosto.

Subsector Imbert:

Este subsector se encuentra situado en la zona centro de la subunidad Luperón-Guayacanes y está controlado por un único punto situado al sur de la localidad de Imbert y en el aluvial del río Pérez. Estos depósitos aluviales se consideran muy permeables por porosidad intersticial y de elevada productividad.

Se trata de un pozo de escasa profundidad cuyo nivel freático está situado a 3-4 metros de profundidad lo que se traduce en un nivel piezométrico medio de 126 m.s.n.m. La evolución de los mismos se mantiene bastante estable a lo largo del año con variaciones centimétricas.

Subsector Guayacanes-Tachuela:

Este subsector se encuentra en la parte sur de la subunidad Luperón-Guayacanes, en el contacto con la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, estando uno de los dos puntos de control situado dentro de los límites de ésta.

Aunque no se tienen datos de la profundidad de los pozos de control, esta debe ser intermedia (superior a 20 metros) ya que, los niveles freáticos medidos llegan a alcanzar los 20 metros en un punto y superan los 30 metros en el otro. Esto se traduce en un nivel piezométrico medio de 235 m.s.n.m., con una variación entre el máximo y el mínimo de más de 80 metros.

La evolución de los niveles en ambos puntos es similar, existiendo un máximo en el mes de diciembre (con recuperaciones de hasta 10 metros), sufriendo pequeñas oscilaciones el resto del año.

El punto situado dentro de los límites de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional se encuentra emplazado sobre materiales indiferenciados del Terciario constituidos por margas con intercalaciones de areniscas, areniscas y lutitas tipo Luperón, areniscas con intercalaciones de margas, argilitas y conglomerados, considerados de permeabilidad baja y poca productividad, que únicamente pueden dar lugar a pequeños niveles acuíferos locales de escaso interés y bajos recursos. El otro punto de control se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, sobre depósitos constituidos por terrazas fluviales cuaternarias, considerados de elevada permeabilidad por porosidad intersticial y buena productividad.

Subsector Altamira:

Este subsector se encuentra emplazado en la zona central de la subunidad Luperón-Guayacanes en la cabecera del río Pérez. Se trata de un pozo de poca profundidad (8 metros) que explota el aluvial de este cauce, constituido por depósitos de alta permeabilidad por porosidad intersticial.

Los niveles freáticos medidos se encuentran muy superficiales (entre 2 y 3 metros de profundidad), lo que se traduce en un nivel piezométrico medio de 177 m.s.n.m. Los niveles se mantienen constantes a lo largo del año, existiendo pequeñas oscilaciones centimétricas.

Subsector Loma El Suzo:

Este es el último de los subsectores pertenecientes a la subunidad Luperón-Guayacanes, aunque los dos puntos de control que lo conforman se encuentran situados dentro de los límites de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, muy próximos al contacto con la Cordillera Septentrional.

La red de control está constituida por dos pozos de escasa profundidad situados sobre terrazas fluviales cuaternarias del río Quiniagua, consideradas muy permeables por porosidad intersticial y de elevada productividad.

Los niveles freáticos de ambos puntos están muy próximos a la superficie (3-4 metros) lo que se traduce en niveles piezométricos medios de 188 m.s.n.m.

Subsector Aluvial del Camu (U.H 5):

Engloba a un total de 3 piezómetros que controlan las oscilaciones de nivel piezométrico en la zona centro-oeste de la subunidad Sabaneta-El Choco. Todos los puntos se encuentran situados

sobre los niveles de terrazas fluviales cuaternarias del aluvial del río Camu, consideradas como muy permeables por porosidad intersticial y de elevada productividad.

No se tiene datos de profundidad de los piezómetros aunque se piensa que deben de ser pozos someros que únicamente explotan estos niveles cuaternarios. Las medidas de nivel freático son muy superficiales (entre 2 y 3 metros) lo que se traduce en niveles piezométricos en torno a los 32 m.s.n.m.

La evolución de los niveles es prácticamente inexistente a lo largo del año, con pequeñas oscilaciones centimétricas.

Subsector Sabaneta-El Choco:

Este subsector se encuentra emplazado al norte de la subunidad del mismo nombre y está controlado por 3 puntos piezométricos situados junto a la línea de costa y sobre depósitos cuaternarios costeros, aunque en profundidad, al menos uno de los puntos, está captando las calizas arrecifales del plioceno infrayacentes, cuya permeabilidad y productividad se consideran muy elevadas. En este punto los niveles sufren una importante recuperación entre los meses de octubre y noviembre con un importante descenso posterior que los sitúa en torno a los 4 m.s.n.m. Los otros dos puntos se mantiene bastante estables a lo largo del año, con ligeras oscilaciones centimétricas, estando los niveles piezométricos en torno a 14 y 1 m.s.n.m. respectivamente.

Subsector Aluvial del Veragua:

Este subsector se encuentra emplazado en la zona central de la subunidad Sabaneta-El Choco, y controla los aluviales de los ríos Veragua y Yásica. En total cuenta con 15 puntos de control emplazados sobre los depósitos aluviales o sobre las terrazas fluviales de estos ríos. Estos materiales son considerados muy permeables por porosidad intersticial y altamente productivos.

A pesar de que no se dispone del dato de profundidad de las captaciones estas deben de ser bastante superficiales (<20 metros). Los niveles freáticos medidos se encuentran muy someros (entre 1 y 3 metros), lo que se traduce en unos niveles piezométricos de entre 19 m.s.n.m. (en las zonas interiores) y niveles ligeramente por debajo de la cota cero (en las zonas costeras).

Los gráficos de evolución muestran, en general dos periodos de aguas bajas durante los meses de enero-febrero y agosto-octubre, entre los cuales se produce una pequeña recuperación con oscilaciones menos significativas.

Subsector Alto Yásica:

Este subsector se encuentra situado aguas arriba del anteriormente descrito, estando su nivel piezométrico controlado por dos puntos de unos 20 metros de profundidad, con unos niveles freáticos en torno a 10 y 15 metros respectivamente, y que debido a la diferencia de cota existente entre ambos puntos (superior a los 80 metros), se traduce en niveles piezométricos de entre 126 y 45 m.s.n.m.

Estos puntos se encuentran emplazados en el contacto entre los depósitos aluviales cuaternarios del río Yásica y los conglomerados y areniscas del mioceno. Los primeros se consideran muy permeables por porosidad intersticial y de elevada productividad, mientras que los depósitos miocenos presentan permeabilidad y productividad medias.

Los gráficos de evolución sufren oscilaciones importantes (pueden llegar a los cinco metros), con un periodo de aguas altas que tiene su máximo durante el mes de junio.

Subsector Magnate:

Es el subsector situado más al noroeste de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo. Está constituido por un total de 5 puntos de control situados sobre depósitos cuaternarios indiferenciados muy próximos a la línea de costa.

Aunque se desconoce la profundidad de estos pozos, se cree que deben tratarse de captaciones someras (<20 metros), ya que no existen materiales de interés hidrogeológico en profundidad, donde se encuentran los depósitos de rocas plutónicas indiferenciadas de escasa permeabilidad y productividad.

Los niveles freáticos medidos se encuentran bastante superficiales no superando en ningún caso los 7 metros de profundidad. Esto da lugar a unos niveles piezométricos de entre 9 y 21 m.s.n.m.

La evolución piezométrica de los niveles difiere para cada uno de los cinco puntos de control, de manera que no se puede determinar un patrón evolutivo para el subsector, debido fundamentalmente a que muchos de los niveles medidos son dinámicos o en recuperación.

Subsector Loma de Cabo Francés:

Este subsector se encuentra situado al norte de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo y controla los niveles piezométricos de esta zona medidos a través 2 puntos de control. Las características constructivas de estos puntos se desconocen, aunque debe tratarse de pozos de

al menos 30 metros de profundidad ya que existen medidas de niveles freáticos superiores a los 20 metros.

Ambas captaciones se encuentran situadas junto a la línea de costa y sobre materiales carbonatados constituidos por calizas arrecifales pliocenas de elevada permeabilidad por fisuración y karstificación y alta productividad. En uno de los puntos de control el nivel piezométrico se encuentra varios metros por debajo del nivel del mar estando el otro a penas unos metros por encima de este. Así pues, el nivel piezométrico de este subsector oscila entre 11 y -9 m.s.n.m.

Subsector Guayabito:

Este subsector está localizado en la parte central de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo sobre el curso del río Boba. Está constituido por un total de 7 puntos de control de poca profundidad (no superan los 15-20 metros), emplazados sobre las terrazas fluviales del Cuaternario del río Boba, cuyos depósitos se consideran muy permeables por porosidad intersticial y de buena productividad.

Los niveles freáticos medidos se encuentran próximos a la superficie y en ningún caso superan los 7 metros de profundidad. El nivel piezométrico del subsector oscila entre 33 y 26 m.s.n.m.

Los gráficos de evolución de los distintos puntos muestran una gran estabilidad con pequeñas oscilaciones (en la mayor parte de los casos centimétricas) y un periodo de aguas bajas en el mes de marzo.

Subsector Juan Díaz:

Se trata de una zona situada al sur de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo y dentro de los límites de la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao, que está controlada por dos puntos piezométricos de los que se desconoce su profundidad. Ambos puntos se encuentran emboquillados sobre depósitos de conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno/Plioceno. Se trata de una formación de tipo mixto con permeabilidad por fisuración y/o porosidad intersticial.

Los niveles freáticos medidos se encuentra en torno a los 5-10 metros de profundidad, lo que se traduce en un nivel piezométrico de entre 98 y 76 m.s.n.m. Los gráficos de evolución de ambos puntos muestran una recuperación de los niveles en los meses de noviembre y junio, con mínimos durante los meses de octubre y marzo.

Subsector La Lomaza:

Este subsector se encuentra al suroeste de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo, en el límite hidrogeológico entre las unidades de la Cordillera Central y el Valle del Cibao. Para el control piezométrico de este subsector se ha realizado medidas mensuales en cuatro puntos cuyas profundidades son desconocidas, aunque por sus características constructivas, se piensa que deben de ser poco profundos. Estos puntos se encuentran situados sobre depósitos terciarios indiferenciados constituidos por margas con intercalaciones de areniscas, areniscas y lutitas tipo Lujarón, areniscas con intercalaciones de margas y argilitas y conglomerados. Se consideran formaciones de permeabilidad variable por porosidad intersticial y bajo grado de productividad.

Los niveles freáticos medidos a lo largo del año hidrológico de control se encuentran bastante someros (no superan los 10 metros en ningún caso), lo que se traduce en niveles piezométricos de entre 176 y 200 m.s.n.m.

Los gráficos de evolución de cada uno de los piezómetros muestran una estabilidad de los niveles a lo largo del año, existiendo pequeñas variaciones centimétricas.

En el siguiente cuadro se indican los valores máximos, medios y mínimos de cada uno de los puntos de control de la unidad hidrogeológica, tanto de nivel piezométrico como de las medidas *in situ* realizadas en cada una de las campañas mensuales:

Cuadro 7.5.2. Valores máximos, mínimos y medios de la red piezométrica

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (ms.n.m)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (ms/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
Cambiaso-San Marco	6075450013	2.45	0.05	1.29	32	24	26.17	28	20	26.00	3.43	1.34	2.25	8.1	7.2	7.67
	607545045	3.56	2.34	2.77	31	22	26.50	28	26	27.00	2.77	2.26	2.51	8.1	7.7	7.93
	6075450031	7.20	4.75	6.10	27	23	25.00	29	20	26.00	1.69	1.31	1.46	7.8	7.3	7.61
	6075460002	9.75	5.64	8.72	30	21	25.00	28	23	25.50	1.55	0.118	1.25	81	7.5	14.55
	6075210002	16.30	14.70	15.67	30	24	26.25	29	23	26.00	3.82	0.24	1.95	7.9	1.02	5.51
	6075450041	18.50	16.42	17.31	29	21	24.67	27	22	24.67	6.62	0.54	2.71	8.4	7.5	8.03
	6075450042	18.10	16.78	17.31	30	21	24.83	27	22	24.33	6.44	0.55	3.35	8.2	7.6	7.96
	6075450036	8.80	5.90	7.11	29	21	24.67	28	22	24.83	5.52	0.87	3.61	8.1	7.6	7.85
	6075450037	27.85	25.72	26.87	29	21	25.33	28	22	24.50	8.24	3.8	5.70	8.2	7.8	8.00
	6075450032	6.75	4.07	5.65	29	22	24.33	28	21	25.00	4.17	1.03	2.77	7.8	7.4	7.55
	6075330005	7.38	3.50	5.16	30	20	24.90	28	20	24.30	1.07	0.65	0.81	7.7	7	7.37
	6075450008	33.80	30.17	32.18	30	22	24.50	27	21	25.00	2.15	0.94	1.18	8.3	7.6	7.87
	607545003	3.20	0.70	2.22	32	24	26.00	28	22	25.50	4.78	1.58	3.21	7.6	7	7.35
6075330004	11.30	6.70	9.65	31	20	23.40	29	19	23.70	1.41	0.3	0.57	8.6	6.6	7.43	
Aluvial del Camú (U.H 5)	6075250002	35.30	33.27	34.14	30	21	24.10	28	21	24.40	0.72	0.55	0.61	8.1	6.6	7.36
	6075250006	35.68	30.35	34.49	26	21	23.33	27	20	23.11	0.8	0.56	0.65	7.5	6.8	7.11
	6075250001	28.50	4.00	25.58	29	20	23.64	27	20	23.91	0.92	0.38	0.77	8	6.8	7.21
Sabaneta-El Choco	6175350001	1.70	-0.33	0.94	28	20	24.00	30	22	23.90	0.66	0.47	0.54	7.8	6.7	7.24
	6175310001	14.80	14.06	14.43	29	19	23.70	27	19	22.30	1.78	0.59	0.96	8.1	7	7.49
	6175310003	19.09	3.13	6.18	29	18	23.91	27	20	22.64	1.8	1.171	1.64	8.2	6.8	7.29
Alto Yásica	6173410016	53.10	45.00	49.31	31	23	27.30	27	23	26.10	2.44	0.66	1.56	11.2	6.7	8.16
	6173410011	126.32	122.3	124.97	31	23	26.70	32	22	25.80	1.3	1.12	1.24	10.8	6.8	8.09
Aluvial del Veragua	6174430003	0.25	-0.60	-0.16	29	21	24.70	30	21	24.10	2	1.18	1.43	10.3	6.2	7.23
	6175350002	3.80	2.40	3.37	32	18	24.70	30	22	24.20	1.06	0.39	0.74	8.2	6.3	7.35

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (ms.n.m)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (ms/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
	6175350003	3.40	1.33	2.39	27	20	23.60	29	20	23.50	1.39	0.45	1.06	8.2	6.2	7.14
	6175350004	4.98	0.60	2.73	28	0	21.45	34	0	22.36	1.3	0	1.02	60	0	12.80
	6174420010	7.90	6.70	7.31	29	20	24.30	29	20	23.80	1.91	0.91	1.36	9.6	6.2	7.28
	6175350068	7.70	4.95	6.99	29	21	24.18	30	22	24.45	7.3	0.48	2.20	9.9	0.88	6.12
	6175350046	8.60	6.78	7.94	29	20	24.00	29	22	24.09	1.41	0.98	1.20	10.2	6.3	7.57
	6175350049	8.50	7.10	7.96	30	19	24.09	29	19	23.73	1.46	1.1	1.31	10.3	6.2	7.39
	6175350055	8.85	7.90	8.30	29	20	23.30	30	20	23.30	1.61	0.69	1.34	11.5	6.3	7.69
	6174420030	9.70	4.20	8.34	29	23	25.13	30	22	24.50	2.76	0.36	0.99	10.9	7.3	8.27
	6175350079	10.50	7.95	9.62	29	20	24.91	30	21	24.64	1.63	1.2	1.43	10.3	6.1	7.32
	6175350082	9.90	7.30	8.60	29	20	25.27	30	20	24.82	7	0.92	1.69	24	6.2	9.38
	6174420046	12.90	10.43	11.84	29	23	25.33	25	22	23.67	1.15	0.68	0.92	7.2	6.96	7.14
	6174420036	14.50	11.10	13.26	30	21	24.70	31	21	24.10	1.02	0.59	0.92	10	6	7.38
	6174420055	14.90	12.60	13.89	29	2	22.40	30	20	23.80	0.94	0.51	0.77	10.4	6.3	7.56
Magante	6174110007	17.10	11.50	14.88	27	20	23.55	29	21	23.73	8.2	0.49	1.40	10	6	7.37
	6174110008	16.96	16.00	16.50	30	20	24.27	29	22	23.82	9.4	0.64	1.58	60	6.7	13.33
	6174110003	21.62	18.00	20.38	29	22	24.18	29	22	23.64	8.9	0.96	1.90	10.2	6	7.31
	6174120010	18.00	13.60	16.64	241	21	44.00	28	22	24.18	8.1	0.32	1.41	10.3	6.4	7.41
	6174110012	9.95	8.76	9.43	30	22	24.45	29	22	23.82	9.4	0.59	1.52	69	7.1	14.57
Loma de Cabo Francés	6274410002	-6.80	-9.75	-8.73	29	23	24.91	30	21	24.64	1.71	0.39	0.69	10.1	6.6	7.54
	6274410001	11.60	1.00	7.02	29	23	24.90	30	22	24.40	1.1	0.63	0.75	8.9	6.2	7.16
Guayabito	6174230003	32.30	29.50	31.53	33	22	26.27	30	23	25.00	8.1	0.16	1.22	9	5	6.54
	6174230012	32.60	30.80	31.89	29	23	25.27	30	23	25.09	8.1	0.23	1.11	9.1	5.8	6.97
	6174230021	32.70	31.60	32.06	29	23	25.09	30	22	24.64	8.2	0.23	1.70	10.3	5	7.13
	6174230024	32.60	26.00	31.64	29	22	25.18	30	22	25.18	8.8	0.5	1.32	9.5	6.2	7.17
	6174230007	31.88	27.16	30.02	29	22	25.64	30	23	25.73	8.7	0.1	1.03	9.2	5.4	6.70
	6174230008	31.75	28.88	30.45	29	22	25.36	30	22	25.45	1.02	0.12	0.31	55	5.4	12.75

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (ms.n.m)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (ms/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
	6174230029	33.00	26.00	27.65	29	22	25.55	30	22	24.73	1.02	0.16	0.34	9.8	6.2	7.10
Juan Díaz	6173160009	81.60	76.60	79.09	29	24	26.20	27	23	25.22	0.65	0.45	0.53	9.4	7.8	8.47
	6173160010	98.60	93.60	96.32	29	24	26.40	27	24	25.44	1.11	0.3	0.86	9.1	7.6	8.19
La Lomaza	6174240008	178.00	176.2	176.77	29	22	24.09	30	20	23.27	0.91	0.73	0.83	9.8	6	7.22
	6174240006	178.50	176.3	177.42	26	22	23.73	26	22	23.91	1.22	0.75	0.90	9.9	6	7.26
	6174240014	187.10	186.4	186.73	29	20	23.91	30	20	23.55	1.18	0.48	0.81	10	6.2	7.06
	6174240011	200.70	197.2	199.82	29	21	23.91	30	21	23.64	1.12	0.9	1.02	9.8	6	7.23
Loma El Suzo	6074140016	191.71	190.2	190.72	26	22	23.73	28	22	24.18	1.56	0.72	0.96	9	7	7.60
	6074140015	187.00	185.4	186.09	28	22	24.73	28	21	24.91	2.22	0.43	1.32	9.6	7	7.76
Altamira	6075360001	177.95	176.7	177.66	28	2	20.00	26	18	21.30	1.07	0.58	0.71	8.3	7	7.40
Imbert	6075360002	127.35	124.3	126.41	23	19	21.00	26	19	21.89	1.53	0.75	0.96	7.6	6.5	7.05
Ranchete-Cabía	6075340001	115.50	114.2	114.92	26	20	22.78	27	20	22.44	0.62	0.36	0.48	8.1	7	7.43
	6075350003	135.00	130.3	133.10	27	0	21.30	26	0	21.30	0.84	0	0.67	7.3	0	6.05
	6075350002	159.90	155.9	158.72	30	20	22.70	28	19	22.20	1.35	0.82	1.16	8.2	6.7	7.79
	59753427	248.30	247.6	248.03	33	22	26.33	30	25	27.33	3.53	1.79	2.91	8.6	7.1	7.79
	6075350009	158.30	155.9	157.14	28	19	22.60	25	20	22.20	0.79	0.61	0.69	8.3	6.8	7.51
Guayacanes-Tachuela	5975260002	209.44	197.5	200.47	27	23	25.67	28	24	26.17	1.3	0.8	1.07	7.3	7.1	13.65
	5975260003	277.60	265.7	270.45	27	22	24.33	29	25	26.50	11.2	0.75	1.81	8.5	7.1	7.67
El Papayo	5975330005	158.70	153.4	156.89	32	23	25.50	29	27	28.00	6.8	0.91	2.47	9	8	8.40
	5975330004	169.90	167.8	169.31	30	23	25.17	27	25	26.17	15.7	0.7	9.35	7.9	7.6	15.24

En el Anexo 4 de este informe se incluyen los datos de las campañas de piezometría realizadas para este estudio.

7.6. RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS

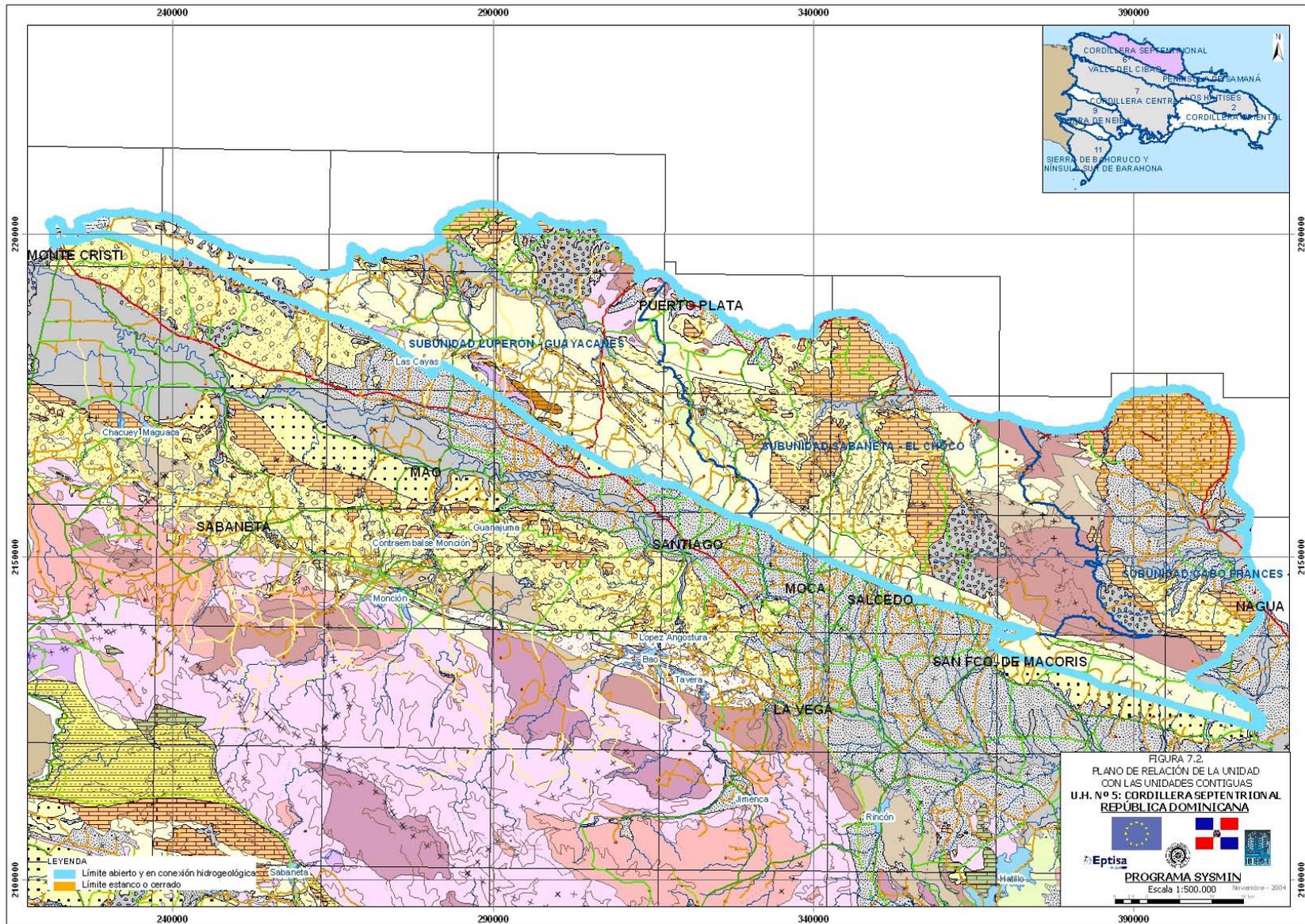
De acuerdo con la distribución de unidades o zonas hidrogeológicas establecidas por el PLANIACAS (1989), la única zona o unidad hidrogeológica limítrofe con la U.H. nº 5: Cordillera Septentrional, es el sector septentrional de la U.H. nº 6: Valle del Cibao (Figura 7.2):

Desde el punto de vista hidrogeológico, y en función de los límites de funcionamiento definidos en apartados anteriores, la relación de la Zona o U.H. de la Cordillera Septentrional con la citada Zona o U.H. limítrofe es la siguiente:

- Todo el límite entre la U.H. de la Cordillera Septentrional y la U.H. del Valle del Cibao se considera abierto unidireccionalmente en el sentido de descarga hacia el Valle del Cibao. La mayor parte de este límite está formado, del lado de la Cordillera Septentrional, por materiales de permeabilidad muy baja, mientras que del lado del Valle del Cibao los materiales presentan una permeabilidad media o alta. Existirá, por tanto, un intercambio hídrico de las aguas provenientes de la U.H. de Cordillera Septentrional hacia la U.H. de Valle del Cibao, pero no en sentido contrario. Dentro de este límite existen dos zonas concretas en las que los materiales son permeables a ambos lados del mismo, por lo que existirá una conexión hidráulica. Estas dos zonas están formadas por afloramientos materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) y Abanicos Cuaternarios (Qab).

En profundidad la conexión es más improbable, al tratarse de un frente fallado y hundido en el Valle del Cibao, y con materiales de muy baja o nula permeabilidad en la Cordillera Septentrional.

La única zona donde podría haber conexión subterránea es en la zona sureste, en la subunidad de Cabo Francés-Guaconejo, donde existen conglomerados y areniscas miocenas (Mcg) en contacto con materiales cuaternarios de la unidad de Valle del Cibao (subunidad del Yuna)



7.7. RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES

Como ya se ha venido comentando en apartados anteriores, la unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional está relacionada con tres ejes principales de descarga superficial, que están, a su vez, íntimamente condicionados por los principales sistemas de fracturación de la citada unidad.

- En la subunidad de Luperón-Guayacanes se identifica un eje de descarga de distribución predominante ESE-ONO (río Bajabonico) y otro secundario en dirección S-N correspondiente a las descargas de la sierra meridional. La mayoría de los cauces fluviales de la sierra meridional tienen su origen en los materiales terciarios indiferenciados, poco permeables, y discurren en gran parte por estos mismos materiales, con lo que las aportaciones corresponden principalmente a escorrentía superficial. En la zona próxima a la desembocadura del río Bajabonico, se pueden observar afloramientos carbonatados pliocenos de alta permeabilidad (Plc) que aumentan las aportaciones. Suelen corresponder a ríos drenantes o ganadores, con respecto a los materiales que atraviesan. La descarga se realiza directamente al mar.

Como ya se ha dicho anteriormente, el más significativo de los citados cauces dentro del ámbito de la unidad es el río Bajabonico, ya que drena prácticamente en su totalidad a la subunidad de Luperón-Guayacanes, existiendo otros ríos que confluyen en él, como los ríos Unijica, Navas y Caonao, de circulación continua y con importantes variaciones mensuales de caudal.

- En la subunidad Sabaneta-El Choco se identifica un eje principal de descarga S-N y otro ONO-ESE. El cauce más importante de la subunidad pertenece al río Yásica, que drena grandes afloramientos de calizas arrecifales pliocenas (Plc) y conglomerados y areniscas miocenas.

El río Yásica es de naturaleza drenante o ganadora con respecto a los materiales permeables que atraviesa.

Entre los demás cauces de la subunidad, cabría destacar los ríos Jamao y Veragua, de circulación continua, que desembocan en el río Yásica sobre el que efectúan grandes aportes desde los depósitos de caliza arrecifal pliocena y los conglomerados y areniscas miocenas. Además, existen ríos y arroyos de menor entidad, algunos de ellos discontinuos, que discurren fundamentalmente sobre conglomerados y areniscas miocenas, así como depósitos cuaternarios y que descargan directamente al mar, como por ejemplo el Arroyo Sosua, situado al norte de la subunidad.

En la zona sur de la subunidad existen ríos que drenan sus aguas hacia la U.H. de Valle del Cibao (subunidad del Yuna), como son los ríos Quinigua y Cenoví, ambos de escasa importancia en cabecera. En esta zona se localiza uno de los manantiales inventariados.

- Por último, en la subunidad Cabo Francés-Guaconejo se identifica una red principal de cauces superficiales que desembocan en la zona oriental de la subunidad, con un eje principal O-E marcado por el río Boba, el más importante de la subunidad y en segundo término, por el río Baqui, también de gran importancia. Los ríos de esta zona discurren prácticamente en su totalidad por materiales permeables. El río Baqui drena el borde sur del afloramiento de las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la Cabrera, la unidad de mayor interés hidrogeológico de la U.H. de Cordillera Septentrional, así como los depósitos cuaternarios, mientras que el río Boba drena los materiales meridionales (Calizas arrecifales pliocenas del sur de la subunidad (Plc) y depósitos cuaternarios (Qa y Qal)). Este sector de la subunidad Cabo Francés-Guaconejo tiene una importante zona de regadío que aprovecha tanto las aguas superficiales como las subterráneas.

