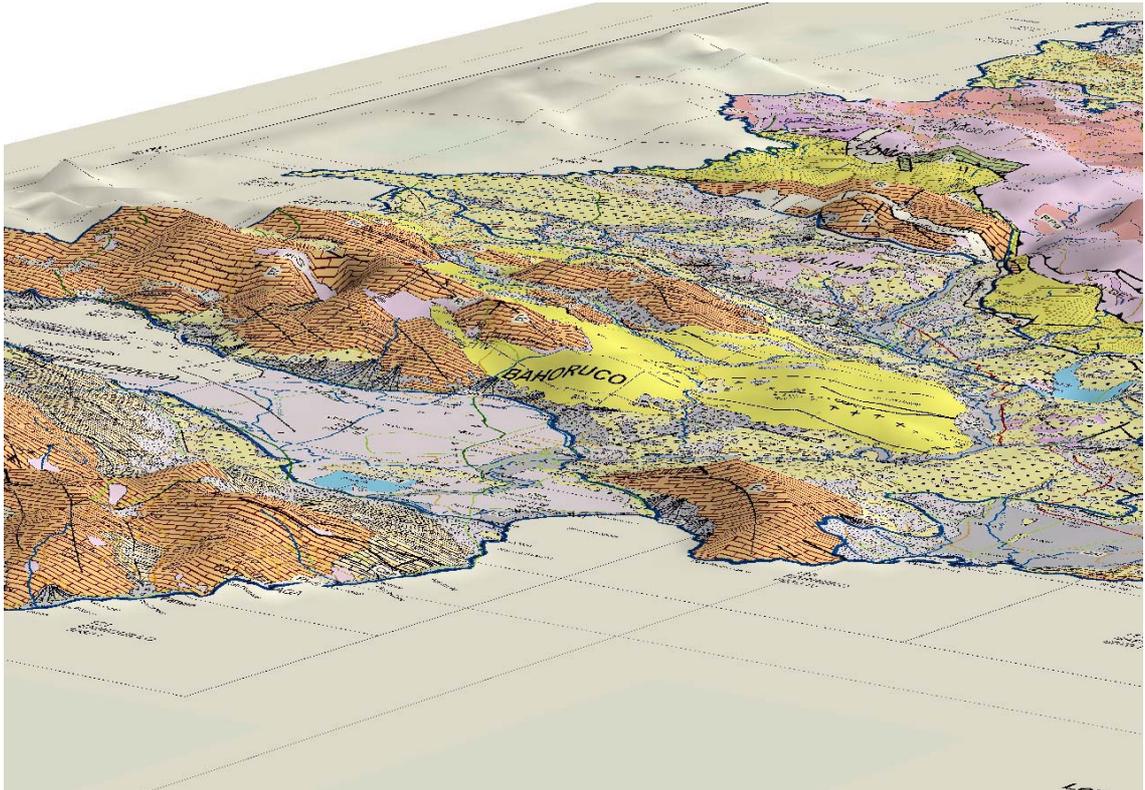


# ***INFORME DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA SIERRA DE NEIBA***



**PROGRAMA SYSMIN**

NOVIEMBRE 2004



6.2.	<b>ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.....</b>	<b>97</b>
6.3.	<b>ESTRUCTURA TECTÓNICA.....</b>	<b>98</b>
6.4.	<b>RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICION LITOLÓGICO-ESTRUCTURAL Y SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO.....</b>	<b>102</b>
7.	<b>HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>104</b>
7.1.	<b>MARCO HIDROGEOLÓGICO.....</b>	<b>104</b>
7.2.	<b>DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA UNIDAD: SUBUNIDADES Y FORMACIONES ACUÍFERAS.....</b>	<b>105</b>
7.3.	<b>INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....</b>	<b>117</b>
7.3.1.	<b>Análisis de datos previos existentes.....</b>	<b>117</b>
7.3.2.	<b>Inventario de puntos de agua de la Unidad.....</b>	<b>117</b>
7.4.	<b>PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....</b>	<b>125</b>
7.5.	<b>PIEZOMETRÍA E HIDROMETRÍA: CORRELACIONES PRECIPITACIONES-HIDROMETRÍA.....</b>	<b>128</b>
7.6.	<b>RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS.....</b>	<b>133</b>
7.7.	<b>RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES.....</b>	<b>138</b>
8.	<b>CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA.....</b>	<b>140</b>
8.1.	<b>DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....</b>	<b>140</b>
8.2.	<b>CAMPAÑA DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS <i>IN SITU</i>.....</b>	<b>144</b>
8.2.1.	<b>Primera campaña.....</b>	<b>144</b>
8.2.2.	<b>Segunda campaña.....</b>	<b>147</b>
8.3.	<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO.....</b>	<b>148</b>
8.3.1.	<b>Determinaciones analíticas.....</b>	<b>148</b>
8.3.2.	<b>Laboratorios y Métodos de análisis.....</b>	<b>148</b>
8.3.3.	<b>Control de calidad analítica: error analítico.....</b>	<b>148</b>
8.3.4.	<b>Resultados analíticos de laboratorio.....</b>	<b>150</b>
8.4.	<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>151</b>
8.4.1.	<b>Caracterización hidroquímica general.....</b>	<b>151</b>
8.5.	<b>APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS.....</b>	<b>162</b>
8.5.1.	<b>Abastecimiento.....</b>	<b>162</b>
8.5.2.	<b>Regadío.....</b>	<b>166</b>
8.5.3.	<b>Distribución espacial de la calidad del agua subterránea.....</b>	<b>168</b>

<b>9.</b>	<b>FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO.....</b>	<b>170</b>
<b>9.1.</b>	<b>RECARGA .....</b>	<b>170</b>
<b>9.2.</b>	<b>DESCARGA .....</b>	<b>176</b>
<b>9.3.</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO .....</b>	<b>186</b>
<b>10.</b>	<b>RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>192</b>
<b>10.1.</b>	<b>RESUMEN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>192</b>
<b>10.2.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>214</b>

**PLANOS**

## UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA SIERRA DE NEIBA

### **1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E INFORMACIÓN DE PARTIDA**

Como primera actividad se ha 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 Sierra de Neiba, 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 (Valles de San Juan y de Neiba), 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). Asimismo, se ha dispuesto de un estudio regional, pero de cierto detalle, sobre investigación ambiental con isótopos que contempla el ámbito de esta unidad hidrogeológica (Sierra de Neiba) y la próxima de la Sierra de Bahoruco.

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 4903: San Juan de la Maguana, nº 4915: Vallejuelo, nº 5301: Neiba, nº 5307: Los Bolos, 5313: Gayabal-

Postrer, nº 5314: Los Guineos, nº 5320: La Descubierta (Met), nº 5322: Majagual y nº 5401: Matayaya).

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 Sierra de Neiba han sido los siguientes (en el Anexo 1 de este informe se incluyen fichas bibliográficas de cada estudio utilizado):

Cuadro 1.1. Estudios nacionales o regionales sobre la unidad de la Sierra de Neiba utilizados

<b>TÍTULO</b>	<b>ORGANISMO / AUTOR</b>	<b>AÑO DE REALIZACIÓN</b>
Proyecto Yaque del Sur-Neyba	INDRHI/ITAL CONSULT	1972
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
Investigación Ambiental con isótopos de la Región Sudoeste y el Río Sonador, Yasica.	INDRHI/OEIA	1985
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
Optimización de los recursos Hídricos de la Cuenca del río Yaque del Sur y mejoramiento de la Red Hidrométrica Nacional	PNUD/OMM- Proyecto DOM/87/004	1990
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
Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Aguas para la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1993
Plan Nacional de Ordenamiento de recursos Hidráulicos (DIAGNOSTICO)	OEA/INDRHI	1994

<b>TÍTULO</b>	<b>ORGANISMO / AUTOR</b>	<b>AÑO DE REALIZACIÓN</b>
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
Vegetación y uso de la tierra	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	1988-1996
Estudio Hidrogeológico Nacional de la república dominicana. Fase I.	UE/ INDRHI/AQATERS.PA.	2000

Dentro de los estudios de ámbito regional y de cierto detalle consultados, los que han aportado una mayor información de interés relacionada con la unidad de la Sierra de Neiba han sido el "*Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana, Fase I*", en el que se incluye información sobre el funcionamiento hidrogeológico de los sectores septentrional y meridional de dicha unidad, en lo referente a su relación con los bordes sur de la unidad del Valle de San Juan y norte de la unidad del Valle de Neiba, así como el estudio "*Investigación Ambiental con isótopos de la Región Sudoeste y el Río Sonador, Yasica*", en el que se aporta información sobre el funcionamiento hídrico y el grado de karstificación de esta unidad, basada en ensayos isotópicos y en muestreo de manantiales realizados entre los años 1984 y 1986. Sus principales resultados y conclusiones se comentarán en los apartados correspondientes de esta Memoria.

Finalmente, 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 unidad de 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.
- Base de Datos y cartografías temáticas a diferentes escalas del Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana. Fase I. Actualizada (UU.HH. del Valle de San Juan y del Valle de Neiba). AQATERS.P.A. 2000. INDRHI 2001-2003.
- Mapa Topográfico General de la República Dominicana (escala 1:250.000). Instituto Geográfico Universitario (Universidad Autónoma de Santo Domingo). 2001. Serie 1501. 1 hoja: Hoja NE 19-5.
- Mapas Topográficos (escala 1:50.000). Instituto Cartográfico Militar. Diferentes años. (Hojas topográficas 5872 IV: Guaroa; 5872 I: Las Matas de Farfán; 5972 IV: Pedro

Corto; 5872 II: El Cercado; 5972 III: Derrumbader; 5972 II: San Juan; 6072 III: Padre Las Casas; 5871 IV: Boca Cachón; 5871 I: La Descubierta; 5971 IV: Galván; 5971 I: Villarpando; 6071 IV: Yayas de Viajama; 5871 II: Duverge; 5971 III: Neiba; 5971 II: Vicente Noble; 6071 III: Pueblo Viejo; 5970 I: Barahona; y 6070 IV: Barrero.

- 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. 1 Hoja: Hoja NE 19-5.
- Mapa Hidrogeológico Escala 1:500.000. República Dominicana. INDRHI.1989.
- Mapa Hidrogeológico Escala 1:250.000. República Dominicana. INDRHI.1989. 1 Hoja: Hoja NE 19-5.
- 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 Sierra de Neiba en estudio se sitúa al suroeste de la República Dominicana, entre los valles de San Juan y de Neiba, y en el límite con la frontera de Haití, constituyendo una unidad transfronteriza compartida entre ambos países.

El sector oriental de dicha unidad, situado dentro de la República Dominicana (la parte comprendida en el presente estudio), incluye la denominada Sierra de Neiba y la Sierra de Martín García, separada de la Cordillera Central por el Valle de San Juan y de la Sierra de Bahoruco por el Valle de Neiba, alcanza una superficie total de unos 3800 km<sup>2</sup>, que se distribuyen en su totalidad por las provincias de Elías Piña (3 términos municipales, 1 distrito municipal, 16 secciones y 178 parajes), San Juan (3 términos municipales, 8 secciones y 117 parajes) y Azua (1 término municipal, 2 distritos municipales, 12 secciones y 33 parajes) en la mitad septentrional, e Independencia (2 términos municipales, 6 secciones y 51 parajes), Bahoruco (3 términos municipales, 2 distrito municipal 17 secciones y 61 parajes) y Barahona (1 término municipal, 4 secciones y 27 parajes) en la mitad meridional (Figura 2.1).

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

- Ríos Comendador y Caño con sus afluentes (ríos Los Caños, Sonador y Vallejuelo) de distribución Sur-Norte y vertientes, por su margen izquierda, hacia la cuenca alta del río Artibonito a través del Río Macasía.
- Nacimiento del Río Macasía, tributario, por su margen izquierda, del citado Río Artibonito.
- Río Los Baos y su afluente Vallejuelo, de distribución Oeste-Este y vertiente por su margen derecha al río San Juan, cuenca del río Yaque del Sur.
- El propio río Yaque del Sur que atraviesa la unidad, entrando en dirección NO-SE y sale en dirección SO. A este río vierten sus aguas dentro de la unidad por su margen derecha los arroyos Blanco y Guanarete, y por su margen izquierda los arroyos Salado y Viajama.

Y en la mitad meridional son (de oeste a este) los siguientes:

- Cañada de los Murciélagos, de distribución Norte-Sur y vertiente al Lago Etangsaumatre en territorio Haitiano.

- El Arroyo Penitente y los ríos Guayabal, Barreras, El Manguito, Panzo y Majagual, afluentes de distribución Norte-Sur y vertientes al lago Enriquillo por su margen noreste.
- El arroyo Tabara y el río Jura, afluentes de distribución Norte-Sur y vertientes directamente al mar del Caribe.

Hidrologicamente la unidad en estudio se emplaza en la divisoria entre las cuencas de los ríos Yaque del Sur y Artibonito, y la cuenca vertiente al Lago Enriquillo, y registra unas precipitaciones muy variables y comprendidas entre los 1400-1200 mm de media anual en el sector oeste, los 800-600 mm del sector central y los 400 mm del sector centro-este. La media anual de días de lluvia en todo el ámbito de la unidad oscila entre los 50 y los 100.

En rasgos generales, la unidad presenta una variación topográfica importante, comprendida entre los 2279 m.s.n.m. del Pico Neiba y los -20 m.s.n.m. en la zona de La Descubierta (sector sur de la unidad y límite con la unidad del Valle de Neiba), con cotas medias próximas a los 1500 m.s.n.m., y se caracteriza por una marcada morfología cárstica, desarrollada sobre los materiales carbonatados del Terciario, y escasas redes fluviales que se infiltran en buena parte (y con cierta rapidez) a lo largo de su recorrido, a través de diferentes formas cársticas de absorción del tipo abierto (cavernas, simas, etc.).

La población del área de estudio es de 177481 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).

Cuadro 2.1.1. Población del área de estudio a nivel de parajes (ONE. 1993)

Provincia Elías Piña		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Elías Piña (población total de la provincia)		44 069	20 572	64 641		77 800
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
Comendador	Guayabo	31		5 939		
	Los Rinconcitos	27		4 846		
	Potro Blanco	13		2 661		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>71</i>		<i>13 446</i>		
El Llano	El Llano	14		2 062		
	Guanito	7		2 450		
	Las Lagunas	8		923		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>29</i>		<i>5435</i>		
Hondo Valle	Hondo valle	1		3 271		
	Aniceto Martínez	9		749		
	Los Guineos	6		1 750		
	Rancho de la Guardia	8		1 381		
	Rancho de Pedro	29		2 102		
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>59</i>		<i>9 532</i>		
Juan Santiago D.M.	Juan Santiago D.M.	1		1 541		
	Juan Santiago	9		1 309		
	Juan de la Cruz	6		953		
	Solana de la Loma	5		648		
	Monte Mayor	7		679		
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>18</i>		<i>5 130</i>		
<b><i>Población total de la provincia en la unidad</i></b>				<b>33 543</b>		

Provincia San Juan		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
San Juan		152.143	100.494	252.637		304.400
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
El Cercado	El Cercado	1		4 791		
	El Pinal la Ranca	35		7 154		
	La Cienaga	24		5 464		
	Derrumbadero	31		7 813		
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>91</i>		<i>2 5223</i>		
Vallejuelo	Vallejuelo	1		6 010		
	Jorgillo	8		3 670		
	Río Arriba del Sur	14		4 411		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>23</i>		<i>14 091</i>		
San Juan	Pueblo Nuevo	3		1 821		
<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>3</i>		<i>1 821</i>		
<b>Población total de la provincia en la unidad</b>				<b>41 162</b>		

Provincia Azua		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Azua (población total de la provincia)		105 324	94 360	199 684		242 400
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
Pedro las Casa	Villarpando	6		5 142		
<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>6</i>		<i>5 142</i>		
Las Yayas de Viajama D.M.	Las Yayas de Viajama	4		5 600		
	Hato Nuevo	5		2 598		
	Magueyal	1		948		
	Orégano Chiquito	1		369		
	Orégano Grande	2		651		
	Viajama	1		1 306		
<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>14</i>		<i>11 472</i>		
Tabara Arriba D.M.	Tabara Arriba	1		3 514		
	La Guanabana	3		3 628		
	Los Toros	4		3 445		
	Sajanca	3		1 472		
	Amiama Gómez	2		2 562		
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>13</i>		<i>14 621</i>		
<b>Población total de la provincia en la unidad</b>				<b>31 235</b>		

Provincia Independencia		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Independencia (población total de la provincia)		16 654	22 887	39 541		47 600
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
La Descubierta	La Descubierta	4		4 086		
	Ángel Félix	4		531		
	Los Pinos	17		1 494		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>25</i>		<i>6 111</i>		
Póster Río	Guayubal	7		1 252		
	Los Bolos	14		519		
	Maniel	5		595		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>26</i>		<i>2 366</i>		
<b>Población total de la provincia en la unidad</b>				<b>8 477</b>		

Provincia Bahoruco		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Bahoruco (población total de la provincia)		57 577	47 629	105 206		127 500
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
Neiba	Los Guineos	1		3 562		
	Apolinar Perdomo	1		2 134		
	<i>Total</i>	<i>2</i>		<i>5 696</i>		
Galvan D.M.	Galvan	4		5 077		
	El Mamon	9		3 163		
	El Rodeo	2		577		
	El Salado	5		1 392		
	Las Tejas	8		2 765		
	Tamarindo	4		860		
<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>32</i>		<i>13 834</i>		
Tamayo	Tamayo	6		10 890		
	Barranca	2		1 493		
	Cabeza de Toro	3		6 529		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>11</i>		<i>18 912</i>		
Los Ríos D.M.	Los Ríos	1		3 801		
	Clavellinas	1		1 607		
	Higo de la Cruz	9		556		
	Los Mosquitos	3		177		
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>14</i>		<i>6 141</i>	
Villa Jaragua	Pie de Loma	1		413		
	Arroyo Seco	1		158		
	<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>2</i>		<i>571</i>	
<b>Población total de la provincia en la unidad</b>				<b>45 154</b>		

Provincia Bahoruco		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Provincia Barahona		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Barahona (población total de la provincia)		54 088	110 747	164 835		199 200
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes (1993)		
Vicente Noble	Vicente Noble	8		9 896		
	Canoa	6		3 082		
	Fondo Negro	8		2 976		
	Quita Coraza	5		1 983		
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>27</i>		<i>17 937</i>		
<b>Población total de la provincia en la unidad</b>				<b>17 937</b>		

(\*) Población total de la provincia, según información obtenida de la página de internet ([www.one.gov.do](http://www.one.gov.do))

Por último y desde el punto de vista de las comunicaciones, todos los accesos a la unidad se realizan por caminos vecinales, desde las siguientes carreteras: Por el sector septentrional desde la carretera principal Sánchez (San Cristóbal a San Juan), y desde esta por la principal de San Juan a Hondo Valle. Y por el sector meridional por la carretera principal Enriquillo, desde la intersección de la carretera Sánchez en el Cruce del Quince hasta La Descubierta.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS

La Sierra de Neiba esta formada por dos cadenas paralelas: una septentrional de menor altitud (hasta 1700 metros), que es la prolongación de las Montañas Negras (Montagnes Noires) de Haití; y otra al sur que es la prolongación de las Montagnes de Trou d'Eau en Haití. Las dos cadenas están separadas por un valle que se extiende desde Hondo Valle hasta Vallejuelo; en este valle es donde se encuentran los principales asentamientos humanos de la Sierra de Neiba.