Además, en el sector noroeste se observa una pequeña serie de ríos y arroyos (como el Caño Claro y el Caño Azul) de corto recorrido en dirección S-N. que discurren, fundamentalmente, sobre materiales poco permeables como son las rocas plutónicas (RPI), las metamórficas indiferenciadas (MTi) y los depósitos terciarios indiferenciados (Ti). En este sector, el río San Juan en su último tramo drena las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la Cabrera, donde se puede observar uno de los dos manantiales inventariados de la Cordillera Septentrional.

Los ríos de esta subunidad son, en su mayoría, de naturaleza drenante o ganadora con respecto a los materiales permeables por los que circulan.

8. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 05. Cordillera Septentrional se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas, entre diciembre de 2003 y enero de 2004 (primera campaña) y entre mayo y junio de 2004 (segunda campaña).

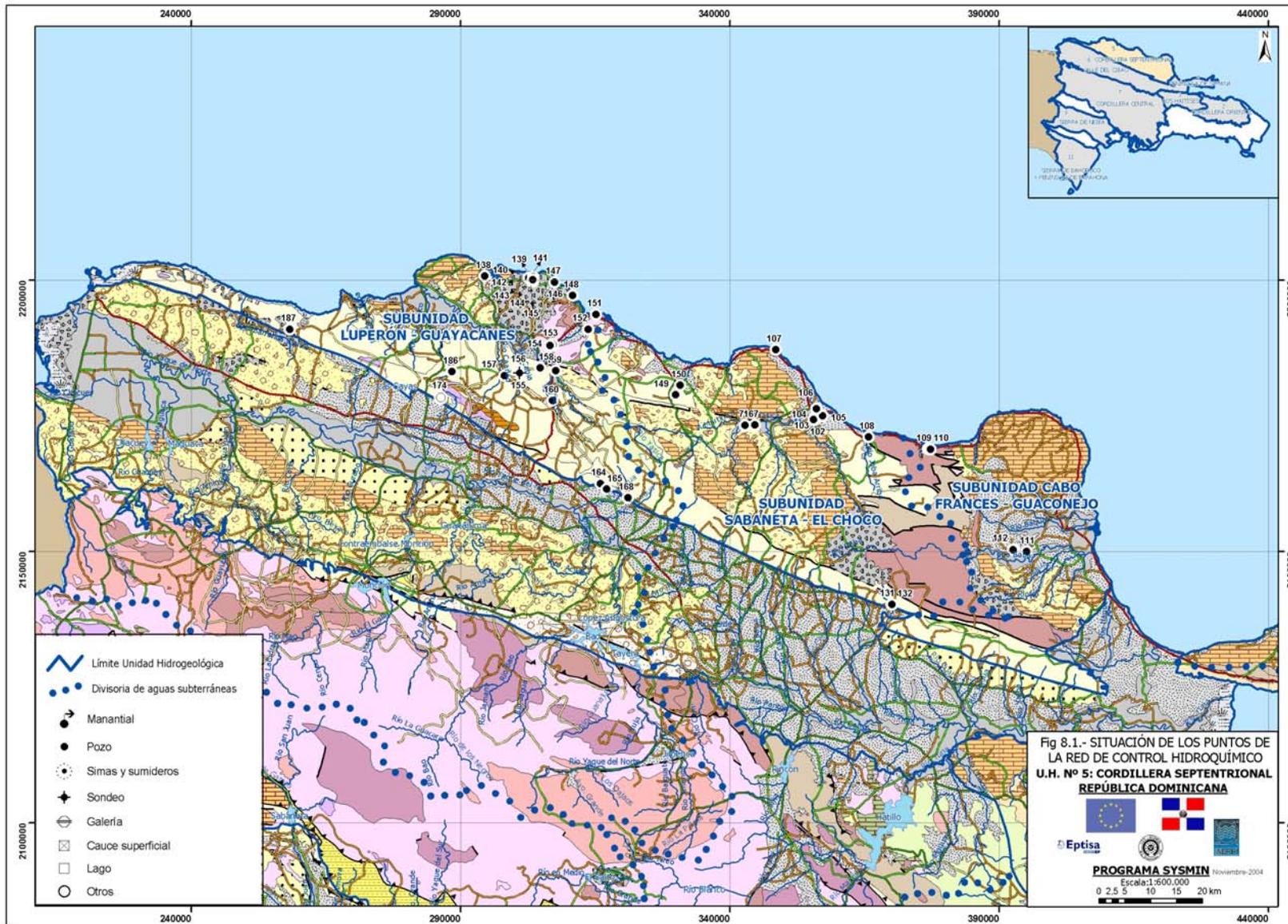
8.1. DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En el informe correspondiente al segundo trimestre del "Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana" (diciembre, 2003) se presentó una propuesta de red de control de calidad del agua subterránea para su aprobación por parte de la Supervisión del Estudio.

Tras presentar la propuesta a la UTG, y a los técnicos del INDRHI, y una vez incorporadas sus sugerencias y realizada la revisión de campo, se muestrearon 45 puntos de agua en la unidad, que corresponden a pozos y a sondeos.

En la figura 8.1. se observa la distribución espacial de los puntos de control y en el cuadro 8.1.1 se incluye una relación de los puntos de agua que constituyen la red de control hidroquímico en la unidad.

El estudio que aquí se presenta se basa en el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto, con el muestreo y posterior análisis químico de las muestras de agua procedentes de los puntos de control seleccionados.



Cuadro 8.1.1 Puntos de la red de control hidroquímico en la Cordillera Septentrional.

Nº orden	Código	Paraje	Municipio	Naturaleza	Prof. (m)	Nivel estático (m)
67	6173410016	La Guama Germocen	San Francisco De Macoris	Pozo	11	13
71	6173410011	Licey Hoya Grande	San Francisco De Macoris	Pozo	20	17,62
102	6174420057	El Batey	Gaspar Hernandez	Pozo	8	
103	6174420056	El Batey	Gaspar Hernandez	Pozo		
104	6174420036	Cruce De Jamao	Gaspar Hernandez	Pozo		
105	6174420001	Cruce De Jamao	Gaspar Hernandez	Pozo	3	
106	6175350004	Cruce De Jamao	Sabaneta De Yasica	Pozo		
107	6175310003	La Bombita	Sabaneta De Yasica	Pozo	21	
108	6174430006_D	Gaspar Hernandez	Gaspar Hernandez			
109	6174110006	La Yagua	Río San Juan	Pozo	6	
110	6174110012	La Yagua	Río San Juan	Pozo	12	
111	6174230001	La Peragua	Guayabito	Pozo		
112	6174230025	Mata Bonita	Guayabito	Pozo		
113	6174230035	Mata Bonita	Guayabito	Pozo	2	0,7
131	6174240013	Hoyo De Jaya	Guayabito	Pozo		
132	6174240014	Hoyo De Jaya	Guayabito	Pozo		
138	6075440001	Luperon	Luperón	Pozo	4,2	1
139	6075450001	Cambiaso	Puerto Plata Luperón	Pozo		
140	6075450020	Cambiaso	Luperón	Pozo	7	
141	6075450024	Cambiaso	Luperón	Pozo	2,5	
142	6075450035	Cambiaso	Luperón	Pozo	5	
143	6075450007	Arenoso	Luperón	Pozo	8	4,76
144	6075450033	Cambiaso	Luperón	Pozo		
145	6075450030	Cambiaso	Luperón	Pozo	6	3
146	6075450043	Cruce Guzman	Luperón	Pozo	3,2	
147	6075450044	Cruce Guzman	Luperón	Pozo		
148	6075460002	Isla Maimón	Puerto Plata	Pozo		
149	6075250001	Camu	Puerto Plata	Pozo	4	
150	6075250008	Los Ciruelo	Puerto Plata	Pozo		4
151	6075330005	Barba Rusia	Puerto Plata	Pozo	4,7	4,7
152	6975330003	Maimón	Puerto Plata Maimón	Pozo		

Nº orden	Código	Paraje	Municipio	Naturaleza	Prof. (m)	Nivel estático (m)
153	6075320004	La Colora	Imbert			
154	6075320005	La Colora	Imbert	Pozo		
155	6075350009	El Mango	Imbert	Pozo	7	4,1
156	6075350008	El Mango	Imbert	Sondeo		
157	6075340001	Guananico	Guananico Puerto Plata	Pozo		
158	6075350001	La Cabirma	Imbert	Pozo		
159	6075360002		Imbert	Pozo	8	
160	6075360001		Altamira	Pozo	8	3
164	6074460002_D	Palmar Abajo	Villa Gonzalez	Pozo		
165	6074140019	Palmar Arriba	San Francisco Arriba	Pozo	36	
168	6074140021_D	Los Cocos	Los Cocos, San Francisco Arriba	Pozo		
174	5975260003_D					
186	59753427	Loma De Castañuela	Villa Vasquez	Pozo		
187	5975330005	El Copey	Villa Vasquez	Pozo		6,6

8.2. CAMPAÑAS DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS *IN SITU*

La recogida, transporte y almacenamiento de muestras de agua, así como los análisis "in situ" se realizaron siguiendo las indicaciones recogidas en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* y las normas recomendadas por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) y WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

Los recipientes de polietileno de 2000 ml de capacidad utilizados para el muestreo, se enjuagaron varias veces con el agua del punto a muestrear, y se llenaron completamente, evitando que quedasen burbujas de aire.

Como método de preservación, todos los envases se mantuvieron refrigerados en neveras portátiles hasta su entrega en el laboratorio, realizada en las 24-48 siguientes a la toma.

Durante las campañas de muestreo se analizaron *in situ* la temperatura y conductividad del agua y se tomaron muestras de agua para el análisis en laboratorio de parámetros fisicoquímicos (conductividad y pH), constituyentes mayoritarios (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, sodio, potasio, calcio, magnesio) y fosfatos.

8.2.1. Primera campaña

La primera campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo entre diciembre de 2003 y enero de 2004.

Los resultados analíticos obtenidos en los análisis "in situ" de los parámetros inestables: conductividad, temperatura y pH se recogen en el Cuadro 8.2.1.

La conductividad de las muestras de agua analizadas está comprendida entre 220 y 5430 microS/cm. El valor más bajo corresponde a la muestra nº 113, procedente de un pozo situado en el municipio de Guayabito, dentro de la Subunidad Cabo Francés-Guaconejo. El valor máximo se registra en la muestra número 146, procedente del municipio de Luperón, en la Subunidad Luperón-Guayacanes.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 21 y 27 °C, con un valor mínimo en las muestras números 71 y 165, y máximo en distintas muestras (106, 111, 144 y 151) situadas en el borde norte de la unidad.

Por último, los valores de pH oscilan entre 5.8 y 7.8. El valor mínimo se ha registrado en la muestra número 111, en el municipio de Guayabito, dentro de la subunidad Cabo Francés-

Guaconejo. Por su parte, el valor máximo corresponde a la muestra n° 187 procedente de un pozo muestreado en el municipio de Villa Vasquez, al noroeste de la unidad, dentro de la Subunidad Luperón-Guayacanes.

8.2.2. Segunda campaña

La segunda campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo entre mayo y junio de 2004.

Los resultados analíticos obtenidos en los análisis "in situ" de los parámetros inestables: conductividad, temperatura y pH se recogen en el Cuadro 8.2.2.

Cuadro 8.2.1. Resultados de los análisis "in situ" de la primera campaña (UH. 05. Cordillera Septentrional)

Nº orden	Código	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Cond (mS/cm)	pH
					Aire	Agua		
67	6173410016	La Guama Germocen	San Francisco De Macoris	09/12/2003	23	25	1,76	7
71	6173410011	Licey Hoya Grande	San Francisco De Macoris	09/12/2003	23	21	1,45	7
102	6174420057	El Batey	Gaspar Hernandez	16/01/2004	28	26	0,93	7,2
103	6174420056	El Batey	Gaspar Hernandez	16/12/2003	25	25	1,41	6,9
104	6174420036	Cruce De Jamao	Gaspar Hernandez	16/12/2003	26	26	1,21	6,8
105	6174420001	Cruce De Jamao	Gaspar Hernandez	16/12/2003	29	25	1,54	7
106	6175350004	Cruce De Jamao	Sabaneta De Yasica	16/12/2003	28	27	1,2	6,9
107	6175310003	La Bombita	Sabaneta De Yasica	16/12/2003	27	24	1,8	7,4
108	6174430006 (S)	Gaspar Hernandez	Gaspar Hernandez	16/01/2004	29	26	1,43	7,1
109	6174110006	La Yagua	Río San Juan	17/12/2003	24	24	1,5	6,9
110	6174110012	La Yagua	Río San Juan	17/12/2003	24	24	0,93	7
111	6174230001	La Peragua	Guayabito	17/12/2003	30	27	0,47	5,8
112	6174230025	Mata Bonita	Guayabito	17/12/2003	31	26	2,59	6,8
113	6174230035	Mata Bonita	Guayabito	17/12/2003	26	26	0,22	6,3
131	6174240013	Hoyo De Jaya	Guayabito	19/12/2003	25	25	0,92	7,1
132	6174240014	Hoyo De Jaya	Guayabito	19/12/2003	25	24	1,17	7
138	6075440001	Luperon	Luperón	07/01/2004	24	24	2,34	7,6
139	6075450001	Cambiaso	Puerto Plata Luperón	07/01/2004	26	23	4,56	7,2
140	6075450020	Cambiaso	Luperón	07/01/2004	26	25	3	7,4
141	6075450024	Cambiaso	Luperón	07/01/2004	27	23	4,35	7,4
142	6075450035	Cambiaso	Luperón	07/01/2004	26	25	3,71	7,4
143	6075450007	Arenoso	Luperón	07/01/2004	28	25	1,22	7,3
144	6075450033	Cambiaso	Luperón	07/01/2004	28	27	2,63	
145	6075450030	Cambiaso	Luperón	07/01/2004	27	24	4,38	
146	6075450043	Cruce Guzman	Luperón	07/01/2004	27	25	5,43	
147	6075450044	Cruce Guzman	Luperón	07/01/2004	27	22	0,54	
148	6075460002	Isla Maimón	Puerto Plata	07/01/2004	25	25	1,45	
149	6075250001	Camu	Puerto Plata	08/01/2004	23	23	0,78	
150	6075250008	Los Ciruelo	Puerto Plata	08/01/2004	25	25	0,68	
151	6075330005	Barba Rusia	Puerto Plata	08/01/2004	26	27	1,1	
152	6075330002	Maimón	Puerto Plata Maimón	08/01/2004	27	26	1,61	

Nº orden	Código	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Cond (mS/cm)	pH
					Aire	Agua		
153	6075320004	La Colora	Imbert	08/01/2004	26	25	0,92	
154	6075320005	La Colora	Imbert	08/01/2004	26	25	1,28	
155	6075350009	El Mango	Imbert	08/01/2004	25	22	0,78	
156	6075350008	El Mango	Imbert	08/01/2004	25	24	0,96	
157	6075340001	Guananico	Guananico Puerto Plata	08/01/2004	26	23	0,54	
158	6075350001	La Cabirma	Imbert	08/01/2004	25	24	0,96	
159	6075360002	La Seiba	Imbert	08/01/2004	27	25	1,07	
160	6075360001	La China	Altamira	08/01/2004	25	22	0,73	
164	6074460002_D	Palmar Abajo	Villa Gonzalez	09/01/2004	26	22	0,96	
165	6074140019	Palmar Arriba	San Francisco Arriba	09/01/2004	26	21	1,15	
168	6074140021 (S)	San Francisco Arriba	San Francisc O Arriba	09/01/2004	32	26	1,22	
174	5975260003 (S)	Los Pinos	Mamey	12/01/2004	25	22	1,63	7,2
186	5975340027	Loma De Castañuela	Villa Vasquez	13/01/2004	26	26	4,47	7,6
187	5975330005	El Copey	Villa Vasquez	14/01/2004	20	26	4,3	7,8

Cuadro 8.2.2. Resultados de los análisis "in situ" de la segunda campaña (UH. 05. Cordillera Septentrional)

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Conduc (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
5975340027	Loma De Castañuela	Villa Vasquez	20/05/2004	29	28	3	7,1
6075330003	Maimón	Puerto Plata Maimón	02/06/2004	25	25	1,96	7,1
5975260002	El Molino	Mamey	19/05/2004	29	26	1,21	7,3
5975260003 (S)	Los Pinos	Mamey	19/05/2004	30	26	1,84	7,2
5975330005	El Copey	Villa Vasquez	20/05/2004	32	28	3,1	8,1
6074140016	Palmar Arriba	San Francisco Arriba	19/05/2004	25	25	1,05	7,5
6074140019	Palmar Arriba	San Francisco Arriba	19/05/2004	26	26	1,15	7,5
6074140021 (S)	San Francisco Arriba	San Francisc O Arriba	19/05/2004	25	24	1,35	7,5
6074460002_D	Palmar Abajo	Villa Gonzalez	19/05/2004	25	24	0,91	7,5
6074460006 (S)	Callejon De Abel	Villa Gonzalez	19/05/2004	23	25	2,95	7,6
6075250001	Camu	Puerto Plata	02/06/2004	26	25	0,97	7,2
6075250008	Los Ciruelo	Puerto Plata	02/06/2004	26	25	0,82	7,2
6075320004	La Colora	Imbert	02/06/2004	23	25	1,04	6,8
6075320005	La Colora	Imbert	02/06/2004	23	24	1,56	7
6075330005	Barba Rusia	Puerto Plata	02/06/2004	27	26	1.200	7,2
6075340001	Guananico	Guananico Puerto Plata	01/06/2004	25	25	0,66	8,1
6075350001	La Cabirma	Imbert	01/06/2004	25	24	0,89	8,4
6075350008	El Mango	Imbert	01/06/2004	27	26	1,16	7,8
6075350009	El Mango	Imbert	02/06/2004	25	22	0,95	8
6075360001	La China	Altamira	01/06/2004	25	23	0,96	7,9

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Conduc (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
6075360002	La Seiba	Imbert	01/06/2004	24	25	1,25	7,8
6075440001	Luperón	Luperón	01/06/2004	27	27	2,68	8
6075450001	Cambiaso	Puerto Plata Luperon	01/06/2004	28	29	5,13	7,7
6075450007	Arenoso	Luperón	01/06/2004	33	30	1,15	7,9
6075450020	Cambiaso	Luperón	01/06/2004	29	26	3,2	7,9
6075450024	Cambiaso	Luperón	01/06/2004	28	26	4,75	7,9
6075450030	Cambiaso	Luperón	01/06/2004	30	27	4,18	7,7
6075450033	Cambiaso	Luperón	01/06/2004	30	26	3.530	7,9
6075450035	Cambiaso	Luperón	01/06/2004	31	29	3,16	7,9
6075450043	Cruce Guzman	Luperón	01/06/2004	29	27	6,03	7,8
6075450044	Cruce Guzman	Luperón	01/06/2004	33	28	2,73	7,8
6075460002	Isla Maimón	Puerto Plata	01/06/2004	33	29	1,64	7,9
6173410016	La Guama Germocen	San Francisco De Macoris	06/05/2004	25	27	2.030	7,8
6174110006	La Yagua	Río San Juan	02/06/2004	28	27	1,77	7,1
6174110012	La Yagua	Río San Juan	02/06/2004	30	27	1,29	7,2
6174230001	La Peragua	Guayabito	13/05/2004	25	26	0,53	5,7
6174230025	Mata Bonita	Guayabito	13/05/2004	25	24	1.350	6,9
6174230035	Mata Bonita	Guayabito	13/05/2004	24	24	0,59	7,5
6174240013	Hoyo De Jaya	Guayabito	06/05/2004	26	27	1.360	7,7

<i>Codigo</i>	<i>Paraje</i>	<i>Municipio</i>	<i>Fecha de muestreo</i>	<i>Temp °C</i>		<i>Conduc (mS/cm)</i>	<i>pH</i>
				<i>Aire</i>	<i>Agua</i>		
6174240014	Hoyo De Jaya	Guayabito	06/05/2004	26	26	1.260	7,7
6174420001	Cruce De Jamao	Gaspar Hernández	02/06/2004	30	27	1,65	7,3
6174420036	Cruce De Jamao	Gaspar Hernández	02/06/2004	28	27	1,43	7,5
6174420056	El Batey	Gaspar Hernández	02/06/2005	27	25	1,78	7,2
6174420057	El Batey	Gaspar Hernández	02/06/2005	30	22	1,7	7,3
6174430006 (S)	Gaspar Hernandez	Gaspar Hernández	02/06/2004	28	26	1,29	7,1
6175310003	La Bombita	Sabaneta De Yásica	02/06/2004	25	24	2,22	7,6
6175350004	Cruce De Jamao	Sabaneta De Yásica	02/06/2004	27	26	1,39	7,2

8.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

8.3.1. Determinaciones analíticas

En todos los puntos de la red se ha llevado a cabo un análisis de parámetros físico-químicos (conductividad y pH) y constituyentes mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, nitritos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y fosfatos).

8.3.2. Laboratorios y Métodos de análisis

Las determinaciones analíticas se han realizado en el laboratorio de control de calidad de aguas del INDRHI en Santo Domingo (República Dominicana).

La metodología analítica empleada en el laboratorio del INDRHI se ha ajustado a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition (1992).

8.3.3. Control de calidad analítica: error analítico

El control de calidad analítica se ha llevado a cabo por medio del cálculo del error analítico de cada una de las muestras de agua subterránea disponible.

Dicho error se ha calculado a partir del balance de masas y se expresa en tanto por ciento:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\sum r_{\text{cationes}} - \sum r_{\text{aniones}}}{\sum r_{\text{cationes}} + \sum r_{\text{aniones}}} * 200$$

donde: $\sum r_{\text{cationes}}$ es la suma de las concentraciones de los cationes en meq/l

$\sum r_{\text{aniones}}$ es la suma de las concentraciones de los aniones en meq/l

Los valores obtenidos están comprendidos, en valor absoluto, entre 0.13 y 15.56 en la primera campaña (Cuadro 8.3.1) y entre 0.53 y 15.12 % en la segunda campaña (Cuadro 8.3.2.). El error admisible depende de la concentración y del tipo de agua, pero a título indicativo puede establecerse (modificado de Anderson, 1966, Pág. 54, en Custodio y Llamas, 1983, Pág. 223):

Conductividad (microS/cm)	50	200	500	> 2000
Error admisible (%)	30	10	8	4

Hay una serie de muestras con un error analítico relativamente elevado, en relación con la conductividad que presentan. Se observa que en la muestra nº 139 se obtiene el error analítico más alto (15.56 %) en la primera campaña, y en la muestra nº 132 se obtiene el valor más elevado (15.12 %) .en la segunda campaña.

Cuadro 8.3.1. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas en la primera campaña (UH. 05. Cordillera Septentrional

Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error (%)
67	6173410016	9-12-2003	1592	3,12
71	6173410011	9-12-2003	1270	3,59
102	6174420057	16-12-2003	826	-2,44
103	6174420056	16-12-2003	1273	7,46
104	6174420036	16-12-2003	1095	0,13
105	6174420001	16-12-2003	1394	-4,69
106	6175350004	16-12-2003	1008	4,56
107	6175310003	16-12-2003	1643	-5,06
108	6174430006_D	16-12-2003	1284	8,15
109	6174110006	17-12-2003	1278	2,10
110	6174110012	17-12-2003	791	-10,79
111	6174230001	17-12-2003	403	9,21
112	6174230025	17-12-2003	2270	10,05
113	6174230035	17-12-2003	197	-14,56
131	6174240013	30-12-2003	857	5,18
132	6174240014	30-12-2003	1010	2,94
138	6075440001	7-1-2004	2040	2,96
139	6075450001	7-1-2004	4160	-15,56
140	6075450020	7-1-2004	2660	9,14
141	6075450024	7-1-2004	3970	-5,63
142	6075450035	7-1-2004	3320	-6,95
143	6075450007	7-1-2004	1047	3,55
144	6075450033	7-1-2004	2300	8,47
145	6075450030	7-1-2004	3970	-5,89
146	6075450043	7-1-2004	4960	-5,72
147	6075450044	7-1-2004	471	1,39
148	6075460002	7-1-2004	1241	-3,07
149	6075250001	8-1-2004	668	-0,53
150	6075250008	8-1-2004	574	-4,82
151	6075330005	8-1-2004	938	6,89
152	6075330003	8-1-2004	1377	1,76
153	6075320004	8-1-2004	786	8,04
154	6075320005	8-1-2004	1105	8,02
155	6075350009	8-1-2004	680	3,33
156	6075350008	8-1-2004	829	-2,59
157	6075340001	8-1-2004	467	3,39
158	6075350001	8-1-2004	1125	-0,43
159	6075360002	8-1-2004	920	-4,62
160	6075360001	8-1-2004	636	-5,90
164	6074460002_D	9-1-2004	835	4,66
165	6074140019	9-1-2004	978	8,53
168	6074140021_D	9-1-2004	1046	0,58
174	5975260003_D	12-1-2004	1413	6,17
186	59753427	13-1-2004	3090	-3,77

Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	Error (%)
187	5975330005	14-1-2004	3680	-10,42

Cuadro 8.3.2. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas en la primera campaña (UH. 05. Cordillera Septentrional)

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	Error
67	51	6173410016	06/05/2004	1485	-6,41
71	49	6173410011	06/05/2004	1023	-6,66
102	221	6174420057	02/06/2004	1178	-6,57
103	223	6174420056	02/06/2004	1196	0,99
104	222	6174420036	02/06/2004	990	-2,75
105	224	6174420001	02/06/2004	1137	-10,17
106	220	6175350004	02/06/2004	934	0,85
107	219	6175310003	02/06/2004	1520	-4,15
108	225	6174430006_D	02/06/2004	1197	-9,71
109	226	6174110006	02/06/2004	1120	-6,50
110	227	6174110012	02/06/2004	861	-6,80
111	103	6174230001	13/05/2004	399	-4,18
112	104	6174230025	13/05/2004	1102	-5,51
113	105	6174230035	13/05/2004	158	-11,99
131	57	6174240013	06/05/2004	992	-14,84
132	56	6174240014	06/05/2004	918	-15,12
138	202	6075440001	01/06/2004	1835	-5,57
139	203	6075450001	01/06/2004	3790	-1,33
140	204	6075450020	01/06/2004	2330	-4,25
141	205	6075450024	01/06/2004	3490	-2,91
142	207	6075450035	01/06/2004	2530	-4,80
143	208	6075450007	01/06/2004	777	-5,66
144	209	6075450033	01/06/2004	2570	-8,09
145	206	6075450030	01/06/2004	3040	-5,14
146	210	6075450043	01/06/2004	4790	-9,65
147	211	6075450044	01/06/2004	2050	-7,50
148	212	6075460002	01/06/2004	1104	-10,77
149	218	6075250001	02/06/2004	646	-2,90
150	217	6075250008	02/06/2004	530	-2,83
151	216	6075330005	02/06/2004	805	-11,45

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	Error
152	215	6975330003	02/06/2004	1330	-9,54
153	214	6075320004	02/06/2004	693	-8,48
154	213	6075320005	02/06/2004	1048	-7,03
155	198	6075350009	01/06/2004	628	-7,17
156	199	6075350008	01/06/2004	776	-3,55
157	200	6075340001	01/06/2004	447	-7,64
158	201	6075350001	01/06/2004	600	-9,64
159	197	6075360002	01/06/2004	859	-2,61
160	196	6075360001	01/06/2004	587	0,53
164	124	6074460002_D	19/05/2004	590	-5,84
165	125	6074140019	19/05/2004	790	-5,42
168	128	6074140021_D	19/05/2004	890	1,76
174	132	5975260003_D	19/05/2004	1250	-8,70
186	146	59753427	20/05/2004	2320	-3,03
187	150	5975330005	20/05/2004	4110	-13,92

8.3.4. Resultados analíticos de laboratorio

En el Anexo 5. Hidroquímica se recogen los resultados analíticos de las muestras de agua correspondientes a las campañas de muestreo realizadas durante el desarrollo del Proyecto.

En esta memoria se presenta la interpretación de los resultados dentro de la UH. 05. Cordillera Septentrional.

8.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se incluye la interpretación de los resultados analíticos proporcionados por los laboratorios de análisis. Los datos de análisis químicos de aguas subterráneas se han sometido a un tratamiento tanto numérico, como gráfico.

Para la representación gráfica de datos de análisis hidroquímicos se han utilizado programas no comercializados, desarrollados en entorno DOS, utilizando el software de la casa GOLDEN, con salidas gráficas por plotter o impresora. Estos programas generan distintos tipos de gráficos (PIPER, STIFF, SCHOELLER .. etc.) a partir de un fichero de datos con estructura similar. Como datos de entrada se incluyen las concentraciones de los iones mayoritarios calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, potasio, carbonatos y nitratos, en mg/l, seguidas de la denominación de la muestra y del valor de la conductividad eléctrica en :S/cm.

8.4.1. Caracterización hidroquímica general

En los cuadros 8.4.1 y 8.4.2. se incluyen los resultados analíticos proporcionados por el laboratorio de análisis correspondientes a las campañas de control realizadas.

Las aguas analizadas presentan una mineralización que varía desde baja a elevada, con conductividades que oscilan entre 197 y 4960 microS/cm en la primera campaña y entre 158 y 4790 microS/cm en la segunda.

En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 31 y 1116 mg/l de HCO_3^- en la primera campaña (entre 18 y 976 en la segunda); los sulfatos varían entre 5 y 1824 mg/l de SO_4^- en la primera campaña (entre 1 y 1375 en la segunda) y, los cloruros oscilan entre 18 y 738 mg/l de Cl^- en la primera campaña (entre 12 y 686 en la segunda).