Las cumbres de la Sierra de Neiba se extienden 50-60 kilómetros desde la frontera, en sentido Oeste-Este. En los 15 kilómetros más occidentales (Loma Tasajera del Chivito), la plataforma

tiene hasta cuatro kilómetros de ancho; hacia el Este se hace más estrecha con inclinaciones fuertes tanto hacia el Norte como hacia el Sur. El punto más alto es Monte Neiba, con 2279 m.s.n.m., como ya se indicó anteriormente, la Loma Tasajera del Chivito llega a una altura de 2176 m.s.n.m. Hacia el Este, el relieve va descendiendo y la mayor altura la presenta Monte Bonito con 1842 m.s.n.m.

Siguiendo la misma orientación, se extienden anchos valles intramontanos, como el valle de los Pinos del Edén a 500 metros sobre el nivel del mar, el valle de Guayabal (a 200 m) y el valle de Los Bolos-El Maniel (a 1100 m). Además hay varias mesetas, como la ubicada al oeste de Los Bolos, de 3 kilómetros de ancho. Muchas cañadas bajan en sentido Norte-Sur hacia la Hoya del Lago Enriquillo y la mayoría de ellas tienen laderas muy inclinadas; entre estas cañadas están la de los Arroyos Penitente y Yerba Buena y la de los ríos Guayabal, Barreras, Manguito, Panzo y Majagual.

En general, el relieve de esta sierra es muy abrupto, descendiendo a ambos lados (Norte y Sur) con pendientes de inclinaciones de hasta 40%.

En el relieve de la Sierra de Neiba se observan fenómenos cársticos, los que originan un drenaje subterráneo. Igualmente, se observan conos de deyección, especialmente en el lado Sur.

Siendo principalmente una montaña de roca caliza, la Sierra de Neiba tiene pocas corrientes fluviales de caudal permanente; la gran mayoría de las aguas corren subterráneamente, brotando en forma de grandes manantiales, como por ejemplo Las Barías (La Descubierta), Las Marías (Neiba) y La Furnia (Clavellinas). Los Borbollones brota en la misma orilla del Lago Enriquillo.

Una gran parte de los ríos de la vertiente sur solamente llevan agua durante y después de fuertes aguaceros. Otros ríos de esta vertiente, como el Panzo y el Manguito, llevan agua en la parte alta pero el agua sigue subterráneamente en las partes bajas y el caudal parece seco. Los ríos Guayabal y Barrero son permanentes pero las aguas del Barrero normalmente no llegan hasta el lago porque están siendo desviadas por canales de riego. El Arroyo Los Bolos recorre el valle de Los Bolos por tres kilómetros y después desaparece en una cueva.

En la vertiente norte, los ríos se caracterizan por ser en su mayoría de caudal permanente, entre los cuales están los afluentes del río Macasía, que drena hacia Haití. En la parte occidental de esta vertiente se encuentran los ríos Caño, Sonador y Vallejuelo; en la parte oriental existe otro río con el nombre de Vallejuelo, que pasa por el pueblo de Vallejuelo y después entra en el río los Baos que desemboca en el Río San Juan.

La Sierra de Neiba es uno de los sistemas montañosos que más ha sido afectado, y continúa afectándose, por el alto impacto progresivo causado por la deforestación. Esta deforestación ha afectado sobre todo las partes de mediana altura, o sea entre los 700 y 1700 metros sobre el nivel del mar. En estado más o menos virgen sólo quedan los bosques nublados del firme de la sierra y los bosques semi-secos en el Suroeste de la misma. Los bosques secos de las partes bajas han sido afectados desde hace mucho tiempo atrás debido a la quema para carbón.

La Sierra de Martín García, queda separada de la Sierra de Neiba a causa de movimientos tectónicos que fracturaron el macizo y aislaron sendas sierras, en esta fractura se instauro lo que hoy en día conocemos como río Yaque del Sur, que drena ambas sierras.

Esta sierra, a pesar de ser un sistema montañoso relativamente pequeño, tan solo mide 25 por 12 Km, presenta interesantes características, como penetrar de forma directa en el mar, observándose elevadas alturas a distancias muy cercanas a la costa, precisamente su entrada al mar separa las bahías de Neiba y Ocoa. Las principales elevaciones de la sierra de Martín García son la Loma del Curro (1343 m.s.n.m.) y Loma Fría (1285 m.s.n.m.).

En cuanto a las características hidrológicas, dentro de la unidad se diferencian tres grandes zonas o ejes de descarga superficial, relacionados con los principales sistemas de facturación de la unidad y con drenaje final a tres cuencas hidrográficas distintas:

- El eje de distribución predominante S-N y SE-NO, localizado en el sector noroeste de la unidad, en el cual los cauces fluviales discurren sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y por conglomerados y areniscas del Mioceno. Estos cauces terminan descargando hacia el Norte, fuera ya de la unidad (en el Valle de San Juan), y hacia la margen izquierda el río Macasía, tributario, por su margen izquierda, del río Artibonito. El más significativo de los citados cauces es el río Caña-Vallejuelo, existiendo otros pequeño arroyos de circulación discontinua y estacional, como el Comendador, el Alonzo y el Seco-La Ceiba.
- El eje de distribución predominante NO-SE y secundarios N-S y SO-NO, localizado en el sector centro-oriental de la unidad, en el cual la red hidrográfica discurre, fundamentalmente, sobre depósitos fluviales cuaternarios y conglomerados y areniscas del Mioceno. La descarga se produce, en su mayor parte, hacia los cauces principales de los ríos Yaque del Sur (que atraviesa la unidad por su sector oriental) y San Juan (fuera de los límites de la unidad), siendo el más significativo de los cauces secundarios el río Vallejuelo-Los Baos. También existen otros pequeño arroyos de circulación discontinua, como son el Blanco I y el Blanco II, y la Cañada Naranjal.

- El eje de distribución predominante N-S, localizado en el sector suroeste de la unidad (zonas de La Descubierta-Neiba-Galván), en el cual los cauces fluviales discurren, fundamentalmente, sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y descargan hacia la cuenca endorreica del Lago Enriquillo. Como cauces continuos cabría destacar los ríos Barreras, El Manguito, Colorado-Panzo y Majagual, y como discontinuos o estacionales las cañadas de Los Murciélagos, Penitente, Yerda y el Mión.

### **2.3. ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DEMOGRÁFICA**

Desde el punto de vista administrativo, el área de estudio se sitúa dentro de la región suroeste de la isla, ocupando, a su vez, parte del territorio de seis provincias: Elías Piña, San Juan, Azua, Independencia, Bahoruco y Barahona.

En lo referente a distribución de municipios, en el área de estudio se incluyen 13 términos municipales y 5 distritos municipales, en las 6 provincias mencionadas. Estos municipios comprenden un total de 62 secciones y 463 parajes, cuya distribución, por términos municipales y provincias, se presenta en el cuadro 2.3.1.

Cuadro 2.3.1. Distribución de provincias, municipios, secciones y parajes, dentro del área de estudio y la población por provincias según el censo de la ONE 1993

<b>PROVINCIA</b>	<b>TERMINOS MUNICIPALES</b>	<b>DISTRITOS MUNICIPALES</b>	<b>Nº de SECCIONES</b>	<b>Nº de PARAJES</b>	<b>POBLACIÓN (1993)</b>
Elías Piña	Comendador		3	71	13 446
	El Llano		3	29	5 435
	Hondo Valle		5	59	9 532
		Juan Santiago	5	18	5 130
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>33 543</i>
San Juan	El Cercado		4	91	25 223
	Vallejuelo		3	23	14 091
	San Juan		1	3	1 821
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>41 162</i>
Azua	Padre las Casas		1	6	5 142
		Tabara de Arriba	5	13	14 621
		Las Yayas de Viajama	6	14	11 472

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº de SECCIONES	Nº de PARAJES	POBLACIÓN (1993)
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>31 235</i>
Independencia	La Descubierta		3	25	6 111
	Póster Río		3	26	2 366
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>8 477</i>
Bahoruco	Neiba		2	2	5 696
		Galván	6	32	13 834
	Tamayo		3	11	18 912
		Los Ríos	4	14	6 141
	Villa Jaragua		2	2	571
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>4 5154</i>
Barahona	Vicente Noble		4	27	17 937
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>17 937</i>
<b><i>Total población en la unidad</i></b>					<b><i>177 481</i></b>

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 es del 2.59% anual de media entre las provincias que se encuentran dentro de la unidad, estimándose una población total de 228045 habitantes, según se indica en el cuadro 2.3.2. En cuanto a su distribución la mayor parte (25.44%), se integra en la provincia de Bahoruco (58018 habitantes), el 23.18% en San Juan (52854 habitantes), el 18.90% en Elías Piña (43099 habitantes), el 17.60% en Azua (40133 habitantes), el 10.10% en Barahona (23047 habitantes) y el 4.78% restante a la provincia de Independencia (10892 habitantes).

La densidad de población en el área de estudio es baja (60 hab/km<sup>2</sup>), comparada con la media de todo el país (182 hab/km<sup>2</sup>), debido al relieve abrupto de la mayor parte de la zona.

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

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº de SECCIONES	Nº de PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Elías Piña	Comendador		3	71	17 277
	El Llano		3	29	6 983

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº de SECCIONES	Nº de PARAJES	POBLACIÓN (2004)
	Hondo Valle		5	59	12 248
		Juan Santiago	5	18	6 592
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>43 099</i>
San Juan	El Cercado		4	91	32 409
	Vallejuelo		3	23	18 106
	San Juan		1	3	2 340
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>52 854</i>
Azua	Padre las Casas		1	6	6 607
		Tabara de Arriba	5	13	18 787
		Las Yayas Viajama	6	14	14 740
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>40 133</i>
Independencia	La Descubierta		3	25	7 852
	Póster Río		3	26	3 040
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>10 892</i>
Bahoruco	Neiba		2	2	7 319
		Galván	6	32	17 775
	Tamayo		3	11	24 300
		Los Ríos	4	14	7 891
	Villa Jaragua		2	2	734
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>58 018</i>
Barahona	Vicente Noble		4	27	23 047
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>23 047</i>
<b><i>Total población en la unidad</i></b>					<b><i>228 045</i></b>

En cuanto al número de habitantes por subunidades hidrogeológicas, queda recogido en los cuadros 2.3.3. a 2.3.7.

Cuadro 2.3.3. Población de la subunidad Noroeste

SUBUNIDAD NOROESTE	Provincia Elías Piña			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
Comendador	Guayabo		31	5 939	7 631
		Los Rinconcitos	27	4 846	6 227
		Potro Blanco	13	2 661	3 419
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>71</i>	<i>13 446</i>	<i>17 277</i>
El Llano	El Llano		14	2 062	2 649

<b>Provincia Elias Piña</b>			<b>Población (1993)</b>	<b>Población (2004)</b>
<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>		
	Guanito	7	2 450	3 148
	Las Lagunas	8	923	1 186
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>29</i>	<i>5 435</i>	<i>6 983</i>
Hondo Valle	Hondo valle	1	3 271	4 203
	Aniceto Martínez	9	749	962
	Los Guineos	6	1 750	2 249
	Rancho de la Guardia	8	1 381	1 774
	Rancho de Pedro	29	2 102	2 701
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>59</i>	<i>9 532</i>	<i>12 248</i>
Juan Santiago D.M.	Juan Santiago D.M.	1	1 541	1 980
	Juan Santiago	9	1 309	1 682
	Juan de la Cruz	6	953	1 225
	Solana de la Loma	5	648	833
	Monte Mayor	7	679	872
<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>18</i>	<i>5 130</i>	<i>6 592</i>
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>33 543</b>	<b>43 099</b>
<b>Provincia San Juan</b>			<b>Población (1993)</b>	<b>Población (2004)</b>
<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>		
El Cercado	El Cercado	1	4 791	6 156
	El Pinal la Ranca	35	7 154	9 192
	La Cienaga	24	5 464	7 021
	Derrumbadero	31	7 813	10 039
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>91</i>	<i>25 223</i>	<i>32 409</i>
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>25 223</b>	<b>32 409</b>
<b>POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD</b>			<b>58 766</b>	<b>75 508</b>

Cuadro 2.3.4. Población de la subunidad Centro Oriental

SUBUNIDAD CENTRO ORIENTAL	Provincia San Juan			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	San Juan	Pueblo Nuevo	3	1 821	2 340
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>1 821</i>	<i>2 340</i>
	Vallejuelo	Vallejuelo	1	6 010	7 722
		Jorgillo	8	3 670	4 716
		Río Arriba del Sur	14	4 411	5 668
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>23</i>	<i>14 091</i>	<i>18 106</i>
	<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>15 912</b>	<b>20 446</b>
	Provincia Bahoruco			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes			
Tamayo	Tamayo	6	10 890	13 993	
	Barranca	2	1 493	1 918	
	Cabeza de Toro	3	6 529	8 389	
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>11</i>	<i>18 912</i>	<i>24 300</i>	
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>18 912</b>	<b>24 300</b>	
<b>POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD</b>			<b>34 824</b>	<b>44 746</b>	

Cuadro 2.3.5. Población de la subunidad Noreste

SUBUNIDAD NORESTE	Provincia Azua			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Pedro las Casa	Villarpando	6	5 142	6 607
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>5 142</i>	<i>6 607</i>
	Las Yayas de Viajama D.M.	Las Yayas de Viajama	4	5 600	7 195
		Hato Nuevo	5	2 598	3 338
		Magueyal	1	948	1 218
		Orégano Chiquito	1	369	474
		Orégano Grande	2	651	836
		Viajama	1	1 306	1 678
<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>14</i>	<i>11 472</i>	<i>14 740</i>	
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>16 614</b>	<b>21 347</b>	
<b>POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD</b>			<b>16 614</b>	<b>21 347</b>	

Cuadro 2.3.6. Población de la subunidad Sureste

SUBUNIDAD SURESTE	Provincia Azua			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Tabara Arriba D.M.	Tabara Arriba	1	3 514	4 515
		La Guanabana	3	3 628	4 662
		Los Toros	4	3 445	4 426
		Sajanca	3	1 472	1 891
		Amiama Gómez	2	2 562	3 292
	<i>Total</i>	<i>5</i>	<i>13</i>	<i>14 621</i>	<i>18 787</i>
	<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>14 621</b>	<b>18 787</b>
	Provincia Barahona			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes			
Vicente Noble	Vicente Noble	8	9 896	12 715	
	Canoa	6	3 082	3 960	
	Fondo Negro	8	2 976	3 824	
	Quita Coraza	5	1 983	2 548	
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>27</i>	<i>17 937</i>	<i>23 047</i>	
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>17 937</b>	<b>23 047</b>	
<b>POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD</b>			<b>32 558</b>	<b>41 834</b>	

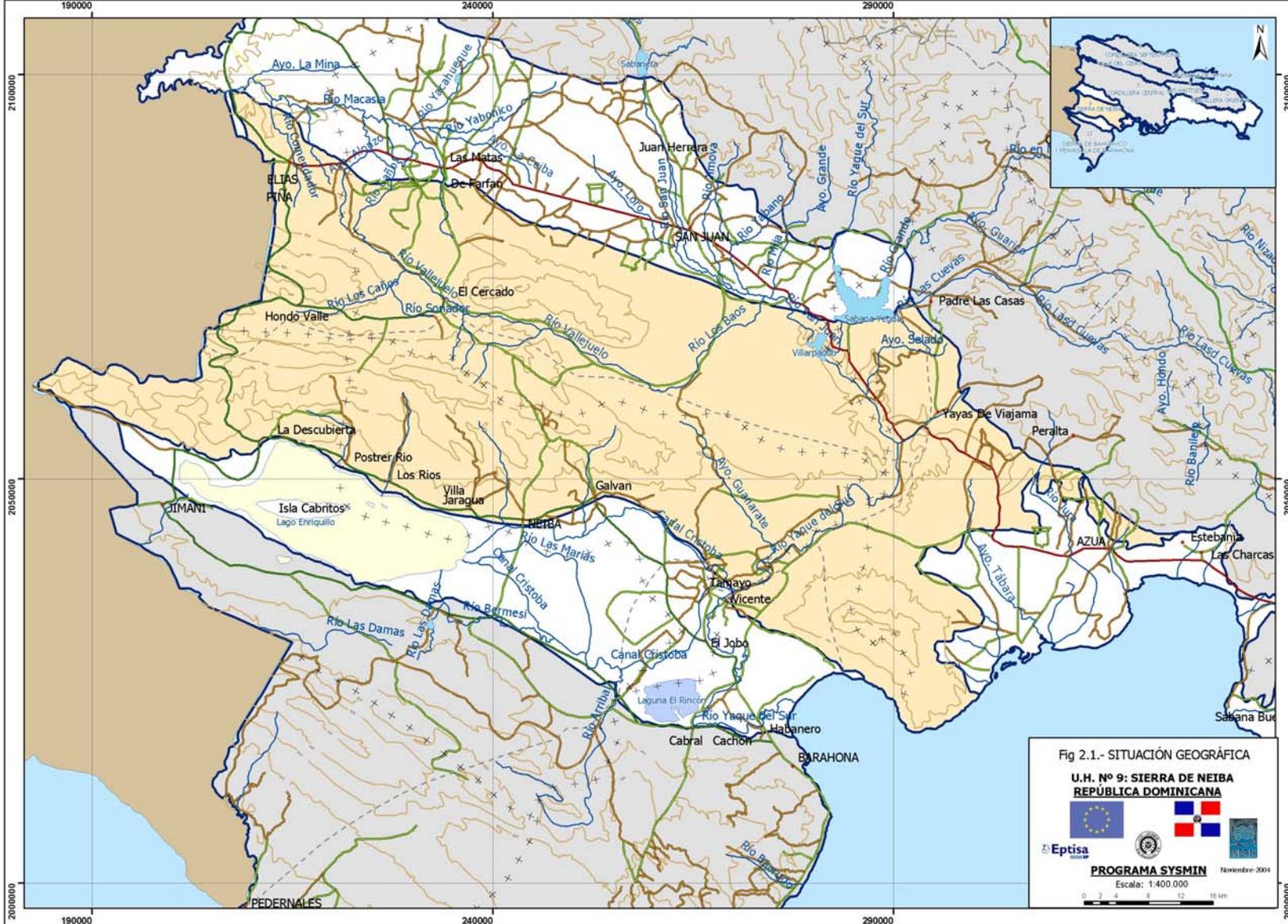
Cuadro 2.3.7. Población de la subunidad Suroeste