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 4 y 512 mg/l de Ca^{++} en la primera campaña (entre 3 y 462 en la segunda); el sodio, por su parte, varía entre 16 y 620 mg/l de Na^+ en la primera campaña (entre 5 y 394 en la segunda); el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 0.0 y 49.1 mg/l de K^+ en la primera campaña (entre 0.3 y 36 en la segunda) y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 2 y 150 mg/l de Mg^{++} en la primera campaña (entre 3 y 221 en la segunda).

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 0 y 53 mg/l de NO_3^- en la primera campaña (entre 1 y 61 en la segunda). En la figura 8.2. se observa la distribución espacial de los valores de nitratos.

Los valores que se registran en la unidad son relativamente bajos, en general inferiores a 45 mg/l de nitratos, si bien se observa una muestra (la número 67, procedente de un pozo situado en el municipio de San Francisco de Macorís) que presenta un valor de 53 mg/l de NO_3^- . Las concentraciones comprendidas entre 26 y 44 mg/l corresponden a pozos situados en los municipios de Luperón, Puerto Plata, Los Cocos y Villa Vasquez.

Cuadro 8.4.1 Resultados analíticos de laboratorio (UH. 05. Cordillera Septentrional). Muestreo realizado entre diciembre de 2003 y enero de 2004. Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	NH4
67	6173410016	09/12/2003	1592	6,9	165	47	71	15,8	0	409	255	16	53	0,07	0,26
71	6173410011	09/12/2003	1270	6,8	72	55	125	3,5	0	592	109	9	13	0,03	0,22
102	6174420057	16/12/2003	826	6,8	123	15	22	1,5	0	397	55	21	7	0,02	0,14
103	6174420056	16/12/2003	1273	6,6	179	16	51	2,0	0	397	138	48	14	0,03	0,22
104	6174420036	16/12/2003	1095	6,5	122	21	51	0,0	0	366	100	46	15	0,00	0,20
105	6174420001	16/12/2003	1394	6,7	136	31	106	3,2	0	488	199	51	3	0,03	0,13
106	6175350004	16/12/2003	1008	6,6	82	22	118	7,3	0	512	52	35	13	0,02	0,17
107	6175310003	16/12/2003	1643	7,0	83	29	205	0,9	0	268	380	53	4	0,01	<LD
108	6174430006_D	16/12/2003	1284	6,8	81	29	141	2,0	0	470	114	32	5	0,06	1,08
109	6174110006	17/12/2003	1278	6,5	79	38	152	3,9	0	653	86	15	2	0,04	0,24
110	6174110012	17/12/2003	791	6,8	38	61	18	2,0	0	427	42	16	7	0,03	0,33
111	6174230001	17/12/2003	403	5,1	4	10	72	1,5	0	31	106	5	15	0,03	<LD
112	6174230025	17/12/2003	2270	6,4	64	18	437	22,5	0	244	608	27	14	0,09	0,26
113	6174230035	17/12/2003	197	5,6	9	2	28	2,1	0	49	41	9	2	0,23	0,23
131	6174240013	30/12/2003	857	6,6	118	16	35	3,0	0	360	50	37	21	<LD	0,11
132	6174240014	30/12/2003	1010	6,4	145	19	45	5,0	0	506	40	35	23	0,03	0,17
138	6075440001	07/01/2004	2040	7,0	65	79	292	31,6	0	726	220	205	11	0,02	0,79
139	6075450001	07/01/2004	4160	6,9	433	150	266	8,7	0	451	280	1824	9	0,03	1,26
140	6075450020	07/01/2004	2660	7,0	268	51	268	49,1	0	397	284	615	32	0,03	0,47
141	6075450024	07/01/2004	3970	7,0	512	120	223	47,5	0	451	388	1475	0	0,06	0,04
142	6075450035	07/01/2004	3320	7,2	334	100	176	48,8	0	451	421	800	20	0,01	0,01
143	6075450007	07/01/2004	1047	7,0	107	23	66	8,6	0	323	63	109	40	0,02	0,14
144	6075450033	07/01/2004	2300	7,4	272	51	197	17,5	0	366	218	595	6	0,06	0,07
145	6075450030	07/01/2004	3970	7,1	456	66	294	38,8	0	476	591	961	4	0,01	0,25
146	6075450043	07/01/2004	4960	7,4	378	126	569	38,5	0	433	738	1449	6	0,01	1,08
147	6075450044	07/01/2004	471	7,3	39	9	38	32,9	0	183	34	56	1	0,20	1,68
148	6075460002	07/01/2004	1241	7,1	43	105	54	6,5	0	586	100	44	22	0,04	0,03
149	6075250001	08/01/2004	668	6,7	97	11	38	4,0	0	384	29	15	5	0,01	0,11
150	6075250008	08/01/2004	574	6,8	79	14	16	4,0	0	305	25	19	4	0,17	<LD

Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	NH4
152	6075330003	08/01/2004	1377	6,9	80	48	147	14,0	0	561	149	28	29	0,05	<LD
153	6075320004	08/01/2004	786	6,6	64	17	88	11,6	0	336	50	38	23	0,03	0,08
154	6075320005	08/01/2004	1105	7,1	62	13	162	22,1	0	494	83	21	<LD	<LD	0,03
155	6075350009	08/01/2004	680	7,3	66	17	70	3,3	0	360	44	16	5	<LD	0,02
156	6075350008	08/01/2004	829	6,8	91	19	57	4,0	0	433	47	12	12	0,00	<LD
157	6075340001	08/01/2004	467	7,4	64	11	17	4,0	0	244	18	10	2	<LD	<LD
158	6075350001	08/01/2004	1125	7,3	118	30	86	0,8	0	543	38	97	9	0,72	0,09
159	6075360002	08/01/2004	920	7,1	107	28	59	8,1	0	537	43	40	4	0,02	0,04
160	6075360001	08/01/2004	636	7,1	67	16	36	10,2	0	317	34	28	8	0,03	<LD
164	6074460002_D	09/01/2004	835	7,0	82	29	50	3,6	0	378	54	25	10	0,02	0,09
165	6074140019	09/01/2004	978	7,3	59	29	101	11,7	0	384	67	46	5	0,03	0,16
168	6074140021_D	09/01/2004	1046	6,9	88	41	70	10,9	0	384	82	95	29	0,04	0,13
174	5975260003_D	12/01/2004	1413	6,8	90	68	139	37,2	0	641	100	119	19	0,10	0,12
186	59753427	13/01/2004	3090	6,9	245	112	327	4,9	0	549	429	766	7	0,01	<LD
187	5975330005	14/01/2004	3680	7,8	29	46	620	26,2	0	1116	231	524	44	0,33	<LD

LD.: Límite detección

N/A.: No analizado

Cuadro 8.4.2 Resultados analíticos de laboratorio (UH. 05. Cordillera Septentrional). Muestreo realizado entre mayo y junio de 2004. Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

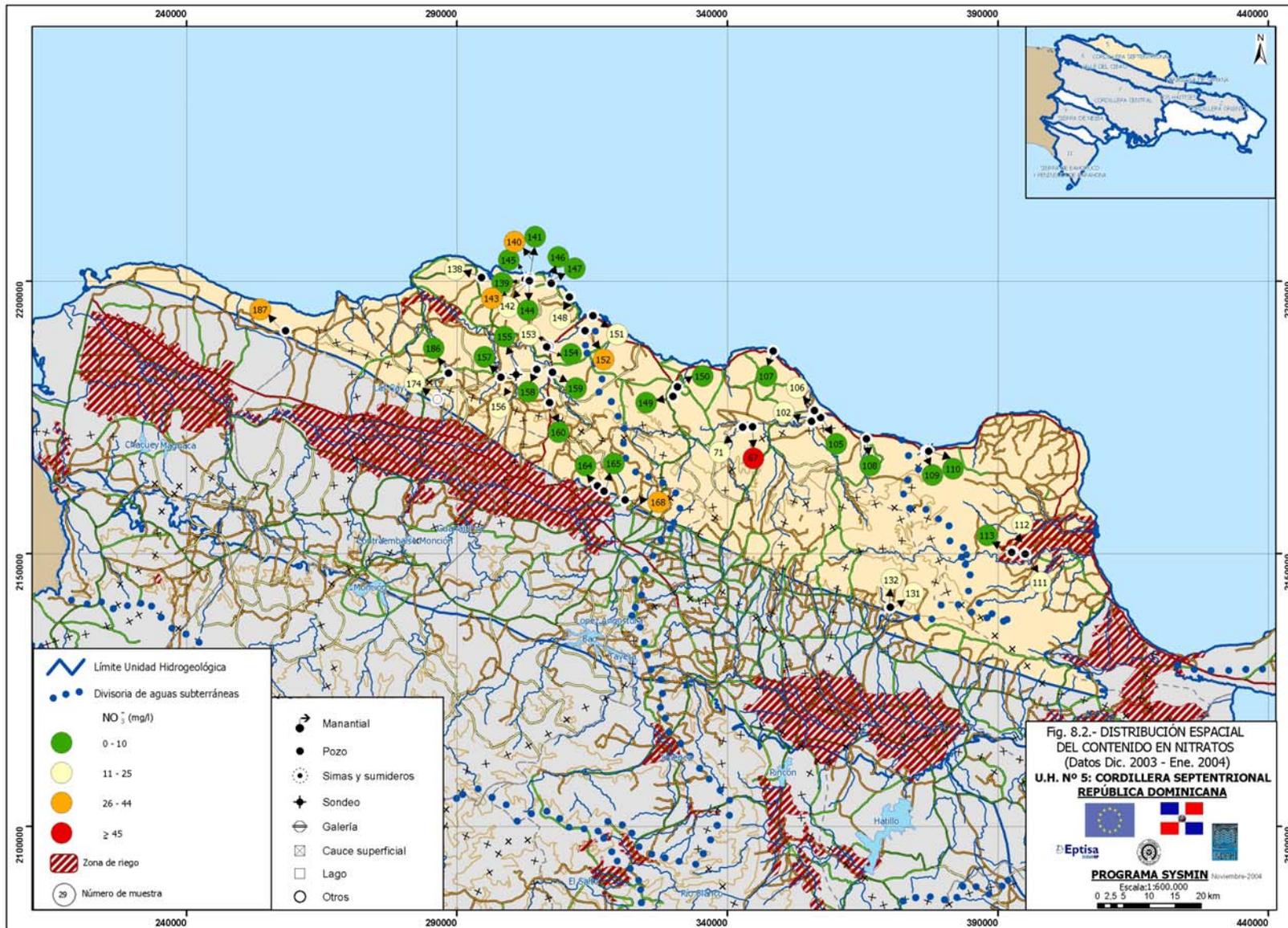
Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
67	51	6173410016	06/05/2004	1485	6,5	121	79	53	3,1	0,0	531	229	8	39	0,01	<LD
71	49	6173410011	06/05/2004	1023	6,6	67	68	55	3,3	0,0	573	80	12	20	0,02	<LD
102	221	6174420057	02/06/2004	1178	6,7	179	17	28	0,3	0,0	451	115	46	47	0,03	<LD
103	223	6174420056	02/06/2004	1196	6,3	169	23	51	0,9	0,0	488	113	45	19	0,04	<LD
104	222	6174420036	02/06/2004	990	6,7	132	20	27	2,3	0,0	403	70	41	20	0,04	<LD
105	224	6174420001	02/06/2004	1137	6,8	109	30	60	3,2	0,0	415	146	38	4	0,05	<LD
106	220	6175350004	02/06/2004	934	6,5	128	21	17	2,3	0,0	427	35	31	17	0,02	<LD
107	219	6175310003	02/06/2004	1520	7,1	71	29	185	8,6	0,0	256	336	48	11	0,01	0,03
108	225	6174430006_D	02/06/2004	1197	6,6	88	57	58	2,2	0,0	610	77	28	11	0,05	<LD
109	226	6174110006	02/06/2004	1120	6,4	94	51	37	3,7	0,0	537	87	2	1	0,04	0,01
110	227	6174110012	02/06/2004	861	6,6	38	74	14	1,2	0,0	464	49	3	14	0,03	0,30
111	103	6174230001	13/05/2004	399	6,0	3	13	57	1,2	0,0	24	112	1	17	0,03	<LD
112	104	6174230025	13/05/2004	1102	7,0	31	14	168	7,4	0,0	140	295	1	7	0,02	0,06
113	105	6174230035	13/05/2004	158	6,0	4	3	21	0,5	0,0	18	37	2	12	0,01	<LD
131	57	6174240013	06/05/2004	992	6,8	132	14	38	2,0	0,0	384	96	69	35	0,02	<LD
132	56	6174240014	06/05/2004	918	6,5	115	25	26	3,5	0,0	506	37	38	24	0,09	0,08
138	202	6075440001	01/06/2004	1835	7,2	51	88	194	11,2	0,0	671	191	135	22	0,44	<LD
139	203	6075450001	01/06/2004	3790	6,8	385	194	150	3,6	0,0	500	287	1248	6	0,03	0,19
140	204	6075450020	01/06/2004	2330	7,0	248	52	138	26,9	0,0	299	240	600	14	0,01	<LD
141	205	6075450024	01/06/2004	3490	7,0	462	82	168	22,7	0,0	415	308	1125	<LD	0,01	0,39
142	207	6075450035	01/06/2004	2530	6,9	256	82	123	15,2	0,0	378	261	600	31	0,21	0,03

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
143	208	6075450007	01/06/2004	777	7,1	79	24	29	2,6	0,0	275	38	79	25	0,05	<LD
144	209	6075450033	01/06/2004	2570	7,0	254	70	135	12,5	0,0	366	344	525	4	0,15	<LD
145	206	6075450030	01/06/2004	3040	6,8	327	85	149	36,0	0,0	378	470	600	25	0,27	<LD
146	210	6075450043	01/06/2004	4790	7,1	404	130	394	12,5	0,0	317	686	1375	4	0,01	0,28
147	211	6075450044	01/06/2004	2050	7,1	222	58	80	24,8	0,0	354	205	475	<LD	<LD	3,11
148	212	6075460002	01/06/2004	1104	7,4	38	97	39	1,7	0,0	598	70	47	11	0,03	<LD
149	218	6075250001	02/06/2004	646	6,7	94	17	29	1,6	0,0	397	24	13	10	0,02	<LD
150	217	6075250008	02/06/2004	530	6,7	75	15	8	2,0	0,0	268	14	21	19	0,03	<LD
151	216	6075330005	02/06/2004	805	6,7	85	27	21	2,0	0,0	366	47	42	7	0,02	<LD
152	215	6975330003	02/06/2004	1330	6,7	75	67	69	3,1	0,0	488	148	37	38	0,04	<LD
153	214	6075320004	02/06/2004	693	6,3	56	26	36	3,7	0,0	293	40	42	24	0,04	0,08
154	213	6075320005	02/06/2004	1048	6,6	62	16	124	6,3	0,0	470	73	40	5	0,01	0,06
155	198	6075350009	01/06/2004	628	7,1	62	18	32	2,8	0,0	299	42	12	10	0,01	<LD
156	199	6075350008	01/06/2004	776	7,0	85	23	28	1,7	0,0	390	37	9	1	0,01	<LD
157	200	6075340001	01/06/2004	447	7,2	60	12	5	1,7	0,0	244	12	7	8	<LD	<LD
158	201	6075350001	01/06/2004	600	7,9	28	30	38	3,5	0,0	226	42	65	<LD	<LD	<LD
159	197	6075360002	01/06/2004	859	6,7	102	29	18	3,1	0,0	439	21	35	4	0,00	0,08
160	196	6075360001	01/06/2004	587	7,0	60	15	24	3,9	0,0	220	33	33	9	0,02	0,14
164	124	6074460002_D	19/05/2004	590	7,0	61	30	20	2,5	0,0	275	36	57	11	0,01	<LD
165	125	6074140019	19/05/2004	790	7,0	58	33	51	3,7	0,0	311	52	77	12	0,01	0,17
168	128	6074140021_D	19/05/2004	890	7,0	88	41	37	3,6	0,0	293	80	103	9	0,04	<LD
174	132	5975260003_D	19/05/2004	1250	7,0	86	70	68	2,5	0,0	519	95	131	26	0,04	<LD
186	146	59753427	20/05/2004	2320	7,0	177	92	144	2,1	0,0	628	209	345	4	0,01	0,61

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
187	150	5975330005	20/05/2004	4110	7,0	96	221	375	8,5	0,0	976	461	740	61	0,05	2,62

LD.: Límite detección

N/A.: No analizado



En la figura 8.3. se incluye el diagrama de Piper correspondiente a las aguas subterráneas analizadas, que permite clasificar a las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter bicarbonatado en la mayor parte de los casos. No obstante, hay cuatro muestras que presentan una composición netamente clorurada (muestras números 107, 111, 112 y 113), dos muestras de carácter sulfatado (139 y 141) y varias de carácter mixto.

En cuanto a los cationes, en general las aguas subterráneas tienen una composición cálcica, sódica o de carácter mixto, si bien se observan dos muestras de composición netamente magnésica (números 110 y 148).

En las figuras 8.4. a 8.7. se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de distintas muestras de agua analizadas en la unidad.

Se observa, como cabía esperar, que las muestras corresponden a varias familias hidroquímicas.

Por un lado, en la figura 8.4. se observan aguas de facies cloruradas sódicas (con relaciones iónicas rNa/rCl próximas a 1 y rCl/rSO_4 superiores a 6), que explotan materiales cuaternarios existentes en la Subunidad Cabo Francés-Guaconejo y en la Subunidad Sabaneta- El Choco. Se trata de aguas subterráneas que reflejan la influencia del mar, y pueden indicar la existencia de procesos de intrusión marina. No obstante, se trata de fenómenos puntuales, que no suponen limitación para la utilización posterior del agua, puesto que la salinidad que presentan oscila entre 197 microS/cm en la muestra nº 113 y 2270 microS/cm en la muestra nº 112.

En la figura 8.5. se incluyen aguas de facies bicarbonatadas magnésicas (con relaciones iónicas rCa/rMg próximas a 0.3, rNa/rCl del orden de 0.7 y rCl/rSO_4 de 3). Estas muestras proceden de pozos situados en formaciones de escaso interés hidrogeológico, en rocas plutónicas indiferenciadas existentes en las Subunidades Luperón-Guayacanes y Cabo Francés-Guaconejo.

Por su parte, en la figura 8.6. se observan aguas bicarbonatadas cálcicas de baja salinidad, con relaciones iónicas $rHCO_3/rSO_4$ superiores a 20, rCa/rMg superiores a 3 y rNa/rCl próximas a 2.

Por último, en la figura 8.7. se representan aguas de facies sulfatadas calcico-sódicas o sodico-cálcicas con relaciones iónicas rCl/rSO_4 próximas a 0.6 y $rHCO_3/rSO_4$ del orden de 0.5.

Figura 8.3. Diagrama de Piper (UH. 05. Cordillera Septentrional)

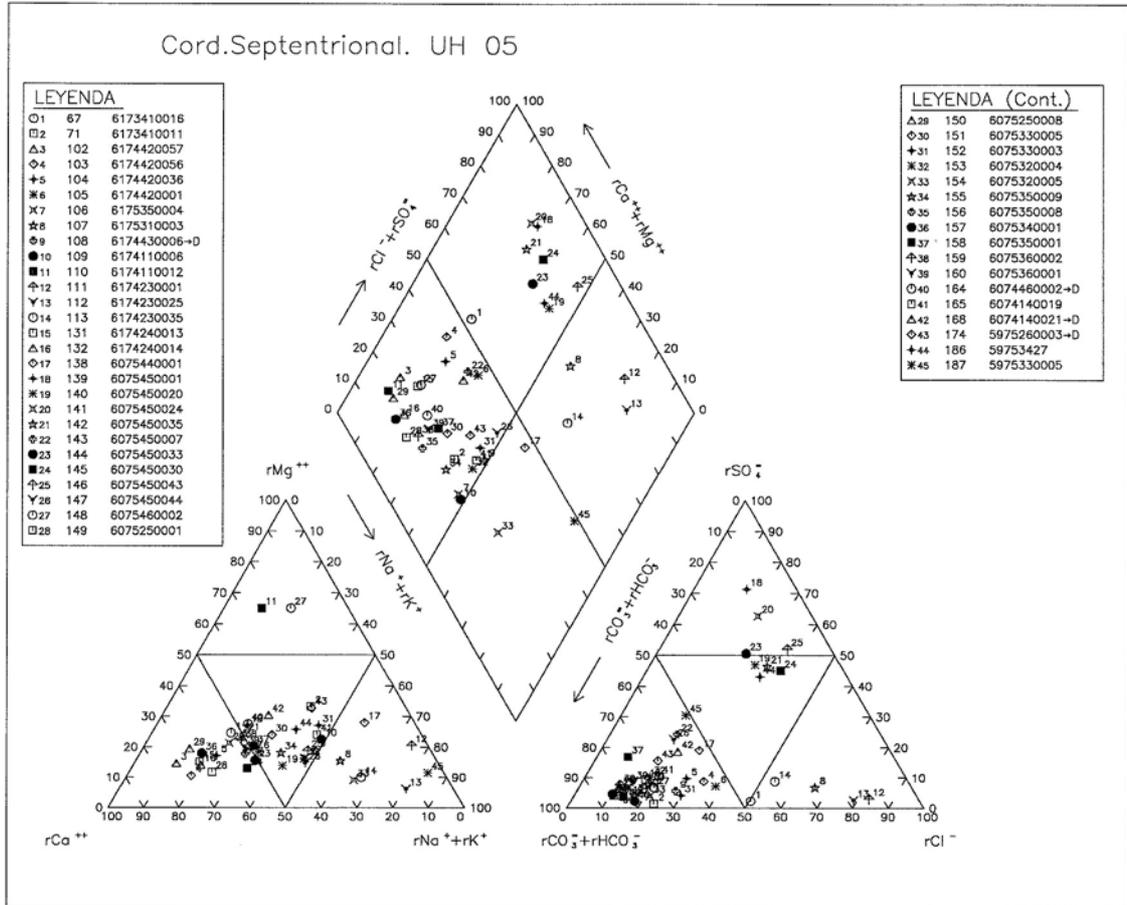


Figura 8.4. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 107, 111, 112 y 113 (UH. 05. Cordillera Septentrional).

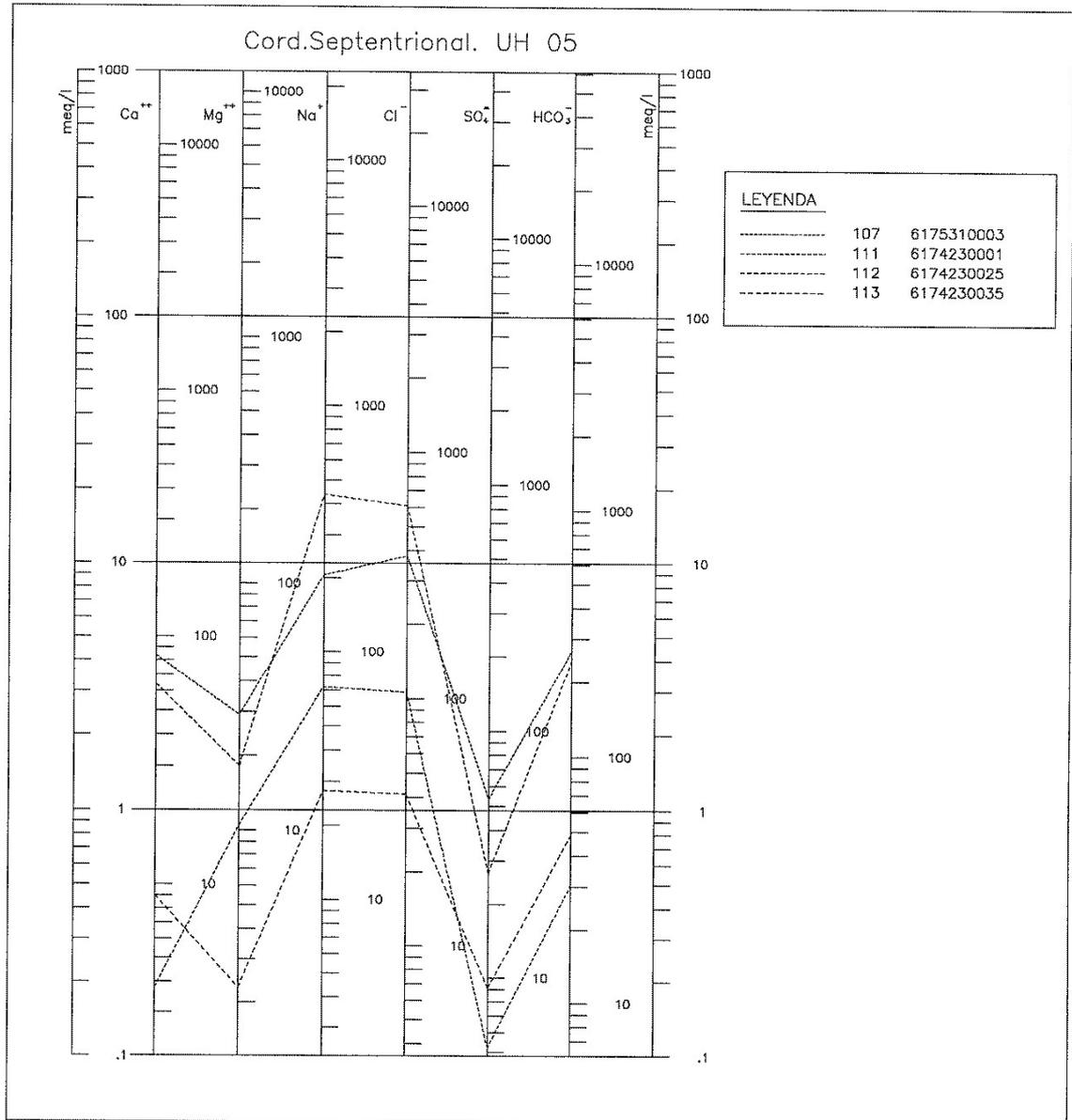


Figura 8.5. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 110 y 148 (UH. 05. Cordillera Septentrional)

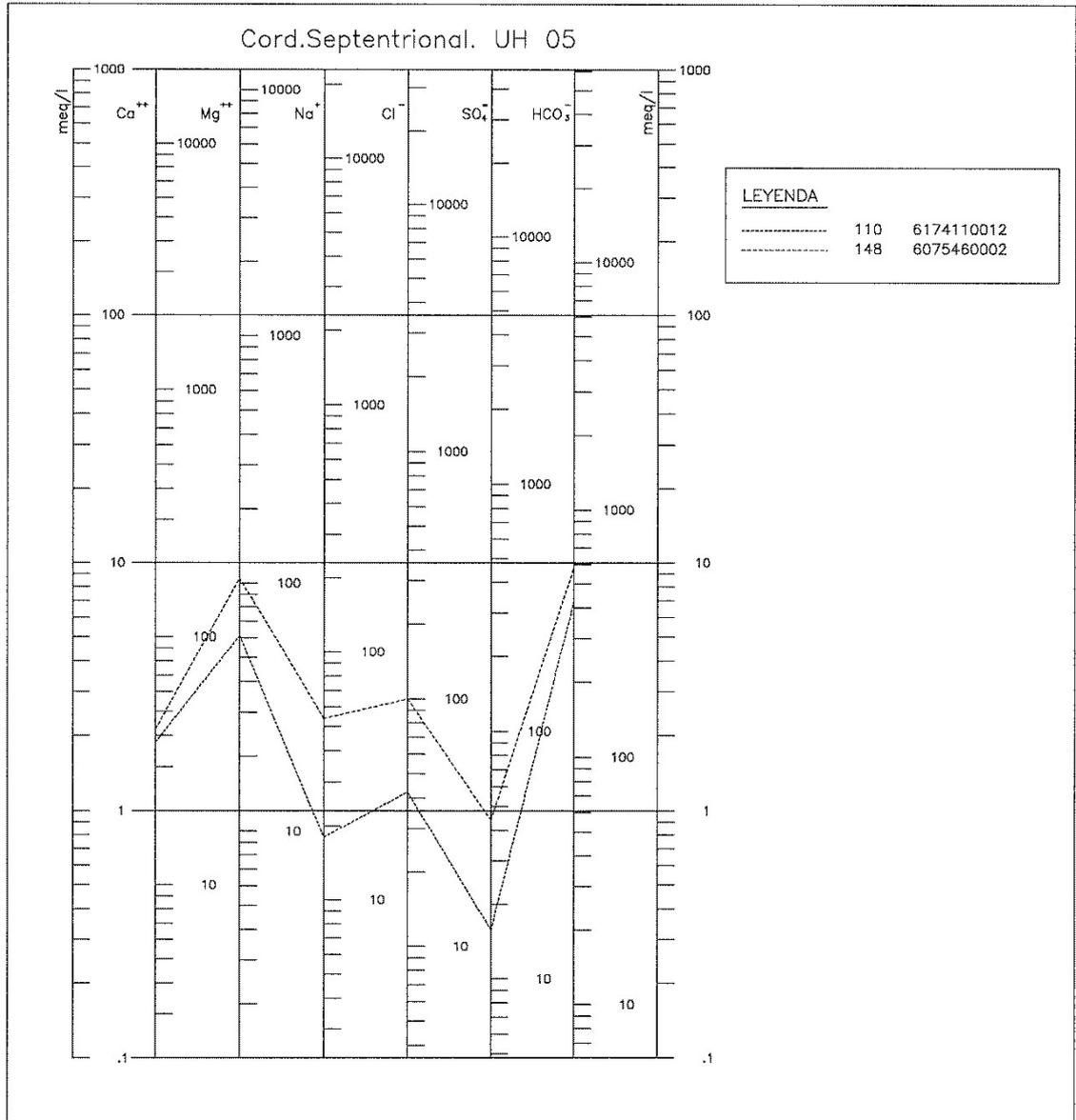


Figura 8.6. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 149 y 156 (UH. 05. Cordillera Septentrional)

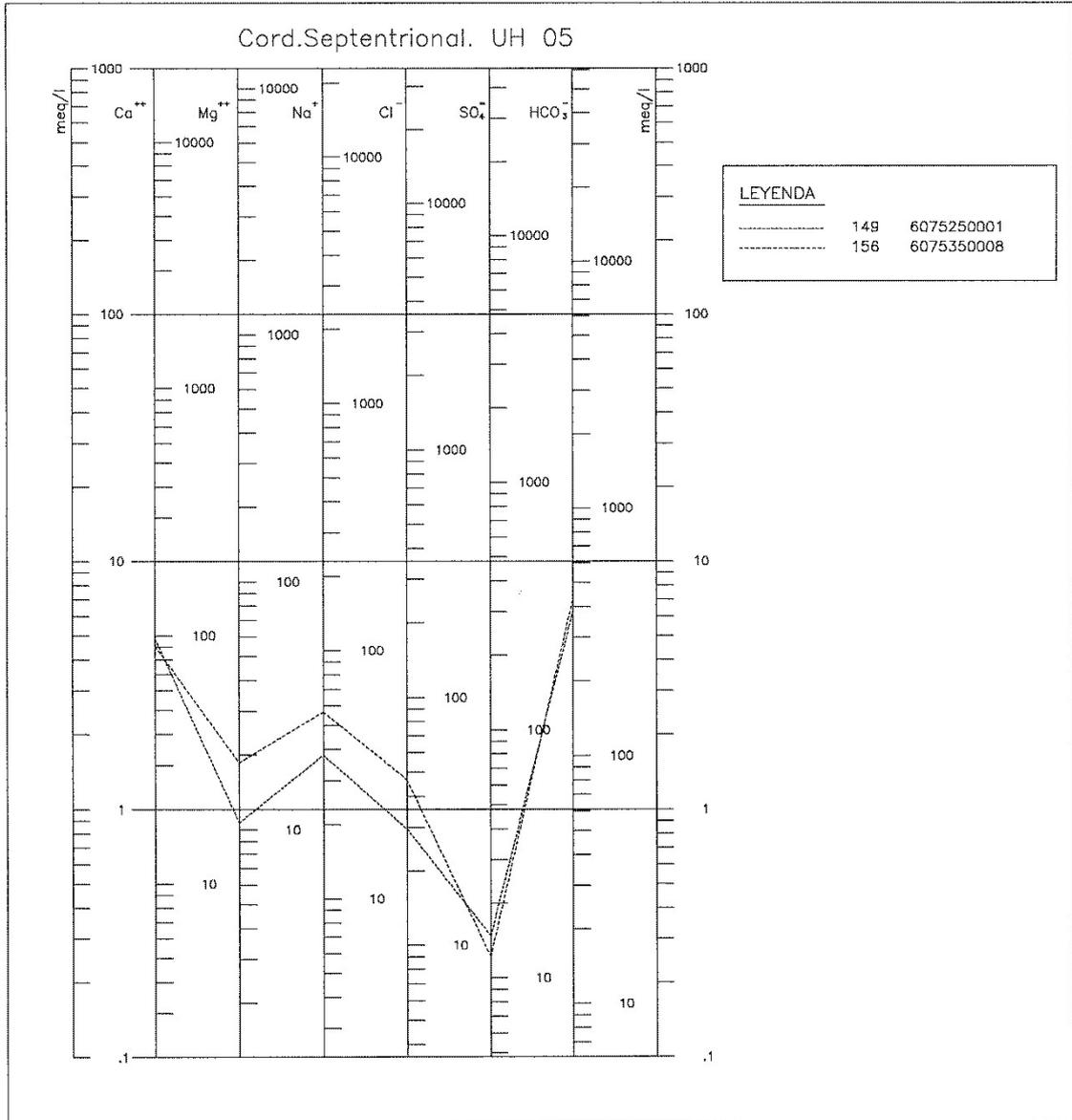
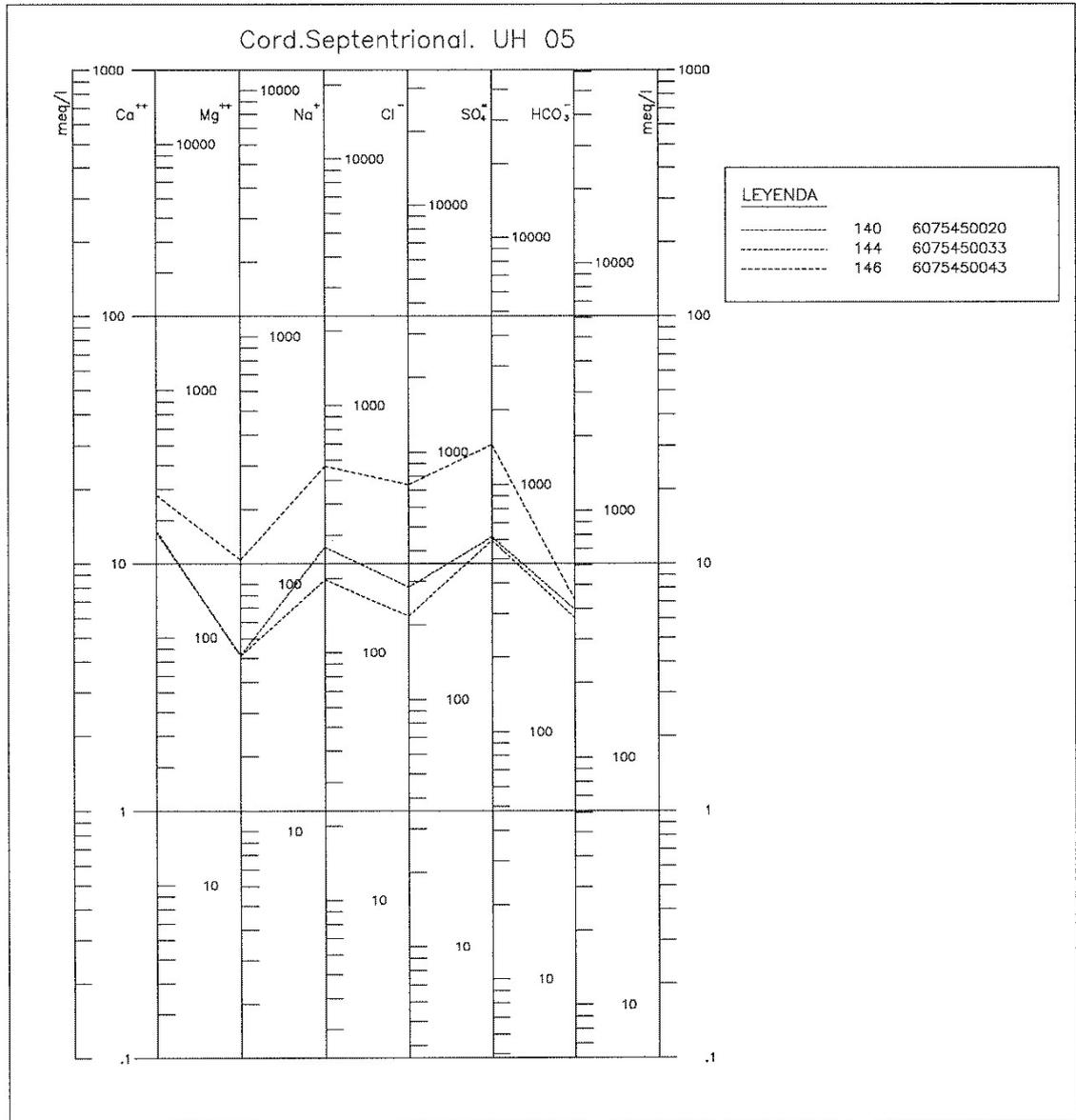


Figura 8.7. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 140, 144 y 146 (UH. 05. Cordillera Septentrional)



8.5. APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS

8.5.1. Abastecimiento

Para analizar la aptitud de las aguas analizadas para abastecimiento humano se ha llevado a cabo un estudio de las normas internacionales al respecto. Así, se consideran los límites establecidos para una serie de parámetros de interés, tanto en las Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua potable (1995), como en la República Dominicana (NORDOM, 1980) o en España (Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero). Los límites considerados se refieren a la última actualización realizada en cada caso. La OMS publica las modificaciones realizadas con una cadencia de unos 12 años.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados obtenidos se han comparado con los valores recogidos en las normas NORDOM (1980) de la República Dominicana. En algunos constituyentes no recogidos en NORDOM (sodio, amonio) se utilizan los valores fijados por la OMS.

Los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en la Cordillera Septentrional indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos en distintos parámetros (Cuadro 8.5.1 y Cuadro 8.5.2.). Así, se superan los límites en varias muestras, con respecto a calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, nitratos, amonio, dureza o total de sólidos disueltos. En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

En la figura 8.8. se observa la distribución espacial de las muestras en las que se superan los límites establecidos para aguas de abastecimiento. En cada una de las muestras se ha representado un círculo con tantos sectores como parámetros superan los límites de potabilidad para consumo humano.

Cuadro 8.5.1 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en la primera campaña en la UH. 05. Cordillera Septentrional para abastecimiento humano.

Límites NORDOM-80 u OMS-95			9,2	200	150	200 (OMS)			600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500	
Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)
67	6173410016	09/12/2003	1592	6,9	165	47	71	15,8	409	255	16	53	0,07	0,26	443	1206
71	6173410011	09/12/2003	1.270	6,8	72	55	125	3,5	592	109	9	13	0,03	0,22	411	776
102	6174420057	16/12/2003	826	6,8	123	15	22	1,5	397	55	21	7	0,02	0,14	371	547
103	6174420056	16/12/2003	1.273	6,6	179	16	51	2,0	397	138	48	14	0,03	0,22	513	834
104	6174420036	16/12/2003	1.095	6,5	122	21	51	0,0	366	100	46	15	0,00	0,20	393	696
105	6174420001	16/12/2003	1.394	6,7	136	31	106	3,2	488	199	51	3	0,03	0,13	471	866
106	6175350004	16/12/2003	1.008	6,6	82	22	118	7,3	512	52	35	13	0,02	0,17	299	615
107	6175310003	16/12/2003	1.643	7,0	83	29	205	0,9	268	380	53	4	0,01	<LD	330	981
108	6174430006_D	16/12/2003	1.284	6,8	81	29	141	2,0	470	114	32	5	0,06	1,08	325	749
109	6174110006	17/12/2003	1.278	6,5	79	38	152	3,9	653	86	15	2	0,04	0,24	433	780
110	6174110012	17/12/2003	791	6,8	38	61	18	2,0	427	42	16	7	0,03	0,33	346	529
111	6174230001	17/12/2003	403	5,1	4	10	72	1,5	31	106	5	15	0,03	<LD	53	385
112	6174230025	17/12/2003	2.270	6,4	64	18	437	22,5	244	608	27	14	0,09	0,26	235	1330
113	6174230035	17/12/2003	197	5,6	9	2	28	2,1	49	41	9	2	0,23	0,23	32	159
131	6174240013	30/12/2003	857	6,6	118	16	35	3,0	360	50	37	21	<LD	0,11	363	517
132	6174240014	30/12/2003	1010	6,4	145	19	45	5,0	506	40	35	23	0,03	0,17	441	551
138	6075440001	07/01/2004	2040	7,0	65	79	292	31,6	726	220	205	11	0,02	0,79	490	1231
139	6075450001	07/01/2004	4160	6,9	433	150	266	8,7	451	280	1824	9	0,03	1,26	1906	3910
140	6075450020	07/01/2004	2660	7,0	268	51	268	49,1	397	284	615	32	0,03	0,47	883	2031
141	6075450024	07/01/2004	3970	7,0	512	120	223	47,5	451	388	1475	0	0,06	0,04	1780	3391
142	6075450035	07/01/2004	3320	7,2	334	100	176	48,8	451	421	800	20	0,01	0,01	1252	2763
143	6075450007	07/01/2004	1047	7,0	107	23	66	8,6	323	63	109	40	0,02	0,14	364	713
144	6075450033	07/01/2004	2300	7,4	272	51	197	17,5	366	218	595	6	0,06	0,07	892	1824
145	6075450030	07/01/2004	3970	7,1	456	66	294	38,8	476	591	961	4	0,01	0,25	1416	3121
146	6075450043	07/01/2004	4960	7,4	378	126	569	38,5	433	738	1449	6	0,01	1,08	1470	4076
147	6075450044	07/01/2004	471	7,3	39	9	38	32,9	183	34	56	1	0,20	1,68	136	280
148	6075460002	07/01/2004	1241	7,1	43	105	54	6,5	586	100	44	22	0,04	0,03	543	924
149	6075250001	08/01/2004	668	6,7	97	11	38	4,0	384	29	15	5	0,01	0,11	287	395
150	6075250008	08/01/2004	574	6,8	79	14	16	4,0	305	25	19	4	0,17	<LD	256	331

Límites NORDOM-80 u OMS-95			9,2	200	150	200 (OMS)			600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500		
Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)	
151	6075330005	08/01/2004	938	6,7	90	31	82	3,9	433	66	39	15	0,17	0,08	355	583	
152	6075330003	08/01/2004	1377	6,9	80	48	147	14,0	561	149	28	29	0,05	<LD	402	847	
153	6075320004	08/01/2004	786	6,6	64	17	88	11,6	336	50	38	23	0,03	0,08	233	551	
154	6075320005	08/01/2004	1105	7,1	62	13	162	22,1	494	83	21	<LD	<LD	0,03	210	757	
155	6075350009	08/01/2004	680	7,3	66	17	70	3,3	360	44	16	5	<LD	0,02	237	408	
156	6075350008	08/01/2004	829	6,8	91	19	57	4,0	433	47	12	12	0,00	<LD	305	492	
157	6075340001	08/01/2004	467	7,4	64	11	17	4,0	244	18	10	2	<LD	<LD	204	274	
158	6075350001	08/01/2004	1125	7,3	118	30	86	0,8	543	38	97	9	0,72	0,09	419	694	
159	6075360002	08/01/2004	920	7,1	107	28	59	8,1	537	43	40	4	0,02	0,04	384	542	
160	6075360001	08/01/2004	636	7,1	67	16	36	10,2	317	34	28	8	0,03	<LD	233	361	
164	6074460002_D	09/01/2004	835	7,0	82	29	50	3,6	378	54	25	10	0,02	0,09	329	542	
165	6074140019	09/01/2004	978	7,3	59	29	101	11,7	384	67	46	5	0,03	0,16	270	627	
168	6074140021_D	09/01/2004	1046	6,9	88	41	70	10,9	384	82	95	29	0,04	0,13	392	768	
174	5975260003_D	12/01/2004	1413	6,8	90	68	139	37,2	641	100	119	19	0,10	0,12	510	1000	
186	59753427	13/01/2004	3090	6,9	245	112	327	4,9	549	429	766	7	0,01	<LD	1078	2469	
187	5975330005	14/01/2004	3680	7,8	29	46	620	26,2	1116	231	524	44	0,33	<LD	265	2515	
			Min	197	5,1	4	2	16	0,0	31	18	5	0	0,00	0,01	32	159
			Max	4960	7,8	512	150	620	49,1	1116	738	1824	53	0,72	1,68	1906	4076

	Límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano
	Valores que superan los límites establecidos en la normativa (NORDOM-80 u OMS-95)
	Rangos de variación de cada parámetro

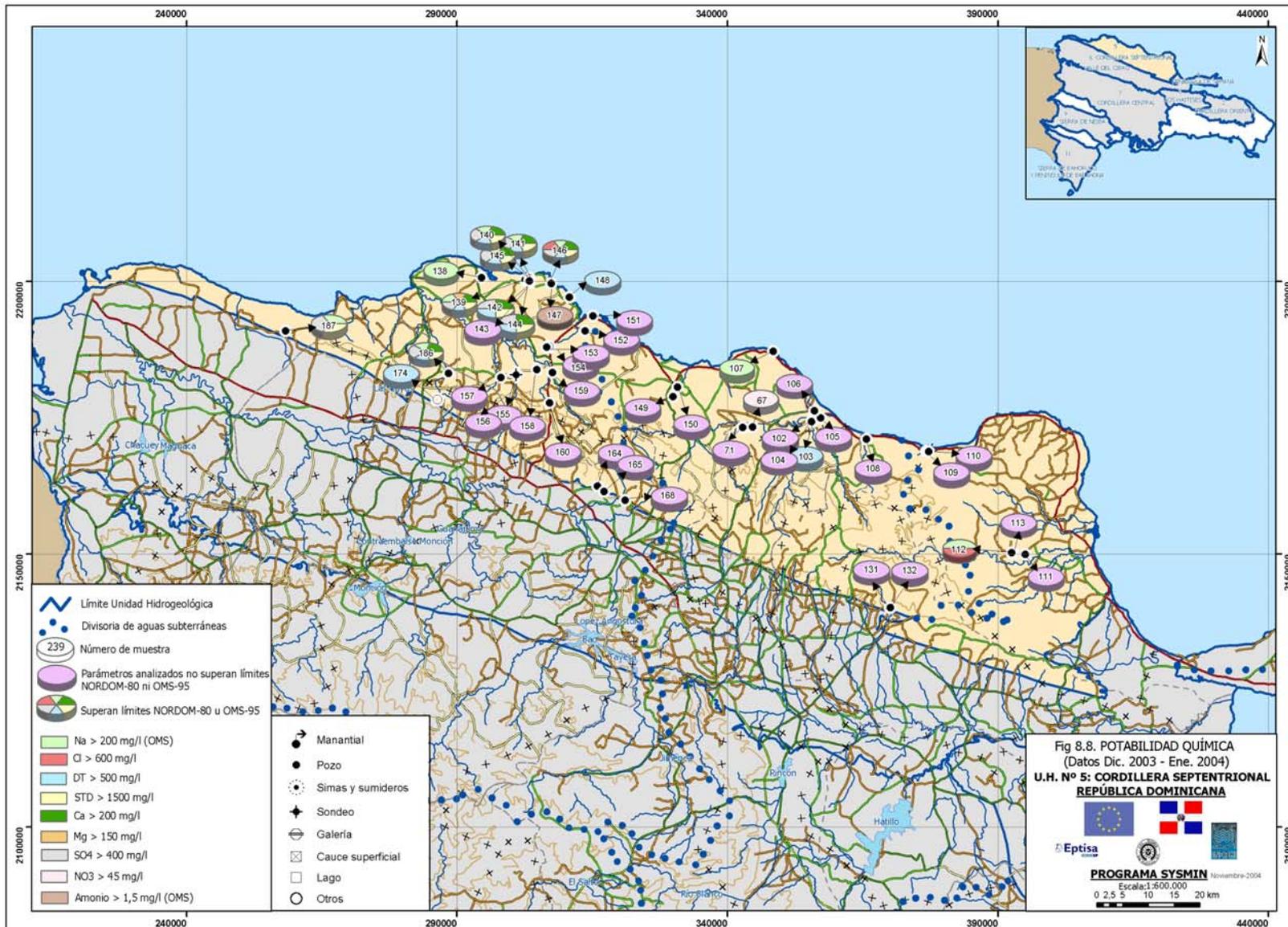
Cuadro 8.5.2 Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en la segunda campaña en la UH. 05. Cordillera Septentrional para abastecimiento humano.

Límites NORDOM-80 u OMS-95				9,2	200	150	200 (OMS)	600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500	
Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)
67	51	6173410016	06/05/2004	1485	6,5	121	79	53	229	8	39	0,01	<LD	634	1245
71	49	6173410011	06/05/2004	1023	6,6	67	68	55	80	12	20	0,02	<LD	451	672
102	221	6174420057	02/06/2004	1178	6,7	179	17	28	115	46	47	0,03	<LD	517	800
103	223	6174420056	02/06/2004	1196	6,3	169	23	51	113	45	19	0,04	<LD	400	667
104	222	6174420036	02/06/2004	990	6,7	132	20	27	70	41	20	0,04	<LD	414	642
105	224	6174420001	02/06/2004	1137	6,8	109	30	60	146	38	4	0,05	<LD	400	649
106	220	6175350004	02/06/2004	934	6,5	128	21	17	35	31	17	0,02	<LD	409	484
107	219	6175310003	02/06/2004	1520	7,1	71	29	185	336	48	11	0,01	0,03	301	907
108	225	6174430006_D	02/06/2004	1197	6,6	88	57	58	77	28	11	0,05	<LD	461	516
109	226	6174110006	02/06/2004	1120	6,4	94	51	37	87	2	1	0,04	0,01	447	670
110	227	6174110012	02/06/2004	861	6,6	38	74	14	49	3	14	0,03	0,30	404	670
111	103	6174230001	13/05/2004	399	6,0	3	13	57	112	1	17	0,03	<LD	63	313
112	104	6174230025	13/05/2004	1102	7,0	31	14	168	295	1	7	0,02	0,06	135	665
113	105	6174230035	13/05/2004	158	6,0	4	3	21	37	2	12	0,01	<LD	24	
131	57	6174240013	06/05/2004	992	6,8	132	14	38	96	69	35	0,02	<LD	389	759
132	56	6174240014	06/05/2004	918	6,5	115	25	26	37	38	24	0,09	0,08	394	654
138	202	6075440001	01/06/2004	1835	7,2	51	88	194	191	135	22	0,44	<LD	494	1162
139	203	6075450001	01/06/2004	3790	6,8	385	194	150	287	1248	6	0,03	0,19	1772	374
140	204	6075450020	01/06/2004	2330	7,0	248	52	138	240	600	14	0,01	<LD	837	1750
141	205	6075450024	01/06/2004	3490	7,0	462	82	168	308	1125	<LD	0,01	0,39	1500	3117

Límites NORDOM-80 u OMS-95					9,2	200	150	200 (OMS)	600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500
Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)
142	207	6075450035	01/06/2004	2530	6,9	256	82	123	261	600	31	0,21	0,03	983	2009
143	208	6075450007	01/06/2004	777	7,1	79	24	29	38	79	25	0,05	<LD	296	534
144	209	6075450033	01/06/2004	2570	7,0	254	70	135	344	525	4	0,15	<LD	926	1932
145	206	6075450030	01/06/2004	3040	6,8	327	85	149	470	600	25	0,27	<LD	1171	2301
146	210	6075450043	01/06/2004	4790	7,1	404	130	394	686	1375	4	0,01	0,28	1551	3983
147	211	6075450044	01/06/2004	2050	7,1	222	58	80	205	475	<LD	<LD	3,11	795	1706
148	212	6075460002	01/06/2004	1104	7,4	38	97	39	70	47	11	0,03	<LD	498	757
149	218	6075250001	02/06/2004	646	6,7	94	17	29	24	13	10	0,02	<LD	306	534
150	217	6075250008	02/06/2004	530	6,7	75	15	8	14	21	19	0,03	<LD	249	277
151	216	6075330005	02/06/2004	805	6,7	85	27	21	47	42	7	0,02	<LD	325	343
152	215	6975330003	02/06/2004	1330	6,7	75	67	69	148	37	38	0,04	<LD	466	886
153	214	6075320004	02/06/2004	693	6,3	56	26	36	40	42	24	0,04	0,08	249	526
154	213	6075320005	02/06/2004	1048	6,6	62	16	124	73	40	5	0,01	0,06	221	705
155	198	6075350009	01/06/2004	628	7,1	62	18	32	42	12	10	0,01	<LD	231	406
156	199	6075350008	01/06/2004	776	7,0	85	23	28	37	9	1	0,01	<LD	306	465
157	200	6075340001	01/06/2004	447	7,2	60	12	5	12	7	8	<LD	<LD	202	273
158	201	6075350001	01/06/2004	600	7,9	28	30	38	42	65	<LD	<LD	<LD	198	360
159	197	6075360002	01/06/2004	859	6,7	102	29	18	21	35	4	0,00	0,08	376	522
160	196	6075360001	01/06/2004	587	7,0	60	15	24	33	33	9	0,02	0,14	212	376
164	124	6074460002_D	19/05/2004	590	7,0	61	30	20	36	57	11	0,01	<LD	279	386
165	125	6074140019	19/05/2004	790	7,0	58	33	51	52	77	12	0,01	0,17	283	515
168	128	6074140021_D	19/05/2004	890	7,0	88	41	37	80	103	9	0,04	<LD	394	716

Límites NORDOM-80 u OMS-95					9,2	200	150	200 (OMS)	600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500	
Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)	
174	132	5975260003_D	19/05/2004	1250	7,0	86	70	68	95	131	26	0,04	<LD	509	824	
186	146	59753427	20/05/2004	2320	7,0	177	92	144	209	345	4	0,01	0,61	826	1745	
187	150	5975330005	20/05/2004	4110	7,0	96	221	375	461	740	61	0,05	2,62	1160	2286	
				Min	158	6,0	3	3	5	12	1	1	0,00	0,01	24	273
				Max	4790	8	462	221	394	686	1375	61	0,44	3,11	1772	3983

	Límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano
	Valores que superan los límites establecidos en la normativa (NORDOM-80 u OMS-95)
	Rangos de variación de cada parámetro



8.5.2. Regadío

A continuación se analiza la aptitud de las aguas subterráneas para regadío, considerando los problemas que en ocasiones puede plantear su utilización.

En la figura 8.9. se presenta la clasificación de las aguas analizadas para usos agrícolas, según la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Se trata de aguas con peligro de salinización bajo (C1), medio (C2), alto (C3) o muy alto (C4) y de alcalinización bajo (S1), medio (S2), alto (S3) o muy alto (S4).

La clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.) no considera las muestras que tienen conductividades extremadamente elevadas, superiores a 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puesto que no tiene sentido su utilización para uso agrícola.

Las aguas de la clase C1 tienen una salinidad baja, con conductividades comprendidas entre 100 y 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden aproximadamente a 64-160 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para la mayor parte de los cultivos.

Las aguas de la clase C2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales (alfalfa, trigo, zanahoria, cebolla, coliflor, etc.).

Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir plantas muy tolerantes a las sales (cebada, remolacha, espárragos, espinacas, etc.) y con posibilidad de controlar la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado.

Las aguas de la clase C4 son extremadamente salinas, con conductividades comprendidas entre 2250 y 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No son apropiadas en condiciones normales para el riego, sin embargo pueden utilizarse en algunos cultivos, si se trata de suelos permeables y de buen drenaje.

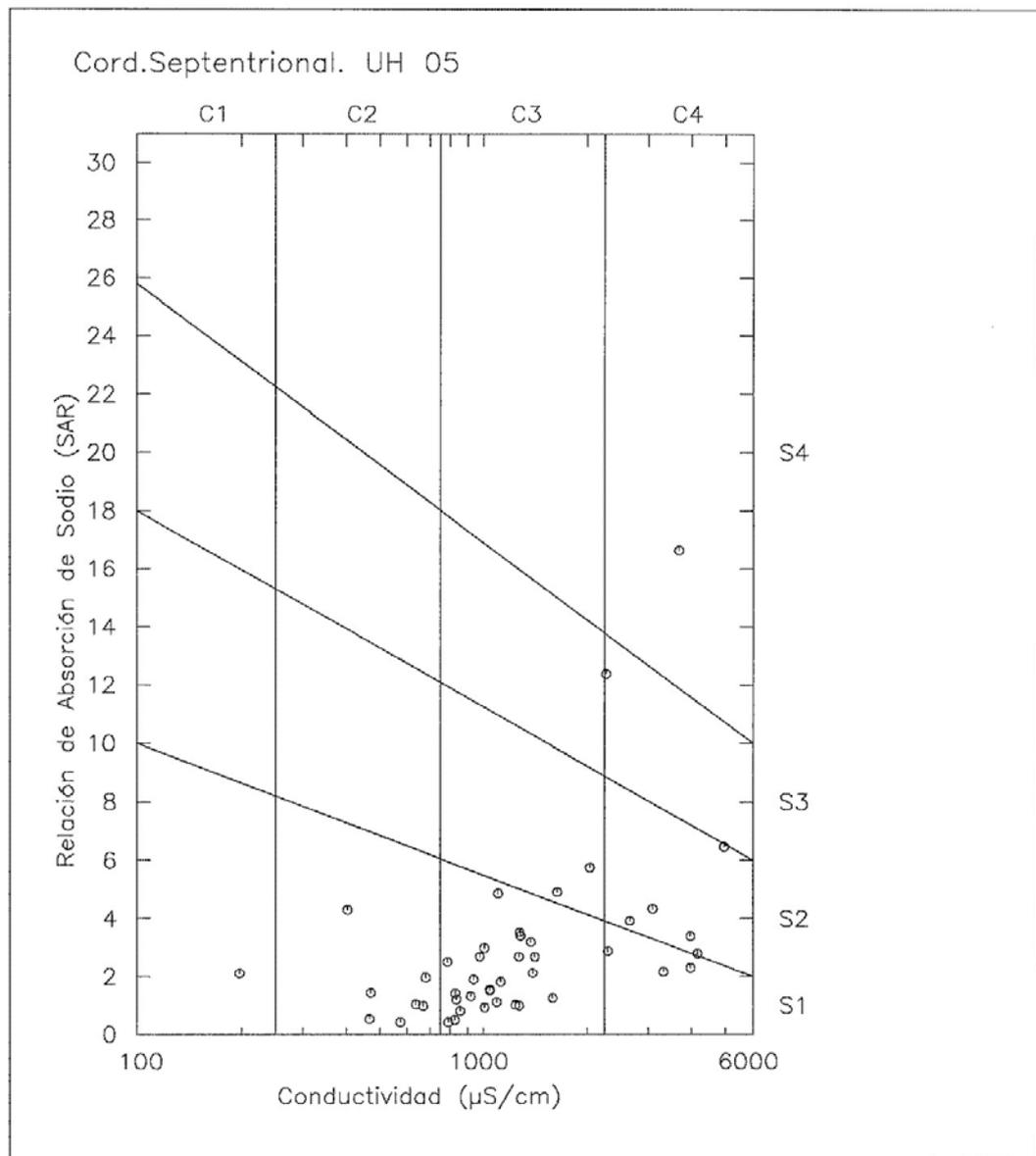
Con respecto al peligro de alcalinización del suelo, las aguas de la clase S1 son aguas bajas en sodio. Pueden usarse en la mayor parte de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Las aguas de la clase S2 son aguas de concentración media en sodio. Pueden representar un peligro en condiciones de lavado deficientes, en terrenos de textura fina con elevada capacidad de cambio catiónico si no contienen yeso.