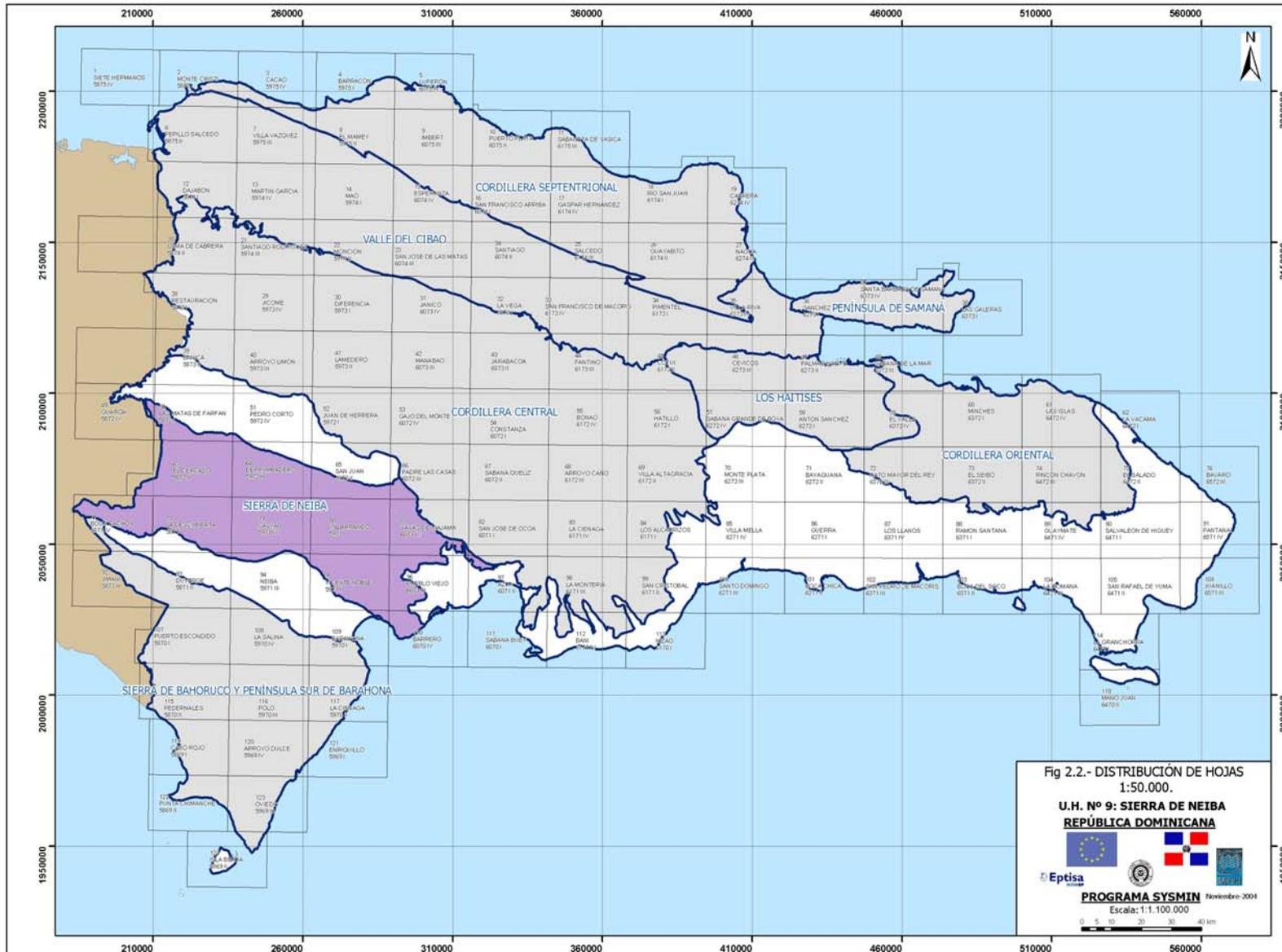
	Provincia Independencia			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
SUBUNIDAD SUROESTE	La Descubierta	La Descubierta	4	4 086	5 250
		Ángel Félix	4	531	682
		Los Pinos	17	1 494	1 920
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>25</i>	<i>6 111</i>	<i>7 852</i>
	Póster Río	Guayubal	7	1 252	1 609
		Los Bolos	14	519	667
		Maniel	5	595	765
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>26</i>	<i>2 366</i>	<i>3 040</i>
	<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>8 477</b>	<b>10 892</b>
	Provincia Bahoruco			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes			
Neiba	Los Guineos	1	3 562	4 577	
	Apolinar Perdomo	1	2 134	2 742	
	<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>5 696</i>	<i>7 319</i>	
Galvan D.M.	Galvan	4	5 077	6 523	
	El Mamon	9	3 163	4 064	
	El Rodeo	2	577	741	
	El Salado	5	1 392	1 789	
	Las Tejas	8	2 765	3 553	
	Tamarindo	4	860	1 105	
<i>Total</i>	<i>6</i>	<i>32</i>	<i>13 834</i>	<i>17 775</i>	
Los Ríos D.M.	Los Ríos	1	3 801	4 884	
	Clavellinas	1	1 607	2 065	
	Higo de la Cruz	9	556	714	
	Los Mosquitos	3	177	227	
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>14</i>	<i>6 141</i>	<i>7 891</i>	
Villa Jaragua	Pie de Loma	1	413	531	
	Arroyo Seco	1	158	203	
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>571</i>	<i>734</i>	
<b>Población total de la provincia en la subunidad</b>			<b>26 242</b>	<b>33 719</b>	
<b>POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD</b>			<b>34 719</b>	<b>44 611</b>	

En cuanto a la distribución de la población por subunidades, la mayor parte (33.11%), se integra en la subunidad Noroeste (75508 habitantes), el 19.62%.en la subunidad Centro Oriental (44746 habitantes), el 19.56%.en la subunidad Suroeste (44611 habitantes), el 18.35% en la subunidad Sureste (41834 habitantes), y el 9.36% restante en la subunidad Noreste (21347 habitantes).

Finalmente, en lo referente a la distribución de hojas topográficas (figura 2.2.), la U.H. de La Sierra de Neiba se incluye, de forma parcial, en las siguientes 18 hojas topográficas a escala 1:50.000 (de oeste a este y de norte a sur):

- Hoja nº 5872 IV: Guaroa;
- Hoja nº 5872 I: Las Matas de Farfán;
- Hoja nº 5972 IV: Pedro Corto;
- Hoja nº 5872 II: El Cercado;
- Hoja nº 5972 III: Derrumbadero;
- Hoja nº 5972 II: San Juan;
- Hoja nº 6072 III: Padre Las Casas;
- Hoja nº 5871 IV: Boca Cachón;
- Hoja nº 5871 I: La Descubierta;
- Hoja nº 5971 IV: Galván;
- Hoja nº 5971 I: Villarpando;
- Hoja nº 6071 IV: Yayas de Viajama;
- Hoja nº 5871 II: Duverge;
- Hoja nº 5971 III: Neiba;
- Hoja nº 5971 II: Vicente Noble;
- Hoja nº 6071 III: Pueblo Viejo;
- Hoja nº 5970 I: Barahona;
- Hoja nº 6070 IV: Barrero.





### **3. ESTUDIO AGRONÓMICO**

#### **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 diez 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 aquellas actualmente cultivadas o aquellas 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 Sierra de Neiba se encuentran las siguientes áreas agrícolas:

#### **3.2. DISTRITOS DE RIEGO**

Dentro de la unidad, se encuentra parte de cuatro distritos de riego, de los diez en que está dividido el territorio del país, que son: El Valle de San Juan, Yaque del Sur, Lago Enriquillo y el Valle de Azua. Cada uno de 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 Sierra de Neiba actualmente existen 28262.60 hectáreas de terreno dedicados a la agricultura, de las cuales 7377.30 ha se encuentran dentro del distrito de riego del Valle de San Juan, 11662.97 ha en el distrito del Valle de Azua, 3419.76 ha en el distrito de riego del Yaque del Sur y las 5802.57 ha restantes en el distrito de riego del Lago Enriquillo.

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. Asimismo en la figura 3.1 se representa la distribución espacial de los diferentes sistemas de riego.

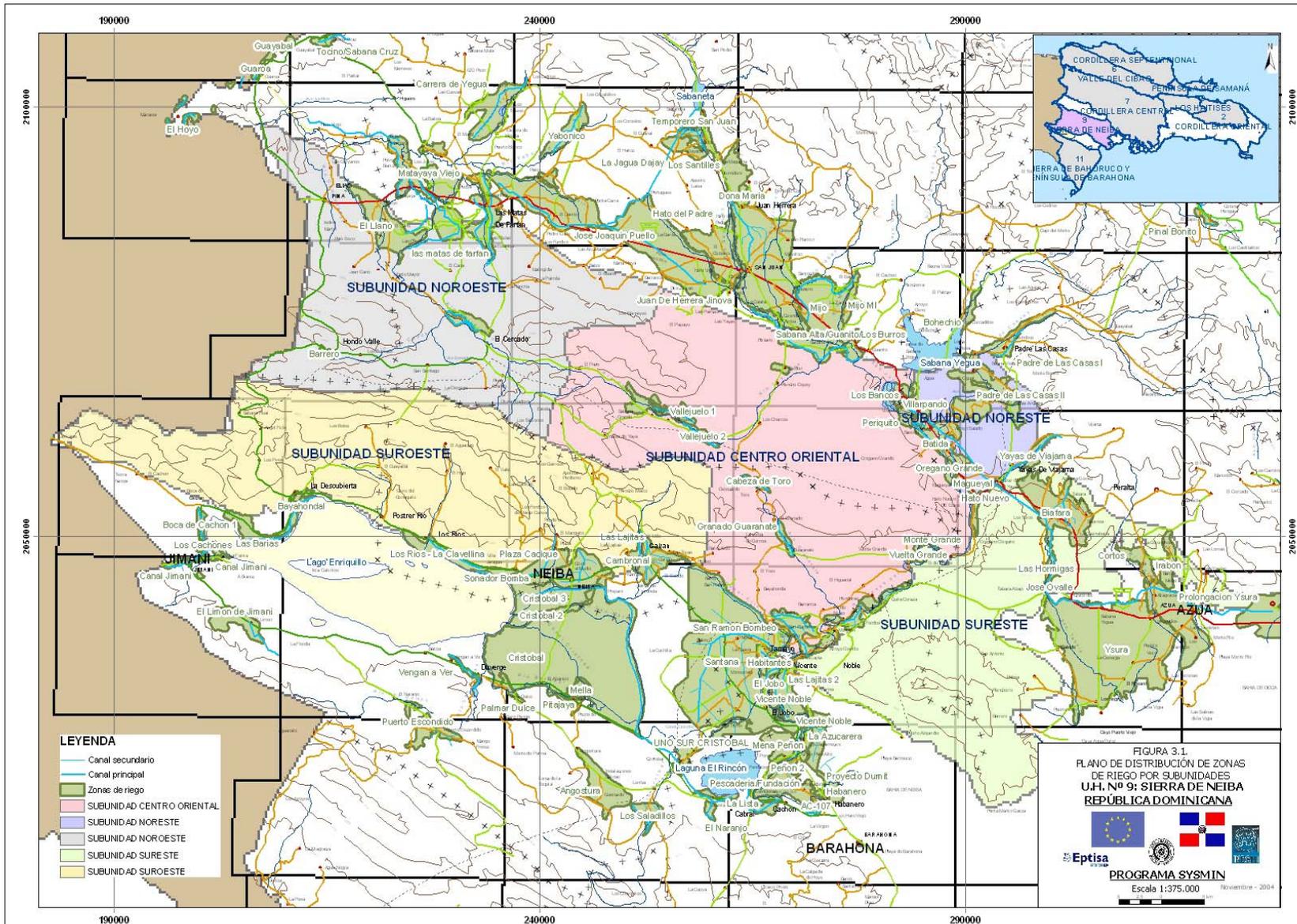
Cuadro 3.2.1. Sistemas de riego dentro de la unidad, por zonas y subzonas de distrito de riego