Las aguas de la clase S3 son aguas de contenidos altos en sodio. Con su utilización agrícola puede alcanzarse un límite de toxicidad de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que es preciso un buen drenaje y realizar lavados intensos y adiciones de materia orgánica. En los suelos yesíferos el riesgo es menor.

Las aguas de la clase S4 son aguas de concentraciones muy altas en sodio. En general no son adecuadas para riego.

Figura 8.9. Clasificación de las aguas para riego según el procedimiento del U.S. Salinity Laboratory Staff.



8.5.3. Distribución espacial de la calidad del agua subterránea

Para estudiar la distribución espacial que presentan las aguas subterráneas analizadas, se ha elaborado un mapa hidroquímico de distribución de facies.

En el Plano 8.1 se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En el Plano 8.1. se observa que existe una gran heterogeneidad, tanto en las facies hidroquímicas, como en la salinidad que presentan las aguas analizadas.

En especial, destaca la variación existente en la Subunidad Luperón-Guayacanes, en los pozos que explotan los depósitos cuaternarios (*Q*) y los conglomerados y areniscas miocenas de la formación *Mcg*, ampliamente representados entre los núcleos de Luperón y Puerto Plata. En esta zona predominan las facies sulfatadas o sulfatadas-cloruradas de elevada salinidad y composición mixta cálcico-sódica o cálcico-magnésica.

Por otra parte, en el sector centro-meridional de esta subunidad, y en la Subunidad Sabaneta-El Choco predominan las aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, o cálcico-sódicas de baja salinidad, relacionadas con depósitos calcáreos de las formaciones *P/c* (calizas arrecifales pliocenas) y *T/* (Terciario indiferenciado).

En la Subunidad Cabo Francés- Guaconejo predominan las facies cloruradas sódicas asociadas a depósitos cuaternarios de terrazas fluviales *Qa*, existentes entre los núcleos de Rio San Juan y Nagua. Como ya se ha indicado, estas muestras de agua subterránea reflejan la influencia del mar, y al igual que la muestra nº 107 (procedente de un pozo situado en la Subunidad Sabaneta- El Choco, dentro del municipio de Sabaneta de Yasica), pueden indicar la existencia de procesos de intrusión marina. No obstante, se trata de fenómenos puntuales, restringidos a los depósitos cuaternarios que explotan estos pozos.

9. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO

9.1. RECARGA

La recarga de la Zona o U.H. de la Cordillera Septentrional se produce, fundamentalmente, por cuatro vías preferenciales:

- Infiltración directa del agua de la lluvia precipitada sobre los afloramientos permeables.
- Retornos de riego e infiltración desde canales.
- Infiltración desde cauces superficiales (de forma muy localizada y minoritaria).

La evaluación de los distintos tipos de recarga, que, posteriormente, servirán para elaborar los balances tentativos realizados, se han realizado tanto a nivel general de zona o unidad hidrogeológica, como, de forma pormenorizada, por subzonas o subunidades de funcionamiento hidrogeológico.

Recarga por infiltración directa del agua de la lluvia

Constituye, sin duda, la componente más importante de la recarga de esta unidad hidrogeológica, que se produce por infiltración de la lluvia precipitada sobre las superficies de los materiales permeables aflorantes, tanto de tipo carbonatado (809 km²), como detrítico (1771 km²). Estas superficies constituirán las áreas de recarga, en las que se producirá la infiltración en función del tipo de permeabilidad que presenten los diferentes materiales aflorantes.

En el caso de los materiales carbonatados (calizas arrecifales pleistocenas y calizas eocenas) la infiltración y circulación se producirá a través de la fisuración y fracturación, y a partir de la cual se ha desarrollado un importante aparato kárstico, con abundantes formas de absorción (cerradas o dolinas, y abiertas o simas).

Con estas condiciones, ha podido desarrollarse un karst completo, en el cual se identifican tres zonas de funcionamiento, en la vertical:

- Zona superior seca, en la cual predomina la circulación vertical descendente.
- Zona intermedia o semihúmeda, con dominio de la circulación vertical ascendente o descendente, alternativamente, y tendencia a la horizontal.
- Zona húmeda, con dominio de la circulación ascendente y cuya parte superior está limitada y definida por la superficie piezométrica.

Por su parte, en el caso de los materiales detríticos (conglomerados y areniscas del Mioceno y del Eoceno, y depósitos cuaternarios de diferente tipo), la infiltración y circulación se producirá a través de la porosidad intersticial, conformando unas zonas saturadas menos potentes (con menores espesores) que en los acuíferos kársticos, pero que presentarán una circulación más lenta y, por tanto, con un mayor efecto regulador. En estos materiales se incluyen también las rocas volcanosedimentarias fisuradas.

La distribución, por subunidades, de las superficies de recarga, es la siguiente:

Cuadro 9.1.1. Distribución por subunidades de las superficies de recarga

SUBUNIDADES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES CARBONATADOS (en km²)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES DETRÍTICOS (en km²)
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	335.9	536.4
LUPERÓN-GUAYACANES	89.4	455.8
SABANETA-EL CHOCO	383.6	778.8
TOTALES	809	1 771

En lo referente a la estimación del volumen de recarga por infiltración directa del agua de la lluvia, éste se ha realizado de la siguiente forma:

- La superficie de recarga total (de la unidad completa), así como su distribución por las denominadas subunidades de funcionamiento, se han calculado mediante la cuantificación de sus áreas ocupadas por materiales permeables (en km²) con el Sistema de Información Geográfica utilizado (ARC/INFO). Con el citado método, aplicado sobre la cartografía de síntesis hidrogeológica elaborada en los primeros meses del proyecto, se ha estimado una superficie total de materiales permeables para todo el ámbito de la unidad de la Cordillera Septentrional de 2580 km², que suponen el 54% de la superficie total de la unidad (4774 km²).
- La lluvia útil se ha obtenido del análisis de series históricas de datos de precipitaciones y temperaturas aportados por las estaciones climáticas existentes en el área de la unidad (o en sus proximidades) y desarrollado en el capítulo de Climatología. Dicho estudio ha dado como resultado una lluvia útil anual media, para año medio, de 239 mm, lo cual representa casi el 14% de la precipitación anual media ponderada (1757 mm), de 411 mm para año húmedo (18.5% de los 2215 mm de precipitación media

ponderada de año húmedo), y de 90.7 mm para año seco (7% de los 1313 mm de precipitación media ponderada de año seco). La ponderación de la precipitación se ha obtenido teniendo en cuenta el área de afección de cada estación.

- Asimismo, de la estimación de la componente subterránea de dicha lluvia útil que descarga a los ríos, o aportaciones totales, se ha obtenido a partir de los datos presentados en el estudio climatológico e hidrológico, mediante la descomposición de los hidrogramas en seis estaciones de aforo con datos históricos en el ámbito de la unidad (El Estrecho, Imbert, Yásica, Los Brazos, Los Jengibres y Cinta Negra), de los que se desprende entre un 5% de aportación mínima y en un 16% de aportación máxima), resultando una componente subterránea comprendida entre 5 y 17 mm para año seco, entre 19 y 61 mm para año medio y entre 38 y 122 mm para año húmedo.
- Finalmente, la recarga por lluvia se ha estimado como producto de la componente subterránea de la lluvia útil media de cada subunidad por su superficie permeable de recarga en km², lo cual supone un volumen anual renovable medio del orden de los 107 hm³ para año seco, 272 hm³ para año medio y de 467 hm³ para año húmedo.

La distribución de dichos recursos por subunidades, para año seco, es la siguiente:

Cuadro 9.1.2. Distribución de recursos por subunidades (para año seco)

SUBUNIDAD	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km²)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm³)
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	48.8	872.3	42.5
LUPERÓN-GUAYACANES	11.5	545.4	6.2
SABANETA-EL CHOCO	50.4	1162.2	58.5
TOTALES/MEDIAS	36.9	2580	107.2

Para año medio, la distribución de dichos recursos por subunidades la siguiente:

Cuadro 9.1.3. Distribución de recursos por subunidades (para año medio)

SUBUNIDAD	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km ²)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm ³)
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	130	872.3	113
LUPERÓN-GUAYACANES	30.8	545.4	16.8
SABANETA-EL CHOCO	122.8	1162.2	142
TOTALES/MEDIAS	88	2580	271.8

Para año húmedo, la distribución de dichos recursos por subunidades la siguiente:

Cuadro 9.1.4. Distribución de recursos por subunidades (para año húmedo)

SUBUNIDAD	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km ²)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm ³)
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	221.3	872.3	193
LUPERÓN-GUAYACANES	60.3	545.4	33
SABANETA-EL CHOCO	207.5	1162.2	241
TOTALES/MEDIAS	167.6	2580	467

Recarga por retorno de riego e infiltración desde canales

El segundo tipo de recarga de la unidad de la Cordillera Septentrional, en porcentaje volumétrico, es el producido por retorno de riego e infiltración desde canales. Dicha recarga, y de acuerdo con el estudio agronómico incluido en el capítulo 3, se producirá, fundamentalmente, en las áreas donde se ubican los principales sistemas de riego de la unidad, que se distribuyen, esencialmente, por sus zonas de borde y depresiones interiores. La superficie actual de riego dentro de todo el ámbito de la unidad se estima en 14147 Ha, cuya distribución, por distritos, zonas y sistemas de riego, es la siguiente:

Cuadro 9.1.5. Distribución de la superficie actual de riego dentro de la unidad

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuentes de suministro de agua
Luperón Guayacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	Río Bajabonico
			Total	2563.2	
Cabo Francés Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	Río Bacul
			Boba	7725.12	Río Boba/captaciones
			Cerro al Medio	1328.34	Río Boba
			Ochoa	687.18	Río Bacul
			Sn	850.37	Río Bacul
			Total	11159.92	
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				13723.12	

Para la cuantificación de la recarga por retorno de riego e infiltración desde canales se ha partido de la mencionada identificación de las superficies de riego existentes actualmente, dentro del ámbito de cada subunidad y de los volúmenes de agua que aplican en cada distrito y zona de riego (todo ello estudiado, con detalle, en el capítulo 3 de esta Memoria), a los que se ha aplicado, posteriormente, la estimación de la proporción o parte de los mismos que se termina infiltrando y retornando a la zona saturada del acuífero.

Para una dotación de riego variable entre 7557 y 8260 m³/Ha/año (ver apartado 3.4), el volumen total de agua aplicada en riego dentro del ámbito de la unidad es del orden de 105 hm³/año, la cual, en su mayor parte, se aplica con riego a manta y por inundación. Con este tipo de riego se estima que el volumen infiltrado o de retorno de riego debe de estar comprendido entre el 15 y el 20% del volumen total aplicado, lo que supone un volumen variable entre los 16 y los 21 hm³/año.

La distribución de dichos recursos por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.1.6. Distribución de las recargas por retorno de riego por subunidades

SUBUNIDAD	SUPERFICIE DE RIEGO (en Ha)	VOLUMEN ANUAL DE AGUA APLICADA (en hm ³)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR RETORNOS DE RIEGO (en hm ³)
Cabo Francés-Guaconejo	11159.92	84.34	13-17
Luperón-Guayacanes	2563.2	21.17	3-4
TOTALES	13723.12	105.51	16-21

Estas recargas se incorporarán a la zona saturada de las diferentes formaciones permeables infrayacentes (generalmente depósitos fluviales cuaternarios) y a sus flujos subterráneos, cuyas descargas se comentarán en el apartado de descargas.

Recarga por infiltración desde cauces superficiales

La recarga por infiltración desde cauces superficiales es mínima o nula dentro en la Unidad Hidrogeológica de Cordillera Septentrional, ya que los principales cauces de la misma funcionan como cauces drenantes o ganadores y, por tanto, como ejes de descarga de los recursos superficiales y subterráneos de los acuíferos de la unidad.

9.2. DESCARGA

Las descargas de la U.H. de la Cordillera Septentrional se producen, básicamente, por cuatro vías preferenciales:

- Drenajes por cauces superficiales.
- Salidas por manantiales y emergencias de distintos tipos, tanto subaéreas, como submarinas (en el caso de los afloramientos carbonatados de la Cabrera, Sabaneta y Luperón, en las tres subunidades).
- Extracciones por bombeos.
- Descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas.

Al igual que se hizo en el apartado de recarga, la evaluación de los distintos tipos de descargas, que, posteriormente, servirán para elaborar los balances tentativos realizados, se han realizado tanto a nivel general de zona o unidad hidrogeológica, como, de forma pormenorizada, por subzonas o subunidades de funcionamiento hidrogeológico.

Los datos de aforos históricos con los que poder establecer las descargas de la unidad de La Cordillera Septentrional para diferentes tipos de años (medios, húmedos y secos) son muy escasos, por lo que se han estimado, en su mayor parte, con los datos procedentes de las campañas de control foronómico del presente estudio que deberán compararse, por tanto, con los de las entradas estimadas para los años climatológicamente en los que se clasifique.

Drenajes por cauces superficiales

Como ya se ha comentado en distintos apartados anteriores, los principales cauces superficiales relacionados con la unidad funcionan como cauces drenantes y como ejes de descarga de los recursos superficiales y subterráneos de los acuíferos de la unidad.

La red foronómica controlada en el presente proyecto consta de dos afloros diferenciales situados en las subunidades de Sabaneta-El Choco (en el río Yásica) y Cabo Francés-Guaconejo (en el río Boba). Aún así, no se tienen datos de afloros diferenciales en detalle, con lo que los datos de aforo no van a dar una idea real de los aportes subterráneos, sino que van a tener que ser estimados mediante la descomposición de los hidrogramas a partir de las series históricas de afloros.

Con los afloros de los ríos Bajabonico, Yásica y Boba, correspondientes a los afloros históricos de El Estrecho, Los Brazos y Los Jengibres respectivamente, se estima que quedan controladas del orden del 85% de las salidas a través de la red hidrográfica. Entre los afloros históricos y los actuales se ha estimado el volumen total de salidas subterráneas por cauces superficiales en 220.5 hm³/año.

Las mayores salidas registradas, mediante drenajes subterráneos, se producen en la subunidad de Sabaneta-El Choco, y dentro de esta, principalmente a través del río Yásica, con un volumen en torno a 127 hm³/año. Este río drena grandes afloramientos de calizas arrecifales pliocenas (Plc) y conglomerados y areniscas miocenas.

En la subunidad de Luperón Guayacanes, al oeste de la unidad, el drenaje subterráneo hacia la red hidrográfica se estima en 11 hm³/año, siendo su cauce principal el del río Bajabonico, que drena principalmente materiales impermeables o de muy baja permeabilidad, como los terciarios indiferenciados.

En la zona este de la unidad, en la subunidad de Cabo Francés-Guaconejo, las descargas subterráneas a la red hidrográfica son del orden de 82 hm³/año, siendo su principal cauce el del río Boba.

Salidas por manantiales y emergencias de distintos tipos

Las salidas a través de manantiales y otras emergencias de distintos tipos se consideran, en la Unidad Hidrológica de Cordillera Septentrional, de escasa entidad y difícil cuantificación, ya que únicamente existen dos manantiales inventariados dentro de los límites de dicha unidad. No obstante, se considera que las salidas que se produzcan de esta manera, a excepción de las

salidas directas al mar (que serán importantes en algunos sectores), pasarán a escurrentía superficial siendo controladas por la red foronómica.

Descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas

Como ya se comentó en el apartado de Relaciones con Unidades Contiguas, las descargas laterales son de pequeña entidad, aunque están situadas únicamente en el sector sureste de la unidad, en la subunidad de Cabo Francés, desde los conglomerados y areniscas miocenas hacia los materiales cuaternarios del Valle del Cibao. Estas descargas, en año medio, se han estimado en 2 hm³/año.

Extracciones por bombeos.

Por último, las extracciones por bombeos se distribuyen, fundamentalmente, por las zonas de borde de la unidad, por las depresiones y valles del oeste y este de la unidad (los valles de los ríos Bajabonico y Boba respectivamente), que es donde se concentran las demandas para usos humanos y agrícolas.

Fundamentalmente responden a extracciones efectuadas con pozos de escasa profundidad (menores de 30 m), y limitado diámetro de entubación (inferior a 150 mm), que explotan acuíferos superficiales y libres, básicamente del tipo depósitos cuaternarios (aluviales y terrazas fluviales, abanicos, zonas de alteración superficial, etc.), y muy raramente las calizas arrecifales del Plioceno.

En cuanto a las extracciones para usos humanos, la población abastecida con aguas subterránea se estima (para el año 2004) en 587 697 habitantes dentro del ámbito de esta unidad hidrogeológica, y el volumen total extraído anualmente para dichos usos, aplicando una dotación teórica de consumo individual de 222 l/habitante/día, del orden de 22 hm³/año, cuya distribución por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.2.1. Distribución de las extracciones para usos humanos, por subunidades

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	NÚMERO DE HABITANTES ABASTECIDOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	DOTACIÓN POR HABITANTE (en l/habitante/día)	VOLUMEN DE EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS PARA USOS HUMANOS (en hm³/año)
SABANETA-EL CHOCO	311 993	222	11.5
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	109 901	222	4.2
LUPERÓN-GUAYACANES	165 803	222	6.3

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	NÚMERO DE HABITANTES ABASTECIDOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	DOTACIÓN POR HABITANTE (en l/habitante/día)	VOLUMEN DE EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS PARA USOS HUMANOS (en hm ³ /año)
TOTALES	587 697	222	21.9

En cuanto a las extracciones para usos agrícolas, en el ámbito de la unidad se riegan con recursos subterráneos 13 723.12 Ha, que corresponden a los Distritos de Riego de Alto Yaque del Norte (Zona de riego de Santiago) y Bajo Yuna (Zona de riego de Nagua).

Estimándosele unas dotaciones medias de agua entre 7557 y 8260 m³/año/ha, los volúmenes extraídos para dicho uso deben ser del orden de los 9.5 hm³/año, los cuales se distribuyen entre las subunidades Luperón-Guayacanes (1.06 hm³/año) y Cabo Francés-Guaconejo (8.43 hm³/año).

Cuadro 9.2.2. Distribución de las extracciones para usos agrícolas, por subunidades

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm ³)	Total extracciones (hm ³)
Luperón	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	21.17	1.06
Guayacanes			Total	2563.2	21.17	1.06
Cabo Francés	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	4.30	0.43
Guaconejo			Boba	7725.12	58.38	5.84
			Cerro al Medio	1328.34	10.04	1.00
			Ochoa	687.18	5.19	0.52
			Sn	850.37	6.43	0.64
			Total	11159.92	84.34	8.43
TOTAL EXTRACCIONES EN LA UNIDAD				13723.12	105.51	9.49

Por consiguiente, las extracciones totales por bombes dentro de la unidad se estiman, para un año medio, entre 31 y 32 hm³/año, cuya distribución, por subunidades de funcionamiento, es la siguiente:

Cuadro 9.2.3. Distribución de las extracciones totales por bombes

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	BOMBES PARA USOS HUMANOS (en hm ³ /año)	BOMBES PARA USOS AGRÍCOLAS (en hm ³ /año)	VOLUMEN DE EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS TOTALES POR BOMBES (en hm ³ /año)
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	4.17	8.43	12.06

LUPERÓN-GUAYACANES	6.3	1.06	7.36
SABANETA-EL CHOCO	11.47	-	11.47
TOTALES	21.94	9.49	31.43

Descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas

Como ya se comentó en el apartado de relaciones con Unidades Contiguas, se producirán descargas subterráneas por el zona sureste, en la subunidad de Cabo Francés-Guaconejo, del orden de los 2 hm³/año.

9.3. ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO

Introducción: Términos del balance y condicionantes de partida

El balance hídrico subterráneo de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional solamente puede establecerse, en esta fase de conocimiento de la citada unidad, de forma estimativa o tentativa, debido a que, hasta la fecha, no se conocen suficientemente, y con el grado de exactitud necesario, una serie de parámetros básicos para la cuantificación detallada de determinados términos del balance, como son la infiltración eficaz en las distintas formaciones permeables y acuíferas, la totalidad de las importantes descargas subterráneas a los cauces fluviales, las posibles conexiones con unidades contiguas y la variación de almacenamiento o reservas.

No obstante de las mencionadas limitaciones de partida, se plantea un balance hídrico tentativo, basado en los datos históricos disponibles y en los proporcionados por el presente estudio, para el que se ha utilizado la ecuación clásica del balance hídrico:

Entradas - Salidas - Variación de Almacenamiento (Reservas) = Error de Cierre.

Al tratarse de un balance hídrico de aguas subterráneas, en el que se desconoce la Variación de Reservas (al no disponerse de información suficiente sobre la geometría de los acuíferos en profundidad y sobre la evolución histórica de sus zonas saturadas) se han considerado, únicamente, los siguientes términos del balance hídrico subterráneo:

Entradas

- IP: Infiltración o recarga en el terreno procedente de la precipitación sobre los afloramientos permeables.
- IRC: Infiltración o recarga procedente de aguas superficiales (ríos, arroyos y lagunas).
- IRR: Infiltración o recarga procedente de retornos de riego e infiltración desde canales.
- QAC: Entradas laterales y subterránea procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes.

Salidas

- DR: Descarga de agua subterránea por cauces superficiales.
- QM: Salida de agua subterránea por manantiales y emergencias de distintos tipos, tanto subaéreas, como submarinas.

- Qs: Salida de agua subterránea por conexión con unidades limítrofes.
- B: Extracciones de agua subterránea por bombeos.

Como **límites** de las regiones o zonas en las cuales se efectúa el balance se ha utilizado el de los dos niveles de identificación de funcionamiento hidrogeológico presentado en los apartados anteriores: el de la unidad o zona hidrogeológica y, dentro de esta, el de las subunidades hidrogeológicas. Con ello se permitirá aplicar de forma fácil las cuantificaciones de recargas y descargas incluidas en el apartado de Funcionamiento Hidrogeológico y obtener los términos de entradas y salidas de los balances (al corresponder a zonas de funcionamientos hidrogeológicos con características particulares).

Como intervalo de tiempo de los balances hídricos presentados se han establecido balances **Interanuales**: para intervalos de varios años hidrológicos tipos de la serie histórica disponible (años secos, medios y húmedos).

Finalmente, como **unidades del balance** se ha establecido el $\text{hm}^3/\text{año}$, al tratarse de la unidad más apropiada para los volúmenes manejados en los intervalos o períodos de tiempo considerados.

Balances Interanuales

Se ha considerado de interés el establecer balances estimativos para intervalos de varios años hidrológicos tipos de la serie histórica disponible (años secos, medios y húmedos), como referencia para posibles planificaciones de recursos subterráneos de la unidad, así como por considerarse que en intervalos de varios años los posibles cambios en el almacenamiento tendrán una menor incidencia en la ecuación del balance, frente a otros términos del mismo. Estos balances hídricos subterráneos, y como ya se ha comentado anteriormente, responden únicamente a cálculos estimativos y proporcionales, en función de los siguientes parámetros: superficies de recarga (de materiales permeables) de cada subunidad, datos de lluvia útil, porcentaje de escorrentía subterránea de dicha lluvia útil, aforos históricos y del proyecto, y extracciones. La descripción de la metodología y de las diferentes estimaciones volumétricas aplicadas a cada uno de los mencionados parámetros ya se han incluido en los apartados de Climatología, Aforos y Funcionamiento Hidrogeológico (Recarga y Descarga).

Por otra parte, los términos difícilmente cuantificables de forma directa (como son las conexiones con unidades limítrofes y las descargas al mar) se han estimado como diferencias

en la ecuación del balance y solamente podrán establecerse con mayor precisión cuando, en el futuro, se disponga de datos reales y suficientes sobre la infiltración eficaz en las distintas formaciones permeables y acuíferas, la totalidad de las importantes descargas subterráneas a los cauces fluviales, las posibles conexiones con unidades contiguas y la variación del almacenamiento o reservas en las distintas formaciones acuíferas que se han diferenciado dentro de los límites de la unidad.

El establecimiento de los módulos de años tipo (secos, medios y húmedos) para todo el conjunto del ámbito de la unidad hidrogeológica es complejo, debido a las importantes diferencias climatológicas que existen de unos sectores a otros dentro de la citada unidad. Los módulos se han establecido, por tanto, para cada una de las diez estaciones climáticas con datos históricos utilizadas. No obstante de la citada heterogeneidad climatológica (que se analiza, con el debido detalle, en el citado Capítulo de Climatología), se han establecido unos límites medios de referencia para cada año tipo, que son los que se han utilizado para el establecimiento de los balances Interanuales.

Años secos

De acuerdo con el Estudio Climatológico realizado (Capítulo 4), en el ámbito de esta unidad hidrogeológica se han considerado como años climatológicamente secos, aquellos cuya pluviometría anual media no supera los 1099.2 mm.

El balance de aguas subterráneas para dichos años secos (con datos medios), es el siguiente:

Entradas:

Cuadro 9.3.1. Balance de aguas subterráneas para años secos (entradas)

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP)	INFILTRACIÓN CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	43	0	17	60
LUPERÓN-GUAYACANES	6	0	4	10
SABANETA-EL CHOCO	59	0	-	59
TOTALES	108	0	21	129

*Todos los datos son en hm³/año

Salidas:

Cuadro 9.3.2. Balance de aguas subterráneas para años secos (salidas)

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	DESCARGA AL MAR (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEOS (B)	SALIDAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	33	10	1	16	60
LUPERÓN-GUAYACANES	1	1	-	8	10
SABANETA-EL CHOCO	45	2	-	12	59
TOTALES	79	13	1	36	129

*Todos los datos son en $\text{hm}^3/\text{año}$ 16.2

Años medios

De acuerdo con el Estudio Climatológico realizado (Capítulo 4), en el ámbito de esta unidad hidrogeológica se han considerado como años climatológicamente medios, aquellos cuya pluviometría media anual está comprendida entre 1099.2 y 1930 mm.

El balance de aguas subterráneas para dichos años medios (con datos medios), es el siguiente:

Entradas:

Cuadro 9.3.3. Balance de aguas subterráneas para años medios (entradas)

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP)	INFILTRACIÓN CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	114	-	15	129
LUPERÓN-GUAYACANES	17	-	4	21
SABANETA-EL CHOCO	142	-	-	142
TOTALES	273	-	19	292

*Todos los datos son en $\text{hm}^3/\text{año}$

Salidas:

Cuadro 9.3.4. Balance de aguas subterráneas para años medios (salidas)

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	DESCARGAS AL MAR (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEOS (B)	SALIDAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	100	15	2	12	129
LUPERÓN-GUAYACANES	12	2	-	7	21
SABANETA-EL CHOCO	127	3	-	12	142
TOTALES	239	20	2	31	292

*Todos los datos son en hm³/año

Años húmedos

De acuerdo con el Estudio Climatológico realizado (Capítulo 4), en el ámbito de esta unidad hidrogeológica se han considerado como años climatológicamente húmedos, aquellos cuya pluviometría anual media supera los 1930 mm.

El balance de aguas subterráneas para dichos años húmedos (con datos medios), es el siguiente:

Entradas:

Cuadro 9.3.5. Balance de aguas subterráneas para años húmedos (entradas)

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP)	INFILTRACIÓN CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	193	-	13	206
LUPERÓN-GUAYACANES	33	-	3	36
SABANETA-EL CHOCO	241	-	-	241
TOTALES	467	-	16	483

*Todos los datos son en hm³/año

Salidas:

Cuadro 9.3.6. Balance de aguas subterráneas para años húmedos (salidas)

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	DESCARGA A MAR (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	171	27	4**	4	206
LUPERÓN-GUAYACANES	26	4	-	6	36
SABANETA-EL CHOCO	214	15	-	12	241
TOTALES	411	46	4	22	483

*Todos los datos son en hm³/año

** Valores estimados por diferencias en la ecuación del balance

Del análisis de la relación entre aforos históricos y aforos del proyecto, se deduce que el año hidrológico contemplado en el presente estudio (octubre 2003-septiembre 2004) corresponde, para el ámbito de esta zona o unidad hidrogeológica, a un año medio. Por consiguiente, sus balances hídricos estarán comprendidos entre los definidos para dichos años tipo.

10. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La unidad hidrogeológica de la Cordillera Septentrional se sitúa al norte de la isla, en la zona más septentrional, formada por la denominada Cordillera Septentrional, que ocupa la parte norte de la República Dominicana y que se extiende desde las vecindades de la ciudad Monte Cristi al oeste hasta Nagua al este; se orienta con dirección noroeste a sureste bordeando la costa del Atlántico, del que la separa una angosta llanura costera. También es conocida, en su extremo occidental, como Sierra de Monte Cristi. Separada de la Cordillera Central, de noroeste a sureste por el Valle de Cibao, y al este por el istmo de Samaná. La poligonal de la unidad ocupa una superficie próxima a los 4774 km².

Se ha estimado una población total de 577697 habitantes para todo el área de estudio, según se indica en el cuadro 10.1.1.

Cuadro 10.1.1. Población estimada para el año 2004, por municipios

PROVINCIA	TÉRMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Monte Cristi	Monte Cristi		2	2	869
	Guayubin		2	4	1965
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					2833
Puerto Plata	San Felipe de Puerto Plata		8	152	130175
	Altamira		9	92	25380
		Guananico	2	10	4190
	Imbert		6	45	22277
	Los Hidalgos		4	35	13631
	Luperón		3	15	7848
	Sosua		4	30	29841
	Villa Isabela		4	33	13420
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					246762
Espaillat	Gaspar Hernández		7	89	36224
		José Contreras	4	24	7243

PROVINCIA	TÉRMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
		Jameo al Norte	4	23	7588
		San Víctor	5	25	16767
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>67821</i>
María Trinidad Sánchez	Nagua		5	123	61820
	Cabrera		5	76	26951
	Río san Juan		4	37	7626
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>96397</i>
Valverde	Esperanza		4	28	11062
	Laguna Salada		1	10	2242
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>13304</i>
Santiago	Villa Bisono		2	16	3291
	Tamboril		7	32	32547
	Villa González		5	40	18547
		Pedro García	2	28	6243
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>60628</i>
Salcedo	Salcedo		3	44	16070
	Tenares		6	64	28211
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>44281</i>
Duarte	San Francisco de Macoris		8	200	45670
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>45670</i>
<i>Total población en las Unidades</i>					<i>577697</i>

La densidad de población en el área de estudio es de 121 hab/km², próxima a la media del país (182 hab/km²).

En cuanto a la distribución de la población por subunidades, la mayor parte (52.27%), se integra en la subunidad Sabaneta-El Choco (301993 habitantes), el 28.70% en la subunidad Luperón-Guayacanes (165803 habitantes), y el 19.03% restante en la subunidad Cabo Francés-Guaconejo (109901 habitantes).

En lo referente a la información de partida existente sobre esta unidad, indicar que esta es escasa y que responde, fundamentalmente, a estudios de carácter general y sobre zonas mucho más amplias que el ámbito estricto de la unidad (cuencas o regiones completas) o, incluso, de todo el ámbito territorial del país, no existiendo, prácticamente, información específica sobre esta unidad, en lo referente a su caracterización geométrica, hidrodinámica y de funcionamiento hidrogeológico, ni sobre sus inventarios de puntos de agua, resultados de campañas de aforos, geofísica, sondeos, estudios de extracciones, agronómicos y planes de explotación.

Los estudios precedentes disponibles y con información de cierto interés, proceden, en su mayoría, del INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (**INDRHI**), de la SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, de la DIRECCIÓN GENERAL DE LA MINERÍA (**DGM**), del INSTITUTO GEOGRÁFICO UNIVERSITARIO y del INSTITUTO CARTOGRÁFICO MILITAR, y contienen información relativa a redes de control existentes a nivel nacional (climatología y aforos, en su mayoría en zonas de borde o, incluso, en las proximidades de los límites de la unidad), así como a síntesis cartográficas geológica e hidrogeológica (a escala 1:250.000), topografía (a escalas 1:500.000, 1:250.000 y 50.000), climatología (distribución de pluviometría y temperatura a escalas 1:500.000), vegetación, uso de la tierra y capacidad productiva (a escalas 1:500.000).

Estudio agronómico

En la U.H. de la Cordillera Septentrional actualmente existen 14147.20 hectáreas de terreno dedicados a la agricultura, de las cuales 2987.3 ha se encuentran dentro del distrito de riego del Alto Yaque del Norte, y 11159.92 ha en el distrito del Bajo Yuna, no existiendo en la actualidad superficies agrícolas en la unidad tanto en el distrito del bajo Yaque del Norte como en Yuma-Camu (Alto Yuna). Esta extensión de terreno es insignificante si la comparamos con los 4774 Km² que abarca la poligonal de la unidad, esto es así, dado la orografía del terreno. Limitándose las áreas de cultivo a valles de los ríos Boba y Bajabonico en su parte baja.

El país esta dividido en distritos de riego, en el cuadro 10.1.2. se presenta la información de los diferentes sistemas de riego que encontramos dentro de la unidad, por zonas y subzonas de distrito de riego, con su denominación, superficie de riego y fuente de suministro de agua.

Cuadro 10.1.2. Sistemas de riego dentro de la unidad, por zonas y subzonas de distrito de riego

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	Río Bajabonico
		PRYN I y II	424.1	Río Yaque del Norte
		Total	2987.3	
Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	Río Bacul
		Boba	7725.12	Río Boba/captaciones
		Cerro al Medio	1328.34	Río Boba
		Ochoa	687.18	Río Bacul
		Sn	850.37	Río Bacul
		Total	11159.92	
TOTAL superficie irrigada (ha)			14147.22	

El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 109.01 hm³/año, de los cuales 9.49 hm³/año son extracciones de agua subterránea dedicadas al riego de seis sistemas de riego en toda la unidad, de los cuales uno pertenecen a la subunidad Luperón-Guayacanes y cinco a la subunidad del Cabo Francés-Guaconejo, y cuyos valores se han obtenido entre el 5 y 10% del volumen total de agua demandada en aquellos sistemas de riego de los cuales se tiene información a cerca de captaciones, y cuyos datos quedan recogidos en el cuadro 10.1.3.

Cuadro 10.1.3. Extracciones de aguas subterráneas para riego

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm ³)	Total extracciones (hm ³)
Luperón Guayacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2	21.17	1.06
			Total	2563.2	21.17	1.06
Cabo Francés - Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Ao Capeyito	568.91	4.30	0.43
			Boba	7725.12	58.38	5.84
			Cerro al Medio	1328.34	10.04	1.00
			Ochoa	687.18	5.19	0.52
			Sn	850.37	6.43	0.64
		Total	11159.92	84.34	8.43	
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				13723.12	105.51	9.49

En cuanto a las extracciones por usos, el volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizado para abastecimiento o uso urbano es de 21.94 hm³/año, y para agricultura 9.49 hm³/año. La industria es residual y por tanto se ha despreciado su consumo, y

el uso ganadero no se ha podido estimar dado el escaso número de datos que se dispone, cuya distribución por tipos de usos y por subunidades hidrogeológicas se incluye en el cuadro 10.1.4.

Cuadro 10.1.4. Distribución de volúmenes de agua subterránea extraídos por usos y por subunidades Hidrogeológicas

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm ³ /año)	Industrial (hm ³ /año)	Ganadero (hm ³ /año)	Agrícola (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
Luperon - Guayacanes	6.30	0	0	1.06	7.36
Sabaneta - El Choco	11.47	0	0	0	11.47
Cabo Francés - Guaconejo	4.17	0	0	8.43	12.06
Total U.H. Cordillera Septentrional	21.94	0	0	9.49	31.43

Climatología e Hidrología Superficial

El estudio climatológico de la unidad hidrogeológica 05 Cordillera Septentrional se ha llevado a cabo a partir de una selección de estaciones climáticas procedentes del INDRHI. Estas estaciones quedan relegadas en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.5. Selección de estaciones climáticas procedentes del INDRHI

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
0405	QUINIGUA	CL	19° 31' 35"	70° 46' 25"	138
0602	LA ISABELA	CL	19° 49' 48"	71° 3' 50"	30
1501	LOS JENGIBRES	CL	19° 26' 20"	70° 2' 50"	15
1816	JOSÉ CONTRERAS	CL	19° 28' 0"	70° 27' 0"	685

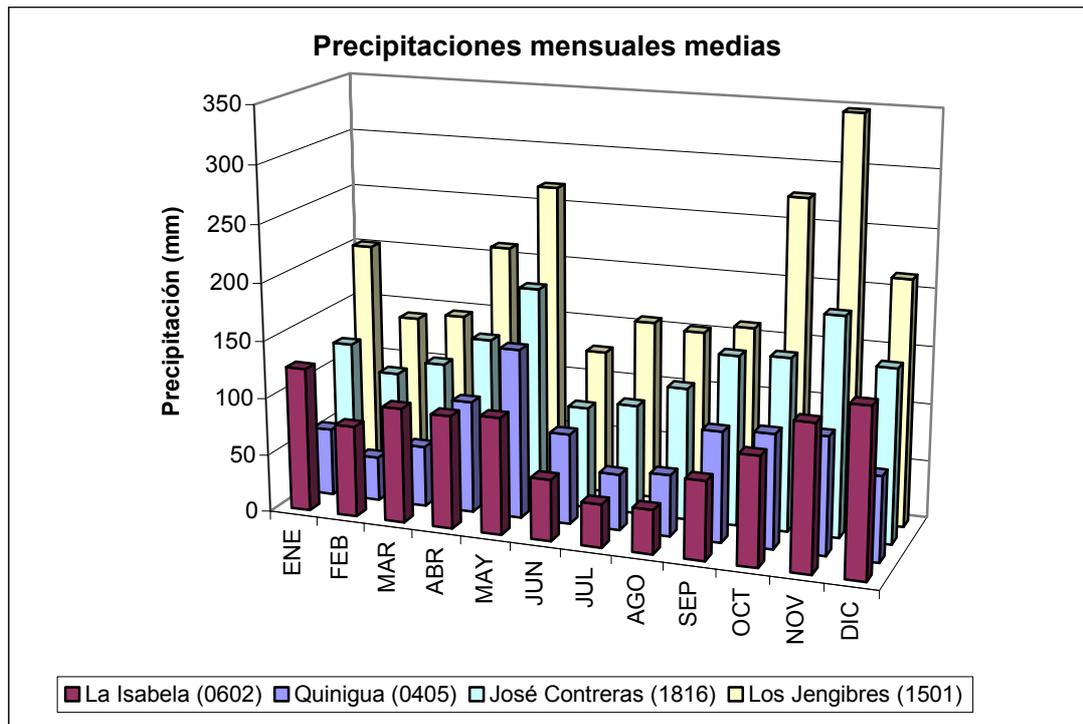
Análisis de precipitación:

La serie de años utilizada para el análisis de precipitación es de 28 años, entre 1975 y 2002. Los valores anuales de precipitación, en mm, para los años tipo de cada estación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.6. Valores anuales de precipitación en mm

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
0405	QUINIGUA	658.2	944.7	1285.4
0602	LA ISABELA	692.1	1065.4	1469.1
1501	LOS JENGIBRES	1831.0	2393.6	2961.0
1816	JOSÉ CONTRERAS	1215.5	1603.4	2004.3
	MEDIA	1099.2	1501.7	1930.0

En el siguiente gráfico se representa la distribución mensual de la precipitación, para año medio, de las cuatro estaciones:



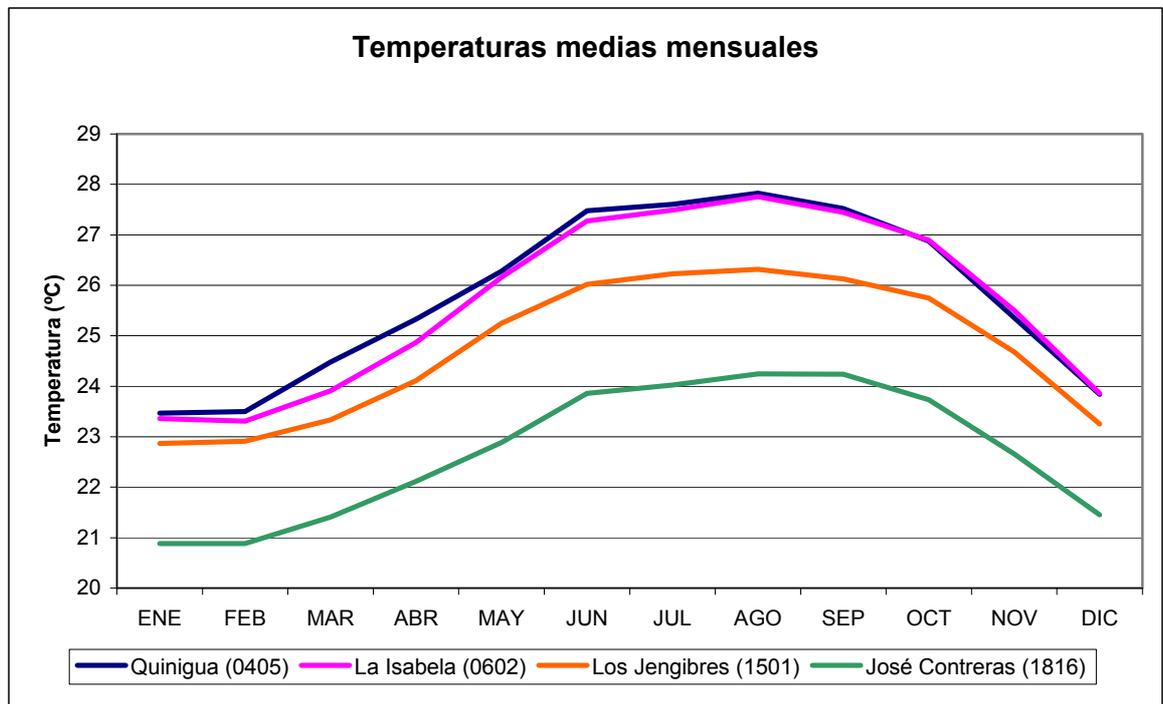
Análisis de Temperatura:

La serie de años utilizada para el análisis de temperatura en las tres estaciones seleccionadas es de 28 años, entre 1975 y 2002. Los datos de temperatura media anual quedan reflejados en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.7. Datos de temperatura media anual

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
0405	QUINIGUA	25.8
0602	LA ISABELA	25.7
1501	LOS JENGIBRES	24.7
1816	JOSÉ CONTRERAS	22.7
	MEDIA	24.7

La distribución mensual de las temperaturas medias para las cuatro estaciones utilizadas se ha representado en el siguiente gráfico, observándose pocas variaciones a lo largo del año.



Lluvia útil:

Tras el cálculo de la evapotranspiración potencial según Hargreaves, se obtiene la evapotranspiración real y los valores de lluvia útil (cantidad de agua de lluvia que pasará a formar parte de la escorrentía subterránea o superficial) mediante el método de Balance de Agua en el Suelo. Los valores de dicha lluvia útil, en mm, son los siguientes:

Cuadro 10.1.8. Valores de dicha lluvia útil en mm

Subunidades	Año medio	Año húmedo	Año seco
<i>Cabo Francés-Guaconejo</i>	816	1383	304
<i>Luperón-Guayacanes</i>	342	669	128
<i>Sabaneta-El Choco</i>	227	565	11
MEDIA DE LA UNIDAD (*)	334	563	128

* La Media de la unidad ha sido ponderada con la superficie de materiales permeables.

En cuanto a las características hidrográficas de la unidad, hay que decir que, los cursos de agua superficiales más significativos y relacionados con la unidad de la Cordillera Septentrional en el sector occidental y en la mitad septentrional son (de oeste a este) los siguientes:

- Río Guzmán, Maimón, y San Marcos de escaso recorrido Sur-Norte, y vertientes directamente al océano Atlántico.

En la mitad meridional de este mismo sector (de oeste a este) son los siguientes:

- Ríos de la Jaiba y Caño Miguel de escaso recorrido Sur-Norte, y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Río Bajabonico afluente de distribución Este-Oeste y vertiente directamente al océano Atlántico.
- Ríos Unijica, Navas, Canoa, Cabía, y Pérez, afluentes de distribución Sur-Norte, y vertiente hacia a la cuenca del río Bajabonico.

En el sector central, y en la mitad septentrional son (de oeste a este) los siguientes:

- Ríos Muñoz, Camú del Norte, Mozón, Sosua, Veragua y Jaba Arriba de escaso recorrido Sur-Norte y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Ríos Yasica afluente de distribución Suroeste-Noreste, y vertiente directamente al océano Atlántico.

En la mitad meridional de este mismo sector (de oeste a este) son los siguientes:

- Ríos Jacagua, afluente de distribución Norte-Sur, y vertiente a la cuenca del Yaque del Norte.
- Ríos, Licey, y Canca, afluentes de distribución Norte-Sur, y vertientes a la cuenca del Yuna.

En el sector oriental son (de norte a sur) los siguientes:

- Los Ríos Baqui y Boba, afluentes de distribución Oeste-Este, y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Por ultimo el río Nagua también afluente de distribución Oeste-Este, y vertientes directamente al océano Atlántico aunque fuera de la unidad.

Hidrogeología

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 5 : Cordillera Septentrional, se emplaza en el norte del país e incluye la Cordillera que lleva su nombre, que se extiende a lo largo de alrededor de 200 Km, de este a oeste.

Esta cordillera se caracteriza por la existencia de dos sierras paralelas separadas por una zona deprimida intermedia, que cruzan la unidad en sentido ONO-ESE. Las alturas máximas están comprendidas entre 491 m.s.n.m. en la sierra septentrional y 1249 m.s.n.m. en la sierra meridional.

El buzamiento de ambas sierras hace que la dirección principal de drenaje sea hacia el norte, a excepción de la zona oriental, donde las descargas se producen hacia el este de la unidad. En la zona oeste de la unidad, la red de drenaje de la sierra meridional sigue la dirección de la falla normal que separa la sierra septentrional de la meridional, desembocando en la costa occidental.

La unidad hidrogeológica se encuentra limitada al sur por la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao y al norte por el mar.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, alcanzan una superficie total próxima a los 4774 km². De los materiales permeables, casi una tercera parte corresponden a materiales carbonatados (alrededor de 800 km²) que presentan un proceso de karstificación avanzado, conformando, de esta forma, los materiales con mayor interés hidrogeológico de la zona.

Con criterios de funcionamientos hidrogeológico se han diferenciado, dentro de los límites de esta unidad, diez tipos distintos de formaciones permeables o niveles acuíferos, así como ocho formaciones de baja permeabilidad, cuyas principales características son las siguientes:

Cuadro 10.1.9. Principales características de las formaciones permeables

FORMACIONES DE PRIMER ORDEN	FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN	TIPO DE MATERIALES PERMEABLES	SUPERFICIE (en Km²)
Formaciones con permeabilidad por porosidad intersticial	Formaciones porosas con permeabilidad de muy alta a media-alta y productividad media a alta	Qa: depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario	408
		Qab: depósitos de abanicos cuaternarios	24
		Qal: depósitos aluviales del Cuaternario	257
		Qi: Materiales indiferenciados del Cuaternario	313.5

FORMACIONES DE PRIMER ORDEN	FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN	TIPO DE MATERIALES PERMEABLES	SUPERFICIE (en Km ²)
		Ecg: Conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Eoceno	20.3
		Mcg: Conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Mioceno	688
	Formaciones porosas con permeabilidad media-baja y productividad baja	Ql: depósitos de marismas y manglares de edad Cuaternario Holoceno.	37.5
Formaciones fisuradas con permeabilidad por fisuración-kárstificación	Formaciones fisuradas de alta permeabilidad y productividad	Plc: calizas arrecifales detríticas, muy kárstificadas y de edad Plioceno-Pleistoceno.	790
	Formaciones fisuradas de permeabilidad moderada y productividad baja	Oc: Calizas eocenas intercaladas entre areniscas, conglomerados y margas	19
Formaciones de tipo mixto, con permeabilidad por fisuración y/o por porosidad intersticial	Formaciones de media permeabilidad y media a baja productividad	Pcg: Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno-Plioceno	12
		RVSf: Rocas volcano-sedimentarias fisuradas	48

En lo referente a la delimitación de subunidades de funcionamiento hidrogeológico y de las formaciones y niveles acuíferos que se integran en ellas, así como sus límites de funcionamiento, se resumen en el cuadro adjunto:

Cuadro 10.1.10. Subunidades de funcionamiento hidrogeológico

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
Cabo Francés- Guaconejo	872.5 km ²	414.5 km ²	<ul style="list-style-type: none"> - Norte: abierto, directamente en contacto con el mar . - Oeste: cerrado y estanco en contacto con las rocas plutónicas indiferenciadas (R_{Pi}), las metamórficas indiferenciadas (M_{ti}) y los materiales terciarios indiferenciados (Ti) de la Subunidad de Sabaneta-El Choco. - Este: abierto, directamente en contacto con el mar. - Sur: abierto, sin conexión hidráulica con los conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales(P_{cg}), al igual que con las terrazas fluviales del Cuaternario (Q_a) del Valle del Cibao. - Sureste: abierto y en conexión hidráulica con las terrazas fluviales cuaternarias (Q_a) y con los depósitos aluviales (Q_{al}) del Valle del Cibao. Abierto y sin conexión hidráulica en el contacto entre las rocas plutónicas indiferenciadas (R_{Pi}) de esta subunidad con las terrazas fluviales cuaternarias (Q_a) y los depósitos aluviales (Q_{al}) del Valle del Cibao. 	<ul style="list-style-type: none"> - M_{cg}: 118.1 km² - P_{lc}: 335.9 km² - Q_a: 246.1 km² - Q_{al}: 109.4 km² - Q_i: 62.8 km²
Sabaneta- El Choco	1162.4 km ²	711.5 km ²	<ul style="list-style-type: none"> - Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: cerrado y estanco en los materiales terciarios indiferenciados (Ti). Abierto y en conexión hidráulica con los conglomerados y areniscas miocenas (M_{cg}) y con las rocas volcano-sedimentarias fisuradas de la subunidad de Luperón-Guayacanes. 	<ul style="list-style-type: none"> - M_{cg}: 470.4 km² - O_c: 0.5 km² - P_{lc}: 383.1 km² - Q_a: 120.1 km² - Q_{al}: 41.1 km²

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>- Este: cerrado y estanco en contacto con las rocas plutónicas indiferenciadas (RPI), las metamórficas indiferenciadas (Mti) y los materiales terciarios indiferenciados (Ti) de la subunidad de Cabo Francés-Guaconejos. Abierto aunque sin conexión hidráulica en el contacto con los depósitos cuaternarios indiferenciados (Qi) y con las terrazas fluviales Cuaternarias (Qa) de la subunidad de Cabo Francés-Guaconejos.</p> <p>- Sur: abierto, sin conexión hidráulica con las terrazas fluviales del Cuaternario de la unidad del Valle del Cibao.</p>	<p>- Qi: 116.1 km²</p> <p>- RVSf: 31.1km²</p>
Luperón-Guayacanes	545.4 km ²	1066.8 km ²	<p>- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar.</p> <p>-Este: cerrado y estanco en los materiales terciarios indiferenciados (Ti). Abierto y en conexión hidráulica con los conglomerados y areniscas miocenas (Mcg) y con las rocas volcano-sedimentarias fisuradas de la subunidad de Sabaneta-El Choco.</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica solamente en el límite con el Cuaternario indiferenciado (Qi) y los abanicos cuaternarios (Qab) de la unidad del Valle del Cibao. Abierto pero sin conexión hidráulica en el resto: Conglomerados Neógenos (Ncg), terrazas fluviales cuaternarias (Qa) y Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales (Pcg).</p>	<p>- Ecg: 20.3 km²</p> <p>- Mcg: 99.7 km²</p> <p>- Oc: 18.8 km²</p> <p>- Pcg: 12.3 km²</p> <p>- Plc: 70.6 km²</p> <p>- Qa: 41.4 km²</p> <p>- Qab: 24.3 km²</p> <p>- Qal: 106.4 km²</p> <p>- Qi: 134.3 km²</p> <p>- RVSf: 17.1 km²</p>

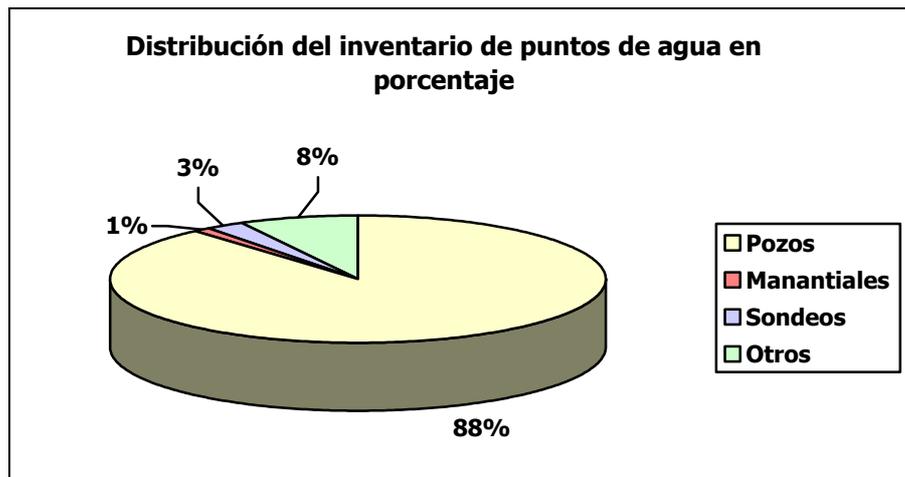
SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
TOTAL	2580.1 km²	2192.9 km²	-	- Ecg: 20.3 km ² - Mcg: 668.2 km ² - Oc: 19.3 Km ² - Pcg: 12.3 km ² - Plc: 789.6 Km ² - Qa 407.6 km ² - Qab: 24.3 km ² - Qal: 257 km ² - Qi: 313.5 km ² - RVSf: 48.2 km ²

En total, se han inventariado 428 puntos de agua, cuya distribución según la naturaleza del punto es la siguiente:

Cuadro 10.1.11. Distribución de los puntos de agua

Naturaleza del punto	Nº de puntos
Pozos	379
Manantiales	5
Sondeos	11
Otros	33
<i>Total</i>	<i>428</i>

En el siguiente gráfico queda representada la distribución de puntos de agua según su naturaleza indicándose además el porcentaje que supone respecto al total.



La distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000 queda de la siguiente forma:

Cuadro 10.1.12. Subunidades de funcionamiento hidrogeológico

Nº Hoja	Nombre Hoja	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
5974 I	Mao				1	1
5975 I	Barracón	12	1		1	14
5975 II	El Mamey	8	6	1	4	21
5975 III	Villa Vasquez	7				7
6074 I	San Francisco Arriba	5				5
6074 II	Santiago	5				5
6074 IV	Esperanza	13				13

Nº Hoja	Nombre Hoja	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
6075 II	Puerto Plata	13			3	16
6075 III	Imbert	29	1	4	8	42
6075 IV	Luperón	52		1		53
6174 I	Río San Juan	11	1		3	15
6174 II	Guayabito	58			1	59
6174 III	Salcedo	6	1			7
6174 IV	Gaspar Hernández	79			4	83
6175 III	Sabaneta de Yásica	73			3	76
6273 IV	Villa Riva	1			2	3
6274 III	Nagua	3			3	6
6274 IV	Cabrera	2				2

En cuanto a los usos del agua, la distribución de los puntos de agua inventariados es la siguiente:

- 332 Abastecimiento doméstico (322 pozos, 9 sondeos y 1 manantial)
- 2 Abastecimiento a núcleos urbanos (2 pozos)
- 1 Abastecimiento y agricultura (1 pozo)
- 8 Abastecimiento y ganadería (8 pozos)
- 15 Agricultura (12 pozos, 2 sondeos y 1 manantial)
- 18 Ganadería (18 pozos)
- 3 Ganadería e industria (2 manantiales y 1 pozo)
- 2 Ganadería y agricultura (2 pozos)
- 5 Industrial (5 pozos)
- 24 No se utiliza (1 pozo y 23 cauces superficiales)
- 18 Uso desconocido (7 pozos, 1 manantial y 10 desconocidos)

La red piezométrica definida para esta unidad está constituida por un total de 69 puntos de control. Para facilitar el análisis de la información piezométrica de la red de control definida, se

ha realizado una agrupación de los puntos de control por subsectores. Estos subsectores han sido definidos en función de los materiales sobre los que se sitúan los puntos de control, y de su situación geográfica. En total se han definido 16 subsectores cuya denominación y características piezométricas pueden verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.13. Características piezométricas por subsectores

SUBUNIDAD	Subsector	Nivel Piezométrico (m.s.n.m)		
		Máximo	Mínimo	Medio
LUPERÓN-GUAYACANES	El Papayo	169.90	153.40	163.10
	Ranchete-Cabía	248.30	114.20	162.45
	Cambiaso-San Marco	33.80	0.05	11.64
	Imbert	127.35	124.30	126.41
	Guayacanes-Tachuela	277.60	197.50	235.46
	Altamira	177.95	176.72	177.66
	Loma El Suzo	191.71	185.46	188.41
SABANETA-EL CHOCO	Aluvial del Camú (U.H 5)	35.68	4.00	31.30
	Sabaneta-El Choco	19.09	-0.33	7.18
	Aluvial del Veragua	14.90	-0.60	7.44
	Alto Yásica	126.32	45.00	87.14
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	Magnate	21.62	8.76	15.57
	Loma de Cabo Francés	11.60	-9.75	-0.86
	Guayabito	33.00	26.00	30.75
	Juan Díaz	98.60	76.60	87.70
	La Lomaza	200.70	176.20	185.18

Hidroquímica

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 05. Cordillera Septentrional se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas entre diciembre de 2003 y enero de 2004 (primera campaña) y entre mayo y junio de 2004 (segunda campaña), en 45 puntos de agua, que corresponden a pozos y sondeos.

Las aguas analizadas presentan una mineralización que varía desde baja a elevada, con conductividades que oscilan entre 197 y 4960 microS/cm en la primera campaña y entre 158 y 4790 microS/cm en la segunda, y valores de nitratos que oscilan entre 0 y 53 mg/l de NO₃⁻ en la primera campaña y entre 1 y 61 mg/l en la segunda.

Existe un predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas o cálcico-sódicas dentro de la unidad hidrogeológica.

Atendiendo al anión predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter bicarbonatado en la mayor parte de los casos. No obstante, hay cuatro muestras que presentan una composición netamente clorurada, dos muestras de carácter sulfatado y varias de carácter mixto.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica, sódica o de carácter mixto, si bien se observan dos muestras de composición netamente magnésica.

Las aguas subterráneas muestreadas presentan una gran heterogeneidad composicional, tanto en facies hidroquímicas, como en salinidad.

En especial, destaca la variación existente en la Subunidad Luperón-Guayacanes, en los pozos que explotan los depósitos cuaternarios (*Q*) y los conglomerados y areniscas miocenas de la formación *Mcg*, ampliamente representados entre los núcleos de Luperón y Puerto Plata. En esta zona predominan las facies sulfatadas o sulfatadas-cloruradas de elevada salinidad y composición mixta calcico-sódica o calcico-magnésica.