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Valle de San Juan	San Juan	Vallejuelo I	460.11	Río los Baos
		Vallejuelo I	236.88	Río los Baos
		Vallejuelo Complementario	721.88	Río los Baos
		Sabana Alta/Guanito/Los Burros	674.60	Río San Juan
		Cardon	166.19	Río San Juan
		Los Bancos	330.05	Río San Juan
		<b>Total</b>	<b>2,589.71</b>	
	Las Matas de Farfán	El Llano	2,522.03	Río Caña
		Caña Matayaya	753.75	Río Caña
		Las Matas de Farfán	714.66	Río Macasía
El Cercado/Pinar I		437.48	Río Vallejuelo	
El Cercado/Pinar II		239.32	Río Vallejuelo	
	Barrero	120.35	Río Barrero	
	<b>Total</b>	<b>4,787.59</b>		
	<b>TOTAL</b>	<b>7,377.30</b>		
Valle de Azua	Azua	Los Corzos	87.28	Río Yaque del Sur
		Los Corrales	118.04	Río Yaque del Sur
		Periquito	325.09	Río Yaque del Sur
		Villarpando	383.39	Río Yaque del Sur
		Batida	1,561.57	Río Yaque del Sur
		Orégano Grande	257.01	Río Yaque del Sur
		Magueyal	224.95	Río Yaque del Sur
		Hato Nuevo	505.77	Río Yaque del Sur
		Monte Grande	172.79	Río Yaque del Sur
		Biafara	3,636.50	Río Yaque del Sur
		Las Hormigas	256.94	Río Yaque del Sur
		José Ovalle	189.05	Río Yaque del Sur
		Cortos	88.35	Río Irabón
		Irabón	218.68	Río Irabón

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
		Estebania/las Charcas	87.54	Río Grande
		<b>Total</b>	<b>8,112.95</b>	
	Padre las Casas*	Padre las Casas I	25.64	Río Las Cuevas
		Padre las Casa II	3112.85	Río Las Cuevas
		Yayas de Viajama	411.53	Arroyo Viajama
<b>Total</b>	<b>3,550.02</b>			
<b>TOTAL</b>			<b>11,662.97</b>	
Yaque del Sur	Barahona	Vuelta Grande	248.14	Río Yaque del Sur
		El Bao	42.00	Río Yaque del Sur
		Quita Coraza	277.35	Río Yaque del Sur
		Honduras	246.86	Río Yaque del Sur
		Fondo Negro	424.62	Río Yaque del Sur
		Barranca (bomba)	145.77	Río Yaque del Sur
		San Ramón (bomba)	1,251.67	Río Yaque del Sur
		Arroyo Grande	350.08	Río Yaque del Sur
		Las Lajitas 2	72.21	Río Yaque del Sur
		Santana	361.06	Río Yaque del Sur
	<b>Total</b>	<b>3,419.76</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>3,419.76</b>	
Lago Enriquillo	Neiba	Cambronal	503.52	Río Majagual
		Las Lajitas	373.32	Río Majagual
		Las Canitas	60.24	Cachón Las Marías
		Panzo-Las Marías	1,708.53	Cachón Las Marías
		Plaza Cacique	1,299.99	Río el Manguito
		Sonador (bomba)	17.53	Cachón Mamey
		Los Río-Clavellina	1,089.23	Río Barrero
		Cabeza de Toro	227.49	Acuífero
		Granado Guaranate	343.13	Acuífero
	<b>Total</b>	<b>5,622.98</b>		
	Duvergé	Cristóbal 3	41.86	Laguna Rincón
		<b>Total</b>	<b>41.86</b>	
	Jimaní	Granadero	26.06	Cachón Las Barías
		Los Habitantes	23.71	Cachón Las Barías
Las Barías		87.96	Cachón Las Barías	
<b>Total</b>	<b>137.73</b>			
<b>TOTAL</b>			<b>5,802.57</b>	

\*Subzona de riego

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 de los distritos que se incluyen dentro de la poligonal de la unidad 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 Valle de San Juan los cultivos que ocupan la mayor extensión son habichuela, arroz, batata, maíz, yuca y las musáceas (plátano y guineo); en menor proporción el sorgo y el pasto natural que tan solo se dan en la zona de San Juan, y la berenjena, maní, pimiento, gandul y frutales en ambas zonas.

La habichuela se cultiva en el ciclo noviembre a marzo en la zona de Sabana Alta-Guanito-Los Burros, agosto a diciembre en la zona de Vallejuelo y septiembre a diciembre y noviembre a marzo en la zona de las Matas de Farfán, Caña Matayaya y el Llano.

En la zona de riego de las Matas de Farfán podemos distinguir tres áreas de riego, la más septentrional ocupada por los sistemas de riego de las Matas de Farfán, Caña Matayaya y El Llano, con un cultivo predominante de arroz, el área entorno al municipio de El Cercado, con cultivos mixtos y poco arroz, y el área de Barrero en el sector meridional oeste con cultivos mixtos. El riego en estas tres áreas se efectúa principalmente con aguas superficiales provenientes de los ríos Caño, Macasía y Barrero.

En la zona de riego de San Juan dentro de la unidad, se pueden diferenciar también tres áreas, la zona del valle del río Vallejuelo, la zona de San Juan con los sistemas de riego de Cardón, Sabana Alta, Guanito y los Burros donde predomina el cultivo de frijoles y arroz, y una pequeña área pegada al distrito del valle de Azua con el sistema de riego de los Bancos, donde predominan los cultivos de plátano, pasto y arroz cerca del río. El riego en estas tres áreas se efectúa con aguas superficiales proveniente del río San Juan.

En general en las zonas de riego de San Juan y las Matas de Farfán se encuentran tres tipos principales de uso agrícola de la tierra:

- 1 – Habichuela (fríjol) y otros cultivos menores.
- 2 – Arroz y otros cultivos menores.
- 3 – Pastos permanentes.

Los calendarios de cultivo de los distintos productos que se dan en estas dos zonas de riego quedan recogidos en los siguientes cuadros.

Cuadro 3.3.1. Calendario de los cultivos. Zona Las Matas de Farfán

<b>cultivos</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
habichuela-frijol												
pimientos												
berenjena												
maní												
guandul												
batata												
frutales												
otros cultivos												

Cuadro 3.3.2. Calendario de los cultivos. Zona San Juan de la Maguana

<b>cultivos</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
habichuela-frijol												
pimientos												
berenjena												
maní												
guandul												
sorgo												
batata												
frutales												
otros cultivos												
pasto												

- En las zonas de riego del distrito del Valle de Azua los cultivos que ocupan la mayor extensión resultan ser: el tomate industrial, sorgo, maíz, habichuela, plátano, guineo y melón, le sigue el maní, yuca, cebolla, berenjena y ají y en menor proporción sandía, batata, lechosa, tabaco, frutales, pastos y otras siembras.

El plátano y el guineo se encuentran por toda la zona, así como las demás especies anuales.

Se identifican dos épocas bien definidas en el transcurso del año agrícola: el período otoño-invierno y el período primavera-verano, influyendo fundamentalmente en las siembras de los cultivos de ciclo corto. Desde octubre hasta marzo predominan las siembras de tomate, melón,

habichuela y otras especies de hortalizas; desde abril hasta septiembre se realizan siembras de sorgo y en menor proporción de maíz, sandía y berenjena.

Algunas especies anuales como maíz y yuca se cultivan indistintamente en ambos períodos.

El período de otoño-invierno es el de mayor actividad agrícola, llegando a cubrir aproximadamente el 80% del área en cultivo, mientras que en primavera la máxima cobertura es del orden del 60% del terreno cultivable.

En la zona de riego del Valle de Azua se pueden diferenciar tres áreas, el comprendido a lo largo de las márgenes del río Yaque del Sur, entre los sistemas de abastecimiento de los Corzos y Monte Grande en la margen derecha, y los sistemas de Biafara, las Hormigas y José Ovalle en la margen izquierda, donde predominan los cultivos mixtos y los de plátano, coco, pastos y arroz cerca del río. Y dos pequeñas áreas, una entorno al río Jura entre los sistemas, Cortos e Irabón, y el otra en el extremo más suroccidental en el sistema de abastecimiento de Estibanía-Las Charcas, cuyos cultivos principales son el tomate, plátano, berenjena y maíz. Todas las zonas se riegan con aguas superficiales, excepto la zona de Estibanía que se efectúa con aguas subterráneas.

En la subzona de riego de Padre las Casas, comprende tanto la zona de los sistemas de Padre las Casas I al III, como el área de las Yayas de Viajama, con cultivos mixtos de tomate, tabaco, guandul, arroz, yuca, berenjena y habichuela. Ambas áreas regadas con aguas superficiales provenientes del río las Cuevas y el arroyo de Viajama.