Por otra parte, en el sector centro-meridional de esta subunidad, y en la Subunidad Sabaneta-El Choco predominan las aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, o cálcico-sódicas de baja salinidad, relacionadas con depósitos calcáreos de las formaciones *Plc* (calizas arrecifales pliocenas) y *Ti* (Terciario indiferenciado).

En la Subunidad Cabo Francés- Guaconejo predominan las facies cloruradas sódicas asociadas a depósitos cuaternarios de terrazas fluviales *Qa*, existentes entre los núcleos de Río San Juan y Nagua. Como ya se ha indicado, estas muestras de agua subterránea reflejan la influencia del mar, y al igual que la muestra nº 107 (procedente de un pozo situado en la Subunidad Sabaneta- El Choco, dentro del municipio de Sabaneta de Yásica), pueden indicar la existencia de procesos de intrusión marina. No obstante, se trata de fenómenos puntuales, restringidos a los depósitos cuaternarios que explotan estos pozos.

Con respecto a la calidad de las aguas analizadas, los resultados obtenidos se han comparado con los valores recogidos en las normas NORDOM (1980) de la República Dominicana. En algunos constituyentes no recogidos en NORDOM (sodio, amonio) se utilizan los valores fijados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1995.

Los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en la Cordillera Septentrional indican que en algunas muestras de aguas subterráneas se superan los límites establecidos en distintos parámetros (calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, nitratos, amonio, dureza o total de sólidos disueltos). En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

La clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.) para usos agrícolas indica que se trata de aguas con peligro de salinización bajo (C1), medio (C2), alto (C3) o muy alto (C4) y de alcalinización bajo (S1), medio (S2), alto (S3) o muy alto (S4).

Funcionamiento Hidrogeológico y Balance Hídrico

La recarga fundamental de esta unidad hidrogeológica se produce por infiltración directa del agua de lluvia precipitada sobre los afloramientos permeables. Las descargas se encuentran más repartidas, siendo tres las vías preferenciales: drenajes por cauces superficiales, salidas al mar y extracción por bombeos.

Así pues, el balance de aguas subterráneas calculado para años hidrogeológicamente medios es el siguiente:

Entradas:

Cuadro 10.1.14. Balance de aguas subterráneas para años medios (entradas)

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP)	INFILTRACIÓN CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	114	-	15	129
LUPERÓN-GUAYACANES	17	-	4	21
SABANETA-EL CHOCO	142	-	-	142
TOTALES	273	-	19	292

*Todos los datos son en hm³/año

Salidas:

Cuadro 10.1.15. Balance de aguas subterráneas para años medios (salidas)

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	DESCARGAS AL MAR (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
CABO FRANCÉS-GUACONEJO	100	15	2	12	129
LUPERÓN-GUAYACANES	12	2	-	7	21
SABANETA-EL CHOCO	127	3	-	12	142
TOTALES	239	20	2	31	292

*Todos los datos son en hm³/año.

10.2. RECOMENDACIONES

Al final de este informe se incluye un plano hidrogeológico de la unidad con las recomendaciones propuestas (redes de control, áreas de riego, sondeos de investigación propuestos...).

Estudios detallados de usos del agua en zonas de mayor concentración de demandas agrícolas y humanas y de ubicación de nuevas explotaciones agrícolas.

Se recomienda la realización de estudios detallados de usos del agua en zonas de mayor concentración de demandas actuales agrícolas y humanas, mediante encuestas selectivas a una serie de usuarios que se consideren representativos de las extracciones de aguas subterráneas para dichos usos.

En principio, y de acuerdo con la información disponible, se proponen los siguientes distritos de riego, zonas y sistemas (para los usos agrícolas, cuadro 10.2.1) y municipios y secciones municipales (para usos humanos, cuadro 10.2.2) :

Cuadro 10.2.1. Sistemas de riego para realizar estudios detallados de usos del agua

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
Luperón - Guayacanes	Alto Yaque del Norte	Santiago	La Isabela	2563.2
Cabo Francés - Guaconejo	Bajo Yuna	Nagua	Boba	7725.12
			Cerro al Medio	1328.34
			Ochoa	687.18

Cuadro 10.2.2. Municipios y secciones para realizar estudios detallados de usos del agua

SUBUNIDAD LUPERÓN-GUAYACANES	Provincia Puerto Plata			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	San Felipe de Puerto Plata	Maimón	21	9264
	Altamira	Altamira	4	4234
	Guananico D.M.	Guananico D.M.	3	2524
	Imbert	Imbert	1	6677
	Los Hidalgos	Los Hidalgos	1	2434
	Luperón	Luperón	1	3094
	Villa Isabela	Villa Isabela	1	3475
Provincia Valverde			Población (2004)	

	Municipios	Secciones	Parajes	
		Esperanza	Loma de Damajagua	5
SUBUNIDAD SABANETA-EL CHOCO	Provincia Santiago			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Tamboril	Tamboril	4	14938
	Villa González	Quinagua	5	4296
	Provincia Puerto Plata			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	San Felipe de Puerto Plata	Puerto Plata	31	87304
		Monte Llano	26	14226
	Sosua	Sosua	1	8916
		Sabaneta de Yasicá	12	9636
Provincia Espaillat			Población (2004)	
Municipios	Secciones	Parajes		
Gaspar Hernández	Gaspar Hernández	1	4671	
José Contreras (D.M.)	José Contreras (D.M.)	1	903	
Jameo al Norte (D.M.)	Jameo al Norte (D.M.)	3	1651	
	Los Brazos	2	1906	
San Víctor (D.M.)	San Víctor (D.M.)	1	2676	
	La Ceiba de Madera	3	5339	
Provincia Salcedo			Población (2004)	
Municipios	Secciones	Parajes		
Salcedo	Jameo Afuera	24	8243	
Tenares	Tenares	8	6476	
	Paso Hondo	4	6974	
Provincia Duarte			Población (2004)	
Municipios	Secciones	Parajes		
San Francisco de Macorís	Las Guazumas	13	7792	
SUBUNIDAD CABO FRANCÉS-GUACONEJO	Provincia María Trinidad Sánchez			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Nagua	Nagua	8	26660
	Cabrera	Cabrera	1	3130
	Río San Juan	Río San Juan	1	3542

Asimismo, y de acuerdo con la información disponible, se recomienda como posibles zonas para establecer nuevos regadíos los indicados en el cuadro 10.2.3, cuya distribución espacial se observa en la Plano 11:

Cuadro 10.2.3. Zonas para establecer nuevos regadíos

Subunidad hidrogeológica	Posibles zonas de nuevos regadíos		Superficie (ha)
Luperón-Guayacanes	1	Ampliación del sistema de riego de La Isabela desde Boca de Río Grande hasta Martín Alonso a lo largo del aluvial del río Bajabonico	4514.56
Sabaneta-El Choco	1	Nuevo sistema de riego en el aluvial del río Yásica, entre los parajes de Madre Vieja y Sabaneta de Yásica	4115.52
	2	Nuevo sistema de riego en la zona de Ganete	11390.90
Cabo Francés-Guaconejo	1	Ampliación de los sistema de riego existentes entre los aluviales de los ríos Baqui y Caño Claro, entre los parajes Bejuco Alambre, San Isidro, Memiso y Palmarito.	11255.46

Construcción de sondeos de investigación y piezométricos

En la actualidad no existe información suficiente de los principales acuíferos de la unidad hidrogeológica (principalmente la calizas del plioceno). Es por ello por lo que se recomienda realizar una serie de sondeos de investigación y piezométricos con los que tener una idea más detallada de la geometría de los diferentes acuíferos, así como su piezometría, direcciones de flujo, columna litológica, etc.

Asimismo, se propone realizar diferentes pruebas hidrogeológicas durante su construcción para conocer los distintos parámetros hidráulicos de cada uno de los niveles atravesados.

Con este objetivo, se recomienda la construcción de un mínimo de ocho sondeos de investigación y piezométricos, distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 10.2.4. Piezómetros propuestos

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	SONDEO PIEZOMÉTRICO	UBICACIÓN (Coord. UTM)		CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
		X	y	
LUPERÓN-GUAYACANES	P ₁ y P ₂	287488 300777	2203656 2197282	Profundidad: 100 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	SONDEO PIEZOMÉTRICO	UBICACIÓN (Coord. UTM)		CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
		X	y	
SABANETA- EL CHOCO	P₃, P₄ y P₅	342269	2186097	Profundidad: 100-150 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
		344314	2175754	
		341427	2164990	
CABO FRANCÉS- GUACONEJO	P₆, P₇ y P₈	392059	2173589	Profundidad: 100-150 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
		404868	2170763	
		397712	2151581	
TOTALES	8			

En todos los piezómetros propuestos se recomienda lo siguiente:

- Perforar a rotopercusión o a percusión.
- Entubar con tubos de plástico en PVC-U (cloruro de polivinilo) en versión resistente, o tubos verticales galvanizados, roscados y unidos con manguitos.
- Los tubos filtrantes se distribuirán en longitud de 1/3 del espesor saturado que se encuentre y, fundamentalmente, en la parte inferior del acuífero.
- Si la columna atravesada contiene tramos de arenas o limos, se preverá un empaque de gravilla que rellene el espacio anular a lo largo de todo el espesor saturado, con anchura mínima de 40 mm.
- Después de la finalización de la construcción de los sondeos es recomendable bombear desde la superficie el agua de las tuberías, para extraer el posible detritus de la perforación. Esta operación de limpieza deberá realizarse con agua limpia o aire comprimido y asegurar la homogenización completa del fluido dentro de la columna piezométrica.
- El cabezal de los sondeos se protegerá con un tapón de cemento de 2 metros de profundidad, así como con un cabezal de acero con cierre de seguridad.

Asimismo, será necesario levantar una columna litológica de los materiales atravesados, con testificación de muestras cada metro atravesado, con objeto de conocer las litologías atravesadas, las posibilidades hidrogeológicas de los mismos (para el diseño de colocación de los filtros) y la posible existencia de niveles acuíferos confinados.

Construcción de sondeos de investigación y preexplotación, para abastecimiento a núcleos urbanos con más de 1.000 habitantes

En la actualidad, la mayor parte de los núcleos urbanos que se integran dentro del área de la unidad de la Cordillera Septentrional se abastecen de pozos de escasa profundidad (menores de 30 m), que explotan, en su mayoría, acuíferos detríticos y libres de dimensiones muy variables (depósitos cuaternarios o zonas de alteración superficial), con importantes variaciones estacionales de recursos y expuestos, por lo general, a posibles acciones contaminantes (vertidos de residuos urbanos, fertilizantes agrícolas, etc.). Para paliar dicha situación actual, se recomienda construir sondeos de investigación y preexplotación para el abastecimiento de los citados núcleos urbanos, con unas características de diseño de construcción y de instalación que garanticen el pleno abastecimiento de los citados núcleos urbanos, en condiciones adecuadas de cantidad y calidad.

Para la consecución de dichos objetivos se recomienda que los sondeos que se construyan cumplan con los siguientes requisitos:

- El método de perforación será a rotoperforación, percusión o circulación inversa, dependiendo de los materiales a atravesar.
- Las profundidades y diámetros de perforación estimadas de los sondeos serán de al menos 100 m de profundidad, y diámetros de perforación suficientes para poder entubar con tuberías de 300 mm de diámetro interior.
- Se entubarán los primeros treinta (30) metros (0,00 - 30,00) con tubería de emboquillado. Cementando el espacio anular entre el terreno y la tubería, continuando la perforación por el interior de esta tubería.
- El Contratista deberá tener a pie de obra los equipos y medios necesarios para alcanzar la profundidad máxima prevista para cada sondeo. Será criterio del Director de Obra fijar la profundidad definitiva de la perforación, debiéndose considerar la profundidad indicada como estimativa. El Contratista deberá tener previsto varillaje suficiente para proseguir la perforación sin interrupciones en caso de que el Director de Obra lo considere necesario, hasta 300 m.
- La entubación definitiva de cada uno de los sondeos será de PVC-U o polietileno de alta densidad de al menos 20 mm de pared, quedando una columna definitiva de entubación de PVC-U o polietileno y tramos de tubería filtrante del tipo KV-Filtro con ranuración de 2 mm. En los casos que se precise, porque el material atravesado en el sondeo sea detrítico, se dispondrá

un empaque filtrante de grava calibrada (3-5 mm) en el espacio anular y se cementará este espacio en la parte superior para proteger los acuíferos de contaminaciones superficiales.

- En el control de la ejecución se entregarán diariamente al Director de las Obras un parte diario por cada turno de perforación, en los que se indicará detalladamente diámetro, avance, litología de materiales perforados, parámetros de control de lodos, paradas, tipo y cambios de herramienta de corte, formación de la sarta y peso, así como de cuantas incidencias se produzcan en cada turno de trabajo.
- El pozo deberá ser vertical, alineado y de perfecta sección circular, admitiéndose como tolerancia dos veces el diámetro interior de la tubería por cada 100 m, en desviaciones de alineación y verticalidad.
- Una vez terminada la perforación se procederá, mediante registro continuo, a la comprobación de la verticalidad y alineación del pozo y la testificación geofísica con los registros de Gamma natural, potencial espontáneo y resistividad normal corta y larga.
- Con las diagráfias obtenidas se realizará una interpretación en campo, fijando la columna litológica con sus diversas características y dando recomendaciones sobre la columna de entubación.
- Definida la columna de entubación se procederá a la numeración de cada tramo, comenzando desde el fondo del pozo, de tal forma que se evite que pueda colocarse cualquier tramo en una posición incorrecta. No se colocarán tramos filtrantes de longitud superior a tres filtros consecutivos de 3 metros cada uno. Se dejará siempre en la parte inferior de la tubería una cámara de decantación de unos 8-12 m.
- Para que la tubería quede perfectamente centrada en la perforación se utilizarán centradores separados unos 12 m. Los centradores deberán situarse en los extremos inferior y superior de las zonas filtrantes.
- Una vez concluido el pozo, será preciso extraer todos los restos de lodos y detritus de perforación y estabilizar las formaciones acuíferas para tratar de obtener el mayor caudal específico posible, mediante desarrollo por los sistemas de pistoneo o aire comprimido.
- Se realizarán dos cementaciones; entre la tubería de emboquillado y el terreno natural (30 m), y en la parte superior del espacio anular (10 m). La primera se realizará mediante mortero rico en cemento y la segunda se realizará mediante hormigón en masa tipo H-150 con árido de 20 mm de tamaño máximo. No permitiéndose ninguna operación en el pozo durante los tiempos de fraguado.

- A través de la cementación anular se dejará instalada una tubería de 2" Ø y 40 m de longitud que permitirá, en caso necesario, añadir grava al empaque si se produjese un asentamiento del mismo.
- Una vez concluidas las operaciones de limpieza y desarrollo se procederá al aforo del pozo mediante un grupo electrobomba sumergido, accionado por un grupo electrógeno. La bomba será tal que pueda proporcionar un caudal máximo variable entre 50 y 150 l/s.. con altura manométrica del orden de 100 m.
- Antes de realizarse el bombeo propiamente dicho, con una duración de al menos un periodo de 72 horas y con el fin de determinar el caudal constante con que se efectuará éste, se procederá a bombear el pozo con una serie de caudales escalonados que en cada caso determinará el Director de las Obras. Estos bombeos previos tendrán una duración máxima de 12 horas. Al finalizar el ensayo de bombeo, se tomarán 2 muestras de agua en frascos esterilizados de por lo menos dos (2) litros de capacidad para su posterior análisis de laboratorio. Finalizada la extracción de agua se procederá a tomar medidas para determinar la recuperación del pozo.
- En principio se deben controlar los niveles de agua en el propio pozo y si fuese posible en algún otro punto que sirviese de piezómetro.
- Una vez concluidas las tareas de aforo, se procederá a la desinfección del pozo mediante la adición de hipoclorito sódico comercial (dosificación 1 litro de hipoclorito por metro cúbico). El pozo quedará cerrado con una brida ciega atornillada y fija con puntos de soldadura.
- Una vez concluida la desinfección y cierre del pozo el Contratista procederá a retirar sus equipos e instalaciones y al relleno de las balsas de lodos, retirada de acopios y limpieza de los terrenos afectados durante la ejecución de las obras.

Los citados municipios con más de 1.000 habitantes dentro del área de la unidad de la Cordillera Septentrional donde se recomienda realizar sondeos de abastecimiento, son los siguientes:

Cuadro 10.2.5. Núcleos urbanos con más de 1000 habitantes en los que se recomiendan sondeos de abastecimiento

SUBUNIDAD LUPERÓN- GUAYACANES	Provincia Puerto Plata			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	San Felipe de Puerto Plata	Maimón	21	9264
Altamira	Altamira	4	4234	
Guananico D.M.	Guananico D.M.	3	2524	

	Imbert	Imbert	1	6677
	Los Hidalgos	Los Hidalgos	1	2434
	Luperón	Luperón	1	3094
	Villa Isabela	Villa Isabela	1	3475
	Provincia Valverde			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Esperanza	Loma de Damajagua	5	6617
	Provincia Santiago			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Tamboril	Tamboril	4	14938
Villa González	Quinagua	5	4296	
SUBUNIDAD SABANETA-EL CHOCO	Provincia Puerto Plata			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	San Felipe de Puerto Plata	Puerto Plata	31	87304
		Monte Llano	26	14226
	Sosua	Sosua	1	8916
		Sabaneta de Yasicá	12	9636
	Provincia Espaillat			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Gaspar Hernández	Gaspar Hernández	1	4671
	José Contreras (D.M.)	José Contreras (D.M.)	1	903
	Jameo al Norte (D.M.)	Jameo al Norte (D.M.)	3	1651
		Los Brazos	2	1906
	San Víctor (D.M.)	San Víctor (D.M.)	1	2676
		La Ceiba de Madera	3	5339
	Provincia Salcedo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Salcedo	Jameo Afuera	24	8243
	Tenares	Tenares	8	6476
		Paso Hondo	4	6974
	Provincia Duarte			Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
San Francisco de Macoris	Las Guazumas	13	7792	
SUBUNIDAD CABO FRANCÉS-GUACONEJO	Provincia María Trinidad Sánchez			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Nagua	Nagua	8	26660
	Cabrera	Cabrera	1	3130
Río San Juan	Río San Juan	1	3542	

Realización de ensayos de bombeo y muestreo hidroquímico a diferentes profundidades

En todos los sondeos de investigación y preexplotación que se construyan se recomienda realizar ensayos o pruebas de bombeo, con objeto de conocer las características y parámetros hidráulicos de las formaciones acuíferas a explotar.

Los ensayos propuestos serán de dos tipos, en función de su duración y de sus objetivos a conseguir:

- Pruebas de bombeo escalonado, de unas cuatro horas de duración cada una y con un caudal ascendente. Se recomienda realizar cuatro pruebas consecutivas de este tipo (16 horas, en total), cuyos objetivos son desarrollar y limpiar los sondeos y tantear el caudal de bombeo para la siguiente prueba de larga duración.
- Ensayo de bombeo largo y a caudal constante. Este ensayo se recomienda que tenga una duración mínima comprendida entre 24 y 48 horas, y que se realice con un caudal constante, controlándose los descensos de niveles, tanto en el sondeo donde se bombea, como en otros próximos que puedan existir.

Durante la realización del ensayo de bombeo largo y a caudal constante se deberán tomar muestras de agua cada determinados tiempos, de manera que coincidan con diferentes profundidades del acuífero ensayado. Sus posteriores análisis de laboratorio determinarán sus características químicas para su uso humano.

Estudio de establecimiento de perímetros de protección en los sondeos para abastecimientos urbanos

Asimismo, en todos los sondeos de investigación y preexplotación que se construyan para abastecimientos urbanos, se recomienda realizar estudios de detalle de establecimiento de perímetros de protección (zonas en torno a la captación cuyo objetivo es proteger la calidad y cantidad del agua subterránea). Para ello, es preciso determinar, al menos:

- características del acuífero explotado (litología, geometría, parámetros hidráulicos, etc.),
- inventario de puntos de agua,
- focos potenciales de contaminación existentes en su entorno,

- actividades que puedan dar lugar a residuos sólidos o líquidos que puedan originar una degradación de la calidad del agua.

Con la delimitación de las zonas que constituyen los perímetros se pretende conseguir y mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas e impedir la acumulación de compuestos o el desarrollo de actividades capaces de contaminar o degradar la calidad de las mismas.

Las zonas se delimitan con la suficiente amplitud para que el resultado de una actividad contaminante, una vez que llega al acuífero, tarde en alcanzar la captación un tiempo determinado que permita su degradación, o proporcione una capacidad de reacción que haga posible un cambio temporal en la fuente de suministro a la población, hasta que la degradación de la calidad de las aguas extraídas disminuya a límites aceptables.

La zonación del perímetro se puede realizar considerando el tiempo de tránsito de un día en la zona inmediata (Zona I), de 50-60 días en la zona próxima (Zona II) y de 10 años en la zona alejada (Zona III).

Las zonas que constituyen el perímetro tienen restricciones de uso tanto mayores cuanto más próximas a la captación. Así, en la Zona I sólo se permiten las actividades relacionadas con el mantenimiento y explotación de las instalaciones. En la zona II se prohíben las fosas sépticas, el vertido de residuos sólidos o la existencia de granjas, industrias y mataderos, y en la Zona III se prohíbe la inyección de residuos y sustancias contaminantes, así como el almacenamiento de productos tóxicos y radiactivos.

Sin embargo, en el caso de actividades ya implantadas en el entorno de captaciones de abastecimiento, se realiza un estudio detallado en el que se considera el espesor de la zona no saturada, la litología del acuífero y el tipo de contaminación susceptible de alcanzar el nivel freático, de forma previa a la implantación de restricciones.

Ampliación y continuación de las redes de control hidrogeológico periódico (piezometría, foronomía y calidad química).

Se recomienda continuar con las actuales redes de control hidrogeológico periódico (piezometría, foronomía y calidad química), aunque con algunas modificaciones en cuanto al número de sus puntos de control y su frecuencia de medida. En este sentido se propone eliminar algún punto de la red actual con información redundante y añadir otros nuevos de posible interés (entre ellos los sondeos piezométricos propuestos), así como mantener la frecuencia de control mensual en la red de aforos y semestral (dos campañas al año) en la de

muestreo hidroquímico, y disminuir la de piezometría a un control trimestral (cuatro campañas al año).

Las redes y frecuencias de control propuestas, para sus diferentes tipos, son las siguientes:

Red de control de piezométrico

Se recomienda continuar la medición de la red de control piezométrico, si bien, se proponen una serie de cambios a realizar tanto en los puntos de control de la red como en la periodicidad de medida de la misma.

Para ello, se propone eliminar una serie de puntos que aportan información redundante de determinados subsectores y añadir los piezómetros de investigación propuestos para la mejora del conocimiento hidrogeológico de la unidad. Además se propone una periodicidad cuatrimestral en detrimento de la mensual realizada durante el presente estudio.

La red de control propuesta queda definida en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.2.6. Red de control piezométrico propuesta

Subunidad	Subsector	CodPunto	Observaciones	
SABANETA – EL CHOCO	Aluvial del Camú (U.H 5)	6075250002		
		6075250006		
		6075250001		
	Sabaneta-El Choco		6175350001	
			6175310001	
			6175310003	
			P ₃	Añadir
			P ₄	Añadir
			P ₅	Añadir
	Alto Yasica		6173410016	
			6173410011	
	Aluvial del Veragua		6174430003	
			6175350002	Eliminar
			6175350003	
			6175350004	
			6174420010	
			6175350068	
			6175350046	Eliminar
			6175350049	Eliminar
			6175350055	
		6174420030	Eliminar	
		6175350079		
	6175350082			
	6174420046			
	6174420036			

Subunidad	Subsector	CodPunto	Observaciones
CABO FRANCÉS - GUACONEJO	Magante	6174420055	Eliminar
		6174110007	Eliminar
		6174110008	
		6174110003	
		6174120010	
	Loma de Cabo Francés	6174110012	
		6274410002	
		6274410001	
		P ₆	Añadir
	Guayabito	P ₇	Añadir
		6174230003	Eliminar
		6174230012	
		6174230021	Eliminar
		6174230024	
		6174230007	
		6174230008	Eliminar
	6174230029		
	Juan Díaz	P ₈	Añadir
		6173160009	
	La Lomaza	6173160010	
6174240008			
6174240006		Eliminar	
6174240014			
LUPERÓN - GUAYACANES	Loma El Suzo	6174240011	
		6074140016	
	Altamira	6074140015	
		6075360001	
	Imbert	6075360002	
		Ranchete-Cabía	6075340001
	6075350003		
	6075350002		
	59753427		
	6075350009		
	Guayacanes-Tachuela	P ₁	Añadir
		5975260002	
	El Papayo	5975260003	
		5975330005	
	Cambiaso-San Marco	5975330004	
		6075450013	
		607545045	
		6075450031	Eliminar
		6075460002	
		6075210002	
6075450041		Eliminar	
6075450042			

Subunidad	Subsector	CodPunto	Observaciones
		6075450036	
		6075450037	
		6075450032	
		6075330005	
		6075450008	
		607545003	
		6075330004	
		P ₂	Añadir

Red Foronómica

Se recomienda seguir midiendo la red actual de aforos controlada durante la realización del presente proyecto y añadirle los siguientes puntos de aforo, cuya ubicación es aproximada, recomendándose una visita de campo para su situación exacta en una zona de sección favorable.

Cuadro 10.2.7. Puntos a incorporar a la red foronómica actual

SUBUNIDADES	NUEVO PUNTO DE AFORO PROPUESTO	UBICACIÓN (Coord. UTM)	
		x	y
LUPERÓN- GUAYACANES	1	279044.1	2195228
SABANETA- EL CHOCO	2	334211.8	2171244
	3	337398.9	2167696
	4	340225.1	2171244
	5	342329.8	2162224
	6	360309.6	2167756
	7	361151.4	2163006
	8	364639.1	2150137
CABO FRANCÉS- GUACONEJO	9	386467.4	2157353
	10	390195.6	2155249

SUBUNIDADES	NUEVO PUNTO DE AFORO PROPUESTO	UBICACIÓN (Coord. UTM)	
		x	y
	11	393382.7	2159157
	12	397772.4	2159518
	13	385986.3	2149957
	14	392119.9	2141178
	15	394825.9	2143823
	16	402823.6	2142621
	17	403665.4	2144786

Calidad química

Se recomienda continuar con el muestreo y análisis de aguas subterráneas, si bien se propone realizar algunas modificaciones en los puntos de control. Las modificaciones contemplan eliminar algunos puntos en zonas que cuentan con una elevada densidad de información y proporcionan información redundante, y seleccionar otros en zonas en las que no se dispone de datos de calidad química del agua subterránea. Así, sería conveniente disponer de puntos de control en aquellos parajes en los que se realicen sondeos o se destinen pozos ya existentes para abastecimiento a la población. En el cuadro adjunto se indica la red propuesta.

Cuadro 10.2.8. Red de control hidroquímico propuesta

Subunidad	Código Punto Existente	Nº Orden	Punto Propuesto	Paraje o Municipio	Observaciones
Luperón-Guayacanes	6075440001	138	6075440001	Luperon	
	6075450001	139	6075450001	Cambiaso Luperon	
	6075450020	140		Cambiaso. Luperon	Eliminar
	6075450024	141	6075450024	Cambiaso. Luperon	
	6075450035	142	6075450035	Cambiaso. Luperon	
	6075450007	143	6075450007	Arenoso. Luperon	
	6075450033	144	6075450033	Cambiaso. Luperon	
	6075450030	145		Cambiaso. Luperon	Eliminar
	6075450043	146		Cruce Guzman. Luperon	Eliminar

Subunidad	Código Punto Existente	Nº Orden	Punto Propuesto	Paraje o Municipio	Observaciones
	6075450044	147	6075450044	Cruce Guzman. Luperon	
	6075460002	148	6075460002	Isla Maimón. Puerto Plata	
	6075330005	151	6075330005	Barba Rusia. Puerto Plata	
	6975330003	152	6975330003	Maimón. Puerto Plata Maimón	
	6075320004	153	6075320004	La Colora. Imbert	
	6075320005	154	6075320005	La Colora. Imbert	
	6075350009	155		El Mango. Imbert	Eliminar
	6075350008	156	6075350008	El Mango. Imbert	
	6075340001	157	6075340001	Guananico. Guanatico Puerto Plata	
	6075350001	158	6075350001	La Cabirma. Imbert	
	6075360002	159	6075360002	Imbert	
	6075360001	160	6075360001	Altamira	
	6074460002_D	164	6074460002_D	Palmar Abajo. Villa Gonzalez	
	6074140019	165	6074140019	Palmar Arriba. San Francisco Arriba	
	6074140021_D	168	6074140021_D	Los Cocos. Los Cocos, San Francisco Arriba	
	5975260003_D	174	5975260003_D		
	59753427	186	59753427	Loma De Castañuela. Villa Vasquez	
	5975330005	187	5975330005	El Copey. Villa Vasquez	
			1 punto	Isabel de Torres. Monte Cristi	Prov. Monte Cristi
			1 punto	Los Hidalgos.	Prov. Puerto Plata
			1 punto	Villa Isabela	Prov. Puerto Plata
Sabaneta-Choco	6173410016	67	6173410016	La Guama Germocen. San Francisco De Macoris	
	6173410011	71	6173410011	Licey Hoya Grande. San Francisco De Macoris	
	6174420057	102	6174420057	El Batey. Gaspar Hernandez	
	6174420056	103		El Batey. Gaspar Hernandez	Eliminar
	6174420036	104		Cruce De Jamao. Gaspar Hernandez	Eliminar
	6174420001	105	6174420001	Cruce De Jamao. Gaspar Hernandez	
	6175350004	106	6175350004	Cruce De Jamao. Sabaneta De Yasica	
	6175310003	107	6175310003	La Bombita. Sabaneta De Yasica	

Subunidad	Código Punto Existente	Nº Orden	Punto Propuesto	Paraje o Municipio	Observaciones
	6174430006_D	108	6174430006_D	Gaspar Hernandez. Gaspar Hernandez	
	6174240013	131	6174240013	Hoyo De Jaya. Guayabito	
	6174240014	132	6174240014	Hoyo De Jaya. Guayabito	
	6075250001	149	6075250001	Camu .Puerto Plata	
	6075250008	150	6075250008	Los Ciruelo. Puerto Plata	
			1 punto	Sabaneta de Cangrejos. San Felipe Puerto Plata	Prov. Puerto Plata
			1 punto	Sosua.	Prov. Puerto Plata
		1 punto	Los Brizos. Jameo al Norte	Prov. Espaillat	
Cabo Francés-Guaconejo	6174110006	109	6174110006	La Yagua. Rio San Juan	
	6174110012	110	6174110012	La Yagua. Rio San Juan	
	6174230001	111	6174230001	La Peragua. Guayabito	
	6174230025	112	6174230025	Mata Bonita. Guayabito	
	6174230035	113		Mata Bonita. Guayabito	Eliminar
			1 punto	Cabrera.	Prov. María Trinidad Sánchez

Rehabilitación de las estaciones climáticas

La densidad de estaciones climáticas existentes en esta unidad hidrogeológica se considera suficiente como para llevar a cabo un estudio climatológico de detalle. Sin embargo, la mayor parte de estas estaciones se encuentran deterioradas, y no aportan ninguna información al respecto.

Por ello, se recomienda rehabilitar las estaciones climáticas existentes y realizar un mantenimiento adecuado de las mismas con el fin de obtener un volumen de datos suficiente como para realizar estudios climatológicos de detalle, además de para rentabilizar la inversión inicial de la instalación.

Actualización de la base de datos de Aguas Subterráneas.

Finalmente, y como una actividad fundamental para su utilización en posibles estudios futuros y de planes de gestión y explotación de recursos hídricos de esta unidad, se recomienda seguir actualizando la Base de Datos de Agua Subterránea creada durante el presente estudio (inventario de puntos de agua, redes de control periódico, etc.). Dicha actualización permitirá disponer, en el momento concreto que se requiera, de toda la información hidrogeológica

básica lo más completa posible, con todo lo que ello significa a la hora de tomar decisiones sobre planes o normas de explotación y protección de los recursos subterráneos de esta unidad.

PLANOS

Leyenda

- | | | | |
|--|--------------------|--|--------------|
| | Ciudades | | Red troncal |
| | Ayudantía | | Red regional |
| | Provincias | | Red vecinal |
| | Curvas | | Inventario |
| | Costa | | Red vereda |
| | Frontera | | Red Haití |
| | Ríos | | |
| | Dirección de flujo | | |

- | | | | |
|--|--------------------------|--|------------------------|
| | Unidades Hidrogeológicas | | Falla |
| | Hojas 1:50.000 | | Falla supuesta |
| | Lago agua salada | | Falla normal |
| | Lago agua dulce | | Falla normal supuesta |
| | | | Cabalgamiento |
| | | | Cabalgamiento supuesto |
| | | | Contacto |
| | | | Anticlinal |



LEYENDA HIDROGEOLOGICA

FORMACIONES CON PERMEABILIDAD POR POROSIDAD INTERSTICIAL

Formaciones porosas con permeabilidad y productividad (potencialidad real de explotación) elevadas:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| | Qal DEPÓSITOS ALUVIALES |
| | Qa CUATERNARIO TERRAZAS FLUVIALES |
| | Qab CUATERNARIO ABANICOS |

Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad real de explotación) media:

- | | |
|--|--|
| | Qi CUATERNARIO INDIFERENCIADO |
| | Mog CONGLOMERADOS Y ARENISCAS MIOCENAS. Conglomerados, areniscas, margas arenosas. |
| | Eog CONGLOMERADOS Y ARENISCAS DEL EOCENO. Conglomerados poligénicos, areniscas y margas. |
| | Nog CONGLOMERADOS NEOGENOS. Conglomerados, depósitos deltaicos. |
| | Oog CONGLOMERADO OLIGOCENO. Conglomerados, areniscas y calizas arrecifales. |

Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad de explotación) baja:

- | | |
|--|--|
| | Mm MARGAS CON CALCARENITAS MIOCENAS |
| | Qi CUATERNARIO HOLOCENO. Depósitos de marismas, manglares. |
| | Ti TERCIARIO INDIFERENCIADO. Margas con intercalaciones de areniscas, areniscas y lutitas tipo Lujarón, areniscas con intercalaciones de margas, argillitas y conglomerados. |

FORMACIONES CON PERMEABILIDAD POR FISURACIÓN- CARSTIFICACIÓN

Formaciones fisuradas de gran extensión superficial y alta permeabilidad y productividad:

- | | |
|--|--|
| | Ec CALIZAS DEL EOCENO-MIOCENO |
| | Mc CALIZA ARRECIFAL MIOCENA. Caliza arrecifal. |
| | Plc CALIZAS ARRECIFALES PLIOCENAS. Calizas arrecifales, molasas, calizas detríticas areniscas. |
| | Cc CALIZAS CRETACICAS. Calizas de color gris. |
| | MTc METAMÓRFICO CARBONATADO |

Formaciones fisuradas de extensión superficial limitada (local o discontinua) y permeabilidad y productividad moderada o variable:

- | | |
|--|--|
| | Qc CUATERNARIO DEPOSITOS MARINOS |
| | Oc NIVELES DE CALIZAS EOCENAS INTERCALADAS. Niveles de calizas eocenas intercaladas entre areniscas, conglomerados y margas. |

Formaciones fisuradas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad de explotación) baja.

- | | |
|--|---|
| | Omc CALIZAS MARGOSAS Y MARGAS DEL OLIGOCENO-MIOCENO |
|--|---|

FORMACIONES DE TIPO MIXTO CON PERMEABILIDAD MEDIA POR FISURACIÓN Y/O POROSIDAD INTERSTICIAL

- | | |
|--|---|
| | Pog PLEISTOCENO-PLIOCENO. Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales. |
| | T-Car ARENISCAS DEL TERCIARIO-CRETACICO (Facies Flysch). Areniscas y margas arenosas con intercalaciones de conglomerados, olistolitos, bancos delgados de calizas pelágicas. |
| | Cf FLYSCH CRETACICO. Facies flysch, calcarenitas, margas, calizas y areniscas. |
| | RPf ROCAS PLUTÓNICAS FISURADAS O ALTERADAS. Granitos fisurados o alterados, con depósitos de Lemhs. |
| | RVSt ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS FISURADAS. Rocas clásticas estratificadas, tobas volcánicas, basaltos, aglomerados y rocas volcánicas submarinas. |

FORMACIONES DE BAJA PERMEABILIDAD O CON EXTENSIÓN SUPERFICIAL MUY REDUCIDA, QUE SE CONSIDERAN COMO NO ACUIFERAS O CON ACUIFEROS MUY PUNTUALES Y DE ESCASA O NULA POTENCIALIDAD DE EXPLOTACIÓN

- | | |
|--|---|
| | Qlm CUATERNARIO DEPOSITOS LACUSTRES |
| | PLm-y MARGAS Y YESOS DEL PLIOCENO. Margas facies litoral, yesos, sales de roca, molasas masivas, facies evaporitas. |
| | RVm ROCAS VOLCANICAS MASIVAS. Riolitas, rioladitas, arriolitas y andesitas. |
| | Om MARGAS OLIGOCENAS. Margas con intercalaciones de areniscas. |
| | MTi METAMORFICO INDIFERENCIADO. Esquistos, esquistos micáceos, mármoles y facies esquistos verdes. |
| | RPi ROCAS PLUTONICAS INDIFERENCIADOS. Gabros, complejos gabroides, anfibolitas, gabroanfibolitas, dioritas, rocas ultramáficas. |
| | RPg ROCAS PLUTONICAS: GRANITOS |
| | RVS ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS. Rocas clásticas estratificadas, tobas volcánicas, basaltos, aglomerados y rocas volcánicas submarinas. |

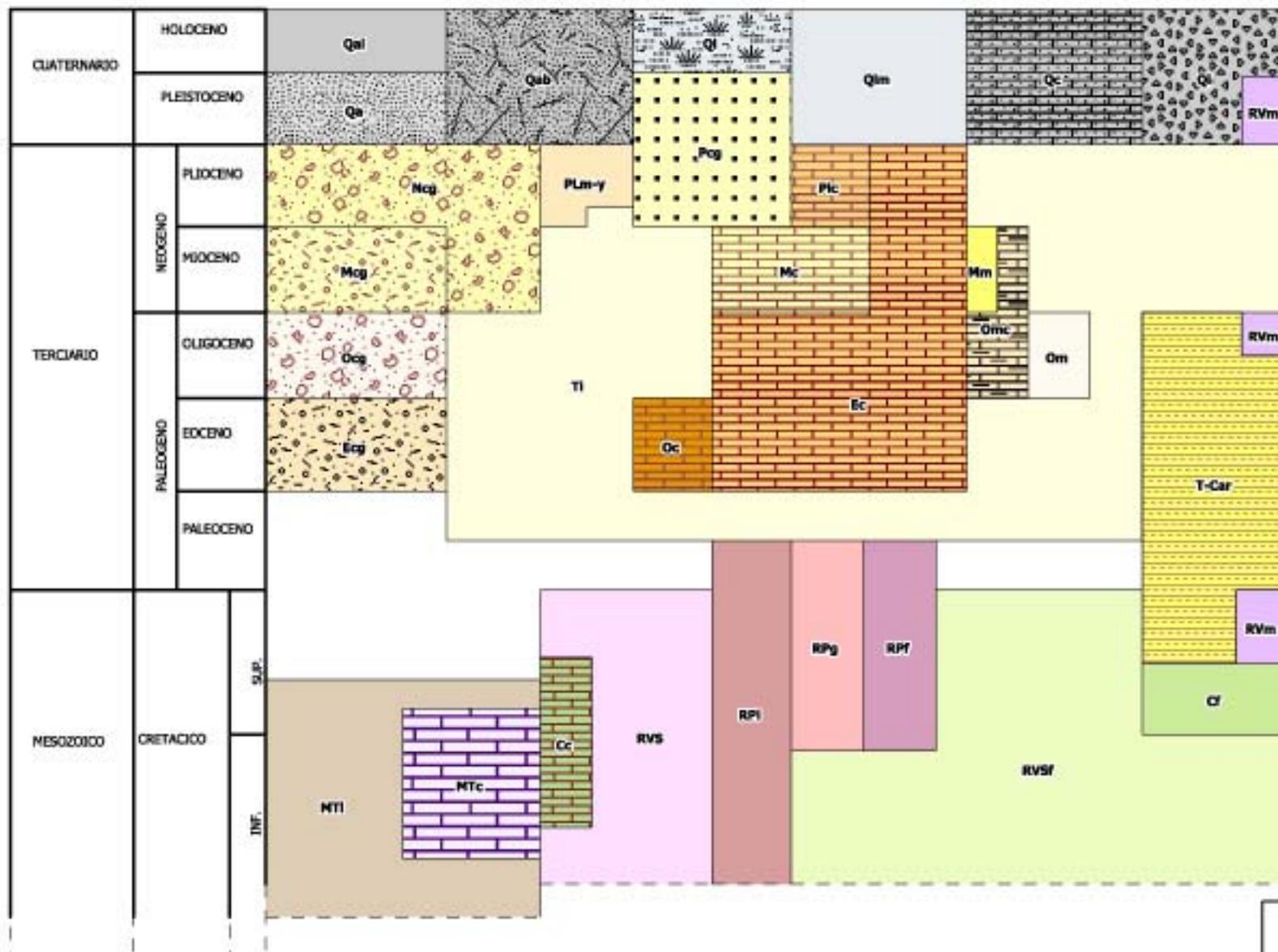
LEYENDA HIDROGEOLOGICA

REPÚBLICA DOMINICANA



PROGRAMA SYSMIN

OCTUBRE - 2004



LEYENDA CRONOESTRATIGRÁFICA

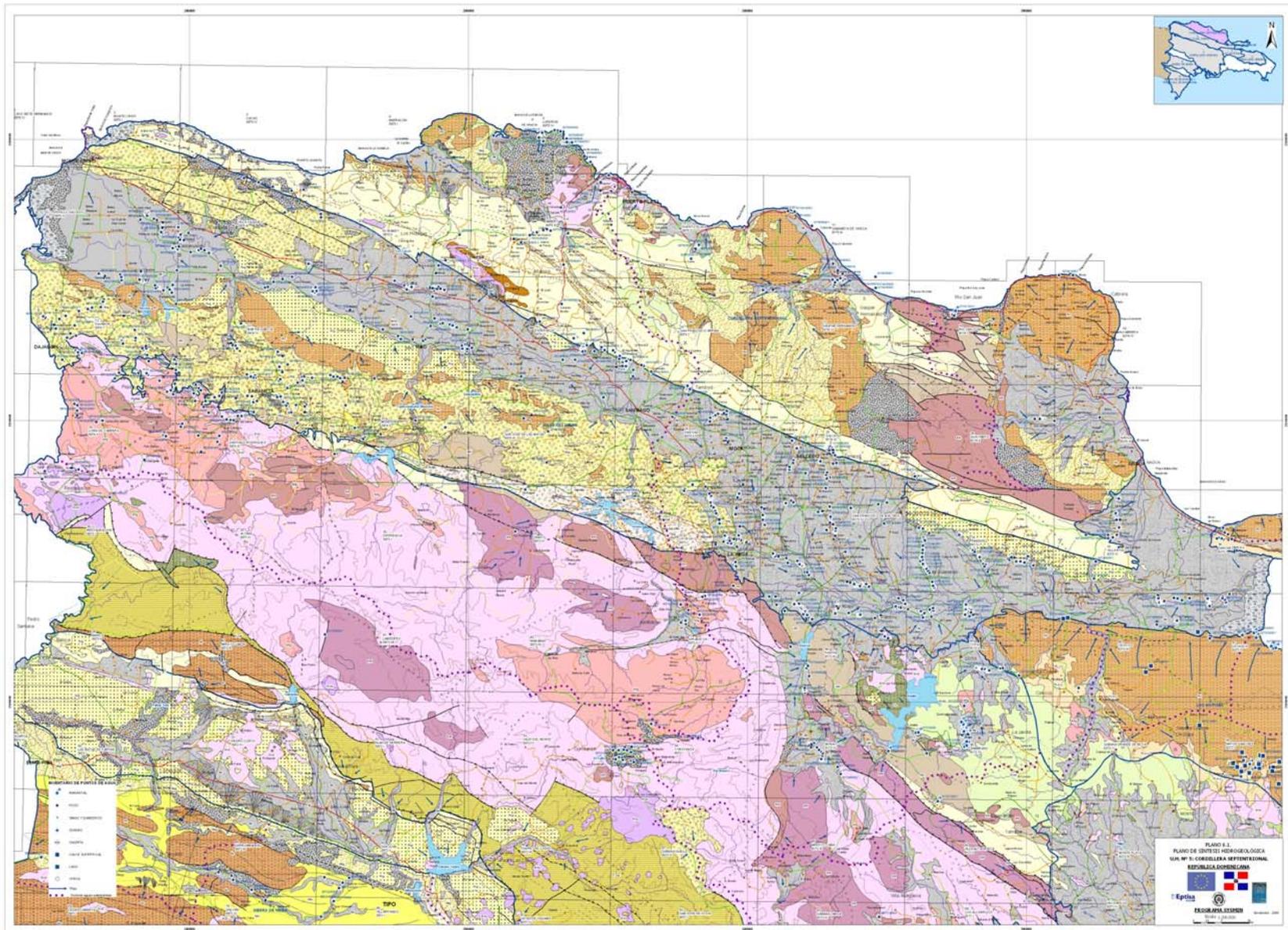
REPÚBLICA DOMINICANA

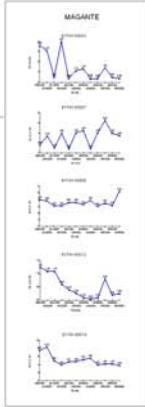
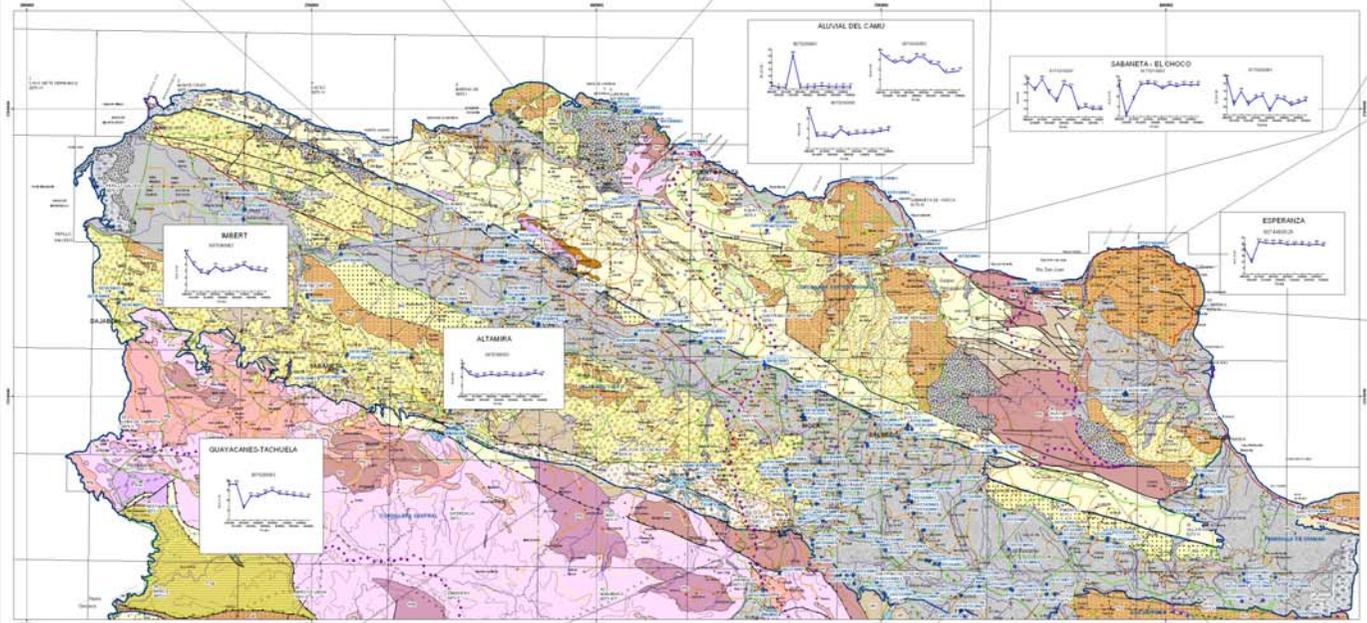
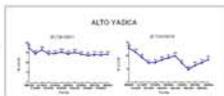
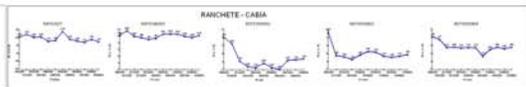
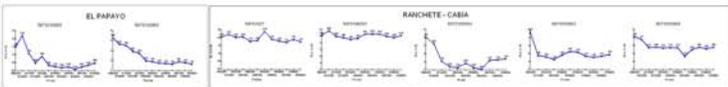
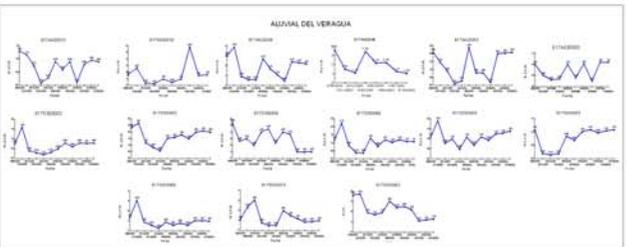
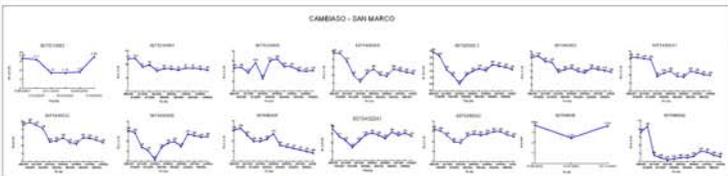
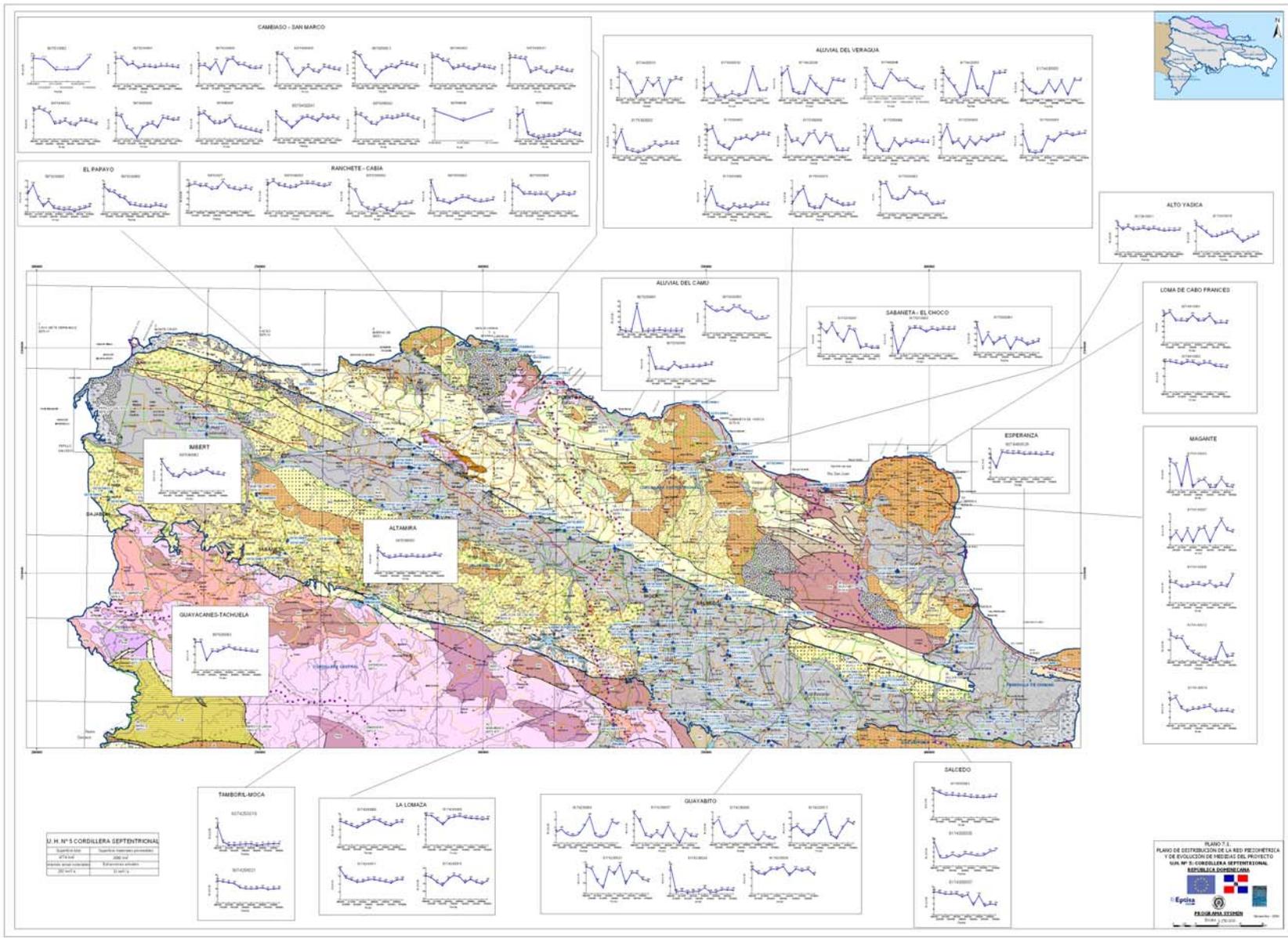


Eptisa



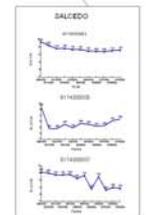
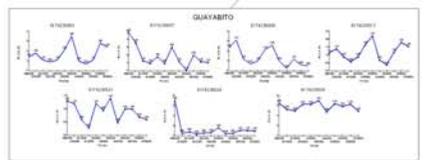
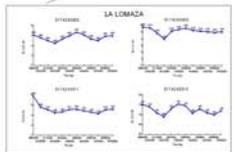
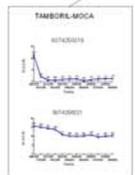
PROGRAMA SYSMIN Noviembre 2004





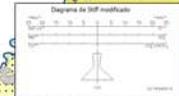
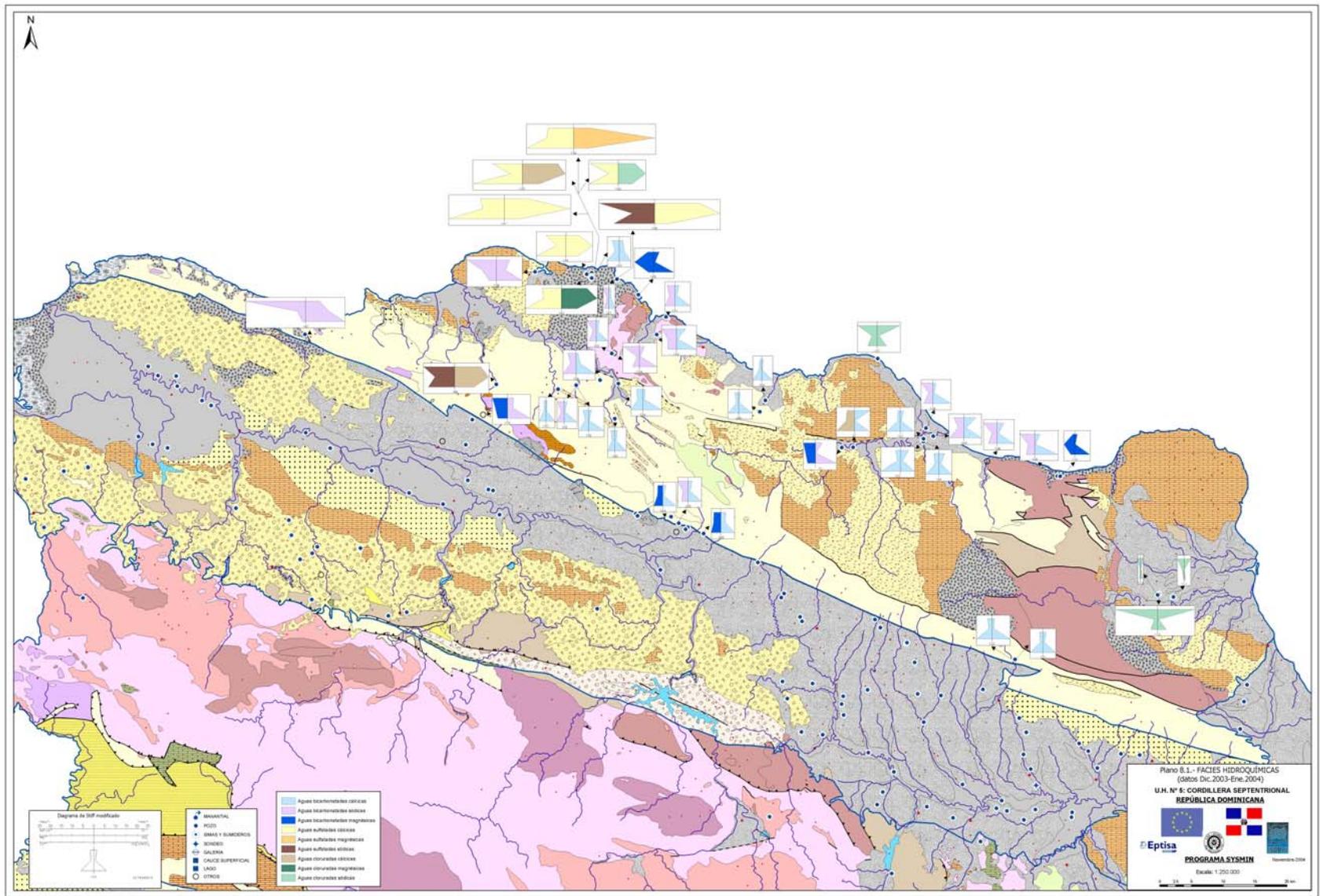
U. H. N° 5 CORDILLERA SEPTENTRIONAL

Superficie total	Superficie de riego proyectada
100000 ha	100000 ha
100000 ha	100000 ha



PLANO 1.1
PLANO DE DISTRIBUCION DE LA RED PIEZOMETRICA
Y DE SOLUCION DE MEDIDAS DEL PROYECTO
SUA N° 5 CORDILLERA SEPTENTRIONAL
REPUBLICA ECUATORIANA

EPTSA
PROGRAMA EJECUTIVO



- MANANTIAL
 - POZO
 - BARRIO Y BARRIO
 - BONDE
 - CALLE
 - CAUCE SUPERFICIAL
 - LAGO
 - CERRADO
- Agua bicarbonato cálcica
 - Agua bicarbonato sodica
 - Agua bicarbonato magnesiana
 - Agua sulfato cálcica
 - Agua sulfato magnesiana
 - Agua sulfato sódica
 - Agua cloruro cálcica
 - Agua cloruro magnesiana
 - Agua cloruro sódica

Plano B.1.- FACIES HIDROQUÍMICAS
 (datos Dic-2003-Ene-2004)
 U.H. N° 8- CORDILLERA SEPTENTRIONAL
 REPUBLICA DOMINICANA

Eptisa

PROGRAMA SYSMH

Noviembre 2004

Escala: 1:250.000