De esta manera se encuentran los siguientes tipos de uso agrícola de la tierra:

- 1) Musáceas (plátano y guineo) y otros cultivos permanentes
- 2) Tomate en rotación con sorgo, maíz y otros cultivos
- 3) Habichuela en rotación con sorgo, maíz y otros cultivos
- 4) Melón en rotación con sorgo, maíz y otros cultivos

Los calendarios de cultivo de los distintos productos que se dan en las dos zonas de riego de este distrito, quedan recogidos en los siguientes cuadros:

Cuadro 3.3.3. Calendario de los cultivos, zona de Azua

<b>cultivos</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
tomate												

habichuela												
cebolla												
pimientos												
berenjena												
maní												
guandul												
sorgo												
pasto												
fructíferas												
otros cultivos												
batata												

Cuadro 3.3.4. Calendario de los cultivos, zona de Padre Las Casas

<b>cultivos</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
cebolla												
pimientos												
berenjena												
maní												
sorgo												
habichuela												
guandul												
pasto												
otros cultivos												
fructíferas												
batata												

- En las zonas de riego del distrito del Yaque del Sur y del Lago Enriquillo, los cultivos que ocupan la mayor extensión son el plátano, la habichuela, el maíz y los pastos naturales y artificiales. El arroz se cultiva en menor proporción.

En la zona de riego de Barahona que comprende dentro de la unidad desde los sistemas de riego de Vuelta Grande hasta las Lajitas 2, los cultivos más representados son el plátano, y el coco, cultivos mezclados con pastos. El riego se efectúa con aguas superficiales provenientes del Río Yaque del Sur.

En la zona de riego de Neiba se localizan dos áreas una entorno al municipio de Neiba, entre los sistemas de riego de Los Ríos-La Calvellina hasta Cambronai, en la parte centro meridional de la unidad, donde los cultivos más importantes son la habichuela, el maíz, la yuca, la batata, el

guandul, el cebollín, la cebolla, el cilantro, la lechosa, el plátano, el guineo, la uva y el coco. Y la otra entre Cabeza de Toro y el Granado a lo largo del curso del arroyo de Guaranate, donde los cultivos predominantes son el maíz, yuca y plátano. El riego de estas dos zonas se efectúa con aguas superficiales la primera de ella y con aguas subterráneas la segunda.

En la zona de riego de Jimaní que ocupa una pequeña porción de terreno en el área más suroeste de la unidad, los cultivos más importantes en los sistemas de riego de Granadero, los Habitantes y las Barias, son el Plátano, guineo, y la habichuela, cultivos mezclados con pastos naturales, seguido de maíz y arroz, y en menor proporción yuca, batata, cebolla, tomate, gandul, papaya y otros cultivos. El riego en esta zona se efectúa con aguas superficiales.

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

- 1 - Musáceas (plátano y guineo)
- 2 - Cultivos de ciclo corto (cultivos menores)
- 3 - Cultivos permanentes (frutales y pastos)

Los calendarios de cultivo de los distintos productos que se dan en las tres zonas de riego de este distrito dentro de la unidad, quedan recogidos en los siguientes cuadros:

Cuadro 3.3.5. Calendario de los cultivos, zona de Barahona

<b>cultivos</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
tomate												
habichuela-frijol												
pimientos												
berenjena												
pasto												
fructíferas												
batata												

Cuadro 3.3.6. Calendario de los cultivos, zona de Neiba

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
maíz												
habichuelas												
plátano-guineo												
yuca												
caña												
cebolla												
fructíferas												
uva												
guandul												
otros cultivos												
batata												
pasto												

Cuadro 3.3.7. Calendario de los cultivos, zona de Jimaní

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
maíz												
tomate												
habichuelas												
plátano-guineo												
yuca												
cebolla												
sorgo												
uva												
guandul												
otros cultivos												
fructíferas												
batata												
pasto												

### 3.4. **DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO**

Las demandas de agua para riego dependen, lógicamente, de las necesidades hídricas de cada cultivo que se realiza en las distintas zonas de riego. Estas necesidades hídricas se han obtenido mediante el cálculo de los volúmenes de agua necesarios para cada tipo de cultivos en los distintos distritos de riego, y aplicando un balance hídrico agronómico promedio para cada tipo de cultivo.

Este balance requirió información sobre los suelos, el clima y, sobre todo, de 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, así como la eficiencia total del sistema de riego.

El balance hídrico ha permitido determinar, con cierto grado de aproximación, los 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, como queda reflejado en el cuadro 3.4.1.

Cuadro 3.4.1. Volúmenes de agua que pueden ser utilizados por los cultivos para cada una de las zonas de riego

Tipo de cultivo	Zonas de riego							
	Azua	Padre las Casas	Duvergé	Barahona	Neiba	San Juan	Las Matas de Farfán	Jimaní
Demanda de agua en m <sup>3</sup> /ha/año								
maíz	6818	7919	8931	5254	8540	4964	4198	7684
arroz	8257	8839	6304	4570	6320	8761	7731	5795
tomate	5106			1166				2646
Caña				9060	14841			
musáceas	13372	13891	15378	9060	14841	14710	13542	13430
yuca	6482	6892	8244	3953	7908	8045	6880	6516
frijol	4161	3938	3227	2540	3234	3654	3739	2925
pimiento	7068	7523		5395		3365	4343	
guandul	4744	5454	6148		5806	5736	3946	4405
frutales	11614	12146						
papaya			15378	7575	12995	12896		11576
sorgo	7019	6947				4272		2925
cebolla	5106	5409	4327	2929	4343			3814
maní	5755	5973				5983	5347	
berenjena	7068	7523		2929		4387	4343	
batata	4161	3938	4327	2929	4343	9501	8349	3814
uva					11149			
Coco			7798	3120	7457			
otros	4161	3938	4327	2929	4343	4387	4343	3814
pastos	6340	6912	7798	3120	7457	7454		6011

Una vez obtenidas las demandas de agua necesarias para cada tipo de cultivo en las diferentes zonas de riego de la unidad, se elaboró el promedio del movimiento agrícola (datos obtenidos del documento "Uso actual y potencial de los suelos según capacidad productiva y frontera agrícola por municipio en la República Dominicana, 1999"), considerando para cada especie la

superficie sembrada y aquellas bajo siembra al final de cada año agrícola, el valor obtenido así, se indica en el cuadro 3.4.2.

Cuadro 3.4.2 Promedio de superficie sembrada y cosechada en los dos últimos años en las zonas de riego que se incluyen dentro de la unidad

CULTIVOS	SAN JUAN (ha).		LAS MATAS (ha).		EL LLANO (ha).	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
ARROZ F	2546	3151	592	708	330	355
HABICHUELA	8276	8215	203	211	8	40
MAIZ	3200	3140	413	308	46	31
SORGO	89	129	185	38	0	0
GUANDUL	2267	1895	125	104	4	12
MANI	175	160	90	61	38	48
PLATANO	27	45	53	200	1	4
GUINEO	3	12	1	1	0	0
CAÑA NEGRA	4	2	1	0	1	4
YUCA	234	223	91	97	34	24
BATATA	1011	1002	224	188	45	18
PAPA	1	1	0	0	0	0
TOMATE	78	63	4	4	0	0
CEBOLLA	255	254	5	8	1	0
AJI	78	87	6	8	0	1
BERENGENA	75	79	9	15	0	0
REMOLACHA	5	8	9	9	0	0
PEPINO	2	2	1	1	0	0
CILANTRO	38	56	2	4	0	0
OTRAS HORT.	88	81	5	2	0	0
TABACO	0	0	1	3	0	0
LECHOSA	101	85	1	0	0	0
MELON	7	5	0	0	0	0
CITRICOS	18	27	3	3	0	0
MANGO	69	117	0	0	0	0
PASTOS NAT.	202	625	3	4	0	3
<b>TOTALES</b>	<b>18853</b>	<b>19467</b>	<b>2027</b>	<b>1980</b>	<b>511</b>	<b>542</b>

CULTIVOS	AZUA (ha).		PADRE LAS CASAS (ha).	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
ARROZ F	130	138	86	107
HABICHUELA	305	308	229	233
MAIZ	268	225	59	63

CULTIVOS	AZUA (ha).		PADRE LAS CASAS (ha).	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
GUANDUL	68	243	48	56
MANI	41	36	23	10
PLATANO	292	1726	3	9
GUINEO	110	585	1	0
YUCA	90	126	72	76
BATATA	56	30	78	89
TOMATE	408	407	0	0
CEBOLLA	20	24	31	44
AJI	26	65	23	33
BERENGENA	22	40	18	12
PEPINO	6	9	6	12
MOLONDRON	41	67	0	1
OTRAS HORT.	22	227	12	8
TABACO	230	240	3	4
LECHOSA	8	24	3	8
AGUACATE	0	66	0	16
MELON	31	30	14	18
CITRICOS	4	209	1	145
SANDIA	3	5	6	2
MANGO	5	122	0	1
COCO	0	11	0	2
OTROS FRUT.	1	0	0	0
SABILA	0	0	6	3
PASTOS NAT.	3	768	0	403
<b>TOTALES</b>	<b>2189</b>	<b>5733</b>	<b>722</b>	<b>1356</b>

CULTIVOS	NEYBA (ha).		DUBERGE (ha).		JIMANI (ha).	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
ARROZ F	0	1	18	13	10	84
HABICHUELA	23	24	4	4	71	100
MAIZ	28	18	8	4	31	42
SORGO	0	0	22	0	0	0
GUANDUL	2	1	1	6	9	23
MANI	5	11	0	0	0	0
PLATANO	19	1159	6	126	21	1079
GUINEO	11	212	3	20	13	92
CAÑA AZUCAR	0	1	0	0	0	0
CAÑA NEGRA	4	8	0	0	0	0
YUCA	10	5	6	14	7	3

CULTIVOS	NEYBA (ha).		DUBERGE (ha).		JIMANI (ha).	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
ÑAME	0	1	0	1	0	1
CEBOLLA	8	5	9	15	0	2
AJI	2	4	4	11	1	2
BERENGENA	0	1	4	8	0	0
PEPINO	1	1	1	0	0	0
LECHOSA	24	50	16	23	57	153
MELON	1	2	2	6	1	1
CITRICOS	7	16	1	0	2	6
SANDÍA	6	5	0	6	2	1
MANGO	8	15	1	0	0	0
UVA	4	180	0	0	0	0
COCO	0	28	0	0	0	0
PASTOS NAT.	14	1259	0	1491	79	546
<b>TOTALES</b>	<b>182</b>	<b>3009</b>	<b>108</b>	<b>1750</b>	<b>315</b>	<b>2150</b>

Obtenidas las superficies de cultivos sembradas por zonas de riego, e identificadas las superficies irrigadas por subunidades hidrogeológicas, según se indica en el cuadro 3.4.3, se calcularon las demandas de agua medias por hectáreas para cada una de las subunidades hidrogeológicas establecidas, obteniéndose el volumen total demandado por cada sistema de riego, según se indica en el cuadro 3.4.4.

Cuadro 3.4.3. Superficies irrigadas por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
Noroeste	Valle de San Juan	Las Matas de Farfán	El Llano	2522.03
			Caña Matayaya	753.75
			Las Matas de Farfán	714.66
			El Cercado/Pinar I	437.48
			El Cercado/Pinar II	239.32
			Barrero	120.35
			<b>Total</b>	<b>4787.59</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4787.59</b>
Centro Oriental	Valle de San Juan	San Juan	Vallejuelo I	460.11
			Vallejuelo II	236.88
			Vallejuelo Complementario	721.88
			Sabana Alta/Guanito/Los Burros	674.72
			Cardon	166.19
			Los Bancos	279.04
			<b>Total</b>	<b>2,538.82</b>

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
	Valle de Azua	Azua	Los Corrales	82.56
			Periquito	227.01
			Villarpando	0.34
			Batida	192.93
			Orégano Grande	41.96
			Monte Grande	167.86
			<b>Total</b>	<b>712.66</b>
	Yaque del Sur	Barahona	Vuelta Grande	163.93
			El Bao	26.34
			Quita Coraza	41.44
			Honduras	238.25
			Fondo Negro	69.38
			Barranca (bomba)	138.49
			San Ramón (bomba)	1184.28
			Arroyo Grande	266.76
			Las Lajitas 2	1.66
			Santana	356.11
	<b>Total</b>	<b>2,486.64</b>		
	Lago Enriquillo	Neiba	Cabeza de Toro	227.49
			Granado-Guaranate	343.13
<b>Total</b>			<b>570.62</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>6,308.73</b>
Noreste	Valle de San Juan	San Juan	Los Bancos	51.13
			<b>Total</b>	<b>51.13</b>
	Valle de Azua	Azua	Los Corrales	35.48
			Los Corozos	87.28
			Periquito	98.08
			Villarpando	383.04
			Batida	1,368.64
			Orégano Grande	215.05
			Magueyal	224.95
			Hato Nuevo	71.56
	<b>Total</b>	<b>2,484.08</b>		
	Padre las Casas	Padre las Casas	Padre las Casas I	25.64
			Padre las Casa II	3112.99
			Yayas de Viajama	103.45
			<b>Total</b>	<b>3,242.08</b>
<b>TOTAL</b>				<b>5,777.29</b>
Sureste	Valle de Azua	Azua	Yayas de Viajama	308.07
			Biafara	3,636.50
			Las Hormigas	256.94

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	
			José Ovalle	189.05	
			Cortos	88.73	
			Irabón	218.54	
			Estebania/las Charcas	87.60	
			Hato Nuevo	434.21	
			Monte Grande	4.93	
			<b>Total</b>	<b>5,224.57</b>	
	Yaque del Sur	Barahona	Vuelta Grande	84.20	
			El Bao	15.59	
			Quita Coraza	236.00	
			Honduras	8.63	
			Fondo Negro	355.32	
			Barranca (bomba)	7.13	
			San Ramón (bomba)	67.40	
			Arroyo Grande	83.21	
			Las Lajitas 2	70.55	
	<b>Total</b>	<b>928.03</b>			
	<b>TOTAL</b>				<b>6,152.59</b>
	Suroeste	Yaque del Sur	Barahona	Santana	3.87
<b>Total</b>				<b>3.87</b>	
Lago Enriquillo		Neiba	Cambronol	503.52	
			Las Lajitas	373.32	
			Las Canitas	60.24	
			Panzo-Las Marías	1,708.53	
			Plaza Cacique	1,299.99	
			Sonador (bomba)	17.31	
			Los Río-Clavellina	1,089.45	
		<b>Total</b>	<b>5,052.36</b>		
		Duvergé	Cristóbal 3		41.86
				<b>Total</b>	<b>41.86</b>
Jimaní		Granadero		26.06	
			Los Habitantes	23.71	
			Las Barias	87.96	
<b>Total</b>		<b>137.73</b>			
<b>TOTAL</b>				<b>5,235.81</b>	

Cuadro 3.4.4. 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 <sup>3</sup> /ha/año)	Volumen total (hm <sup>3</sup> )
<b>Noroeste</b>	Valle de San Juan	Las Matas de Farfán	El Llano	2,522.03	6,876	17.34
			Caña Matayaya	753.75		5.18
			Las Matas de	714.66		4.91
			El Cercado/Pinar I	437.48		3.01
			El Cercado/Pinar II	239.32		1.65
			Barrero	120.35		0.83
			<b>Total</b>	<b>4,787.59</b>		<b>32.92</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4,787.59</b>		<b>32.92</b>
<b>Centro Oriental</b>	Valle de San Juan	San Juan	Vallejuelo I	460.11	6,162	2.84
			Vallejuelo II	236.88		1.64
			Vallejuelo	721.88		4.45
			Sabana	674.72		4.16
			Cardon	166.19		1.02
			Los Bancos	279.04		1.72
			<b>Total</b>	<b>2,538.82</b>		<b>15.64</b>
	Valle de Azua	Azua	Los Corrales	82.56	8,539	0.70
			Periquito	227.01		1.94
			Villarpando	0.34		0.00
			Batida	192.93		1.65
			Orégano Grande	41.96		0.36
			Monte Grande	167.86		1.43
			<b>Total</b>	<b>712.66</b>		<b>6.09</b>
	Yaque del Sur	Barahona	Vuelta Grande	163.93	9,020	1.48
			El Bao	26.34		0.24
			Quita Coraza	41.44		0.37
			Honduras	238.25		2.15
			Fondo Negro	69.38		0.63
			Barranca (bomba)	138.49		1.25
			San Ramón	1,184.28		10.68
			Arroyo Grande	266.76		2.41
			Las Lajitas 2	1.66		0.01
			Santana	356.11		3.21
			<b>Total</b>	<b>2,486.64</b>		<b>22.43</b>
	Lago Enriquillo	Neiba	Cabeza de Toro	227.49	8,295	1.89
			Granado-Guaranate	343.13		2.85
<b>Total</b>			<b>570.62</b>	<b>4.73</b>		
<b>TOTAL</b>				<b>6,308.73</b>		<b>48.89</b>
<b>Noreste</b>	Valle de San Juan	San Juan	Los Bancos	51.13	6,162	0.32
			<b>Total</b>	<b>51.13</b>		<b>0.32</b>
	Valle de	Azua	Los Corrales	35.48	8,539	0.30

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Demanda media por ha (m <sup>3</sup> /ha/año)	Volumen total (hm <sup>3</sup> )
			Los Corozos	87.28		0.75
			Periquito	98.08		0.84
			Villarpando	383.04		3.27
			Batida	1,368.64		11.69
			Orégano Grande	215.05		1.84
			Magueyal	224.95		1.92
			Hato Nuevo	71.56		0.61
			<b>Total</b>	<b>2,484.08</b>		<b>21.21</b>
		Padre las Casas	Padre las Casas I	25.64	6,541	0.17
			Padre las Casa II	3,112.99		20.36
			Yayas de Viajama	103.45		0.68
			<b>Total</b>	<b>3,242.08</b>		<b>21.21</b>
		<b>TOTAL</b>				<b>5,777.29</b>
Sureste	Valle de Azua	Azua	Yayas de Viajama	308.07	8,611	2.65
			Biafara	3,636.50		31.31
			Las Hormigas	256.94		2.21
			José Ovalle	189.05		1.63
			Cortos	88.73		0.76
			Irabón	218.54		1.88
			Estebania/las	87.60		0.75
			Hato Nuevo	434.21		3.74
			Monte Grande	4.93		0.04
			<b>Total</b>	<b>5,224.57</b>		<b>87.72</b>
	Yaque del Sur	Barahona	Vuelta Grande	84.20	9,020	0.76
			El Bao	15.59		0.14
			Quita Coraza	236.00		2.13
			Honduras	8.63		0.08
			Fondo Negro	355.32		3.20
			Barranca (bomba)	7.13		0.06
			San Ramón	67.40		0.61
			Arroyo Grande	83.21		0.75
			Las Lajitas 2	70.55		0.64
			<b>Total</b>	<b>928.03</b>		<b>8.37</b>
<b>TOTAL</b>				<b>6,152.59</b>		<b>95.72</b>
Suroeste	Yaque del Sur	Barahona	Santana	3.87	9,020	0.03
			<b>Total</b>	<b>3.87</b>		<b>0.03</b>
	Lago Enriquillo	Neiba	Cambronal	503.52	14,329	7.21
			Las Lajitas	373.32		5.35
			Las Canitas	60.24		0.86
			Panzo-Las Marías	1,708.53		24.48
Plaza Cacique	1,299.99	18.63				

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Demanda media por ha (m <sup>3</sup> /ha/año)	Volumen total (hm <sup>3</sup> )		
			Sonador (bomba)	17.31		0.25		
			Los Río-Clavellina	1,089.45		15.61		
			<b>Total</b>	<b>5,052.36</b>		<b>72.40</b>		
		Duvergé *	Cristóbal 3	41.86	9,049	0.38		
				<b>Total</b>	<b>41.86</b>	<b>0.38</b>		
		Jimaní *		Granadero	26.06	7,420	0.19	
				Los Habitantes	23.71		0.18	
				Las Barías	87.96		0.65	
				<b>Total</b>	<b>137.73</b>		<b>1.02</b>	
		<b>TOTAL</b>				<b>5,235.81</b>		<b>73.83</b>

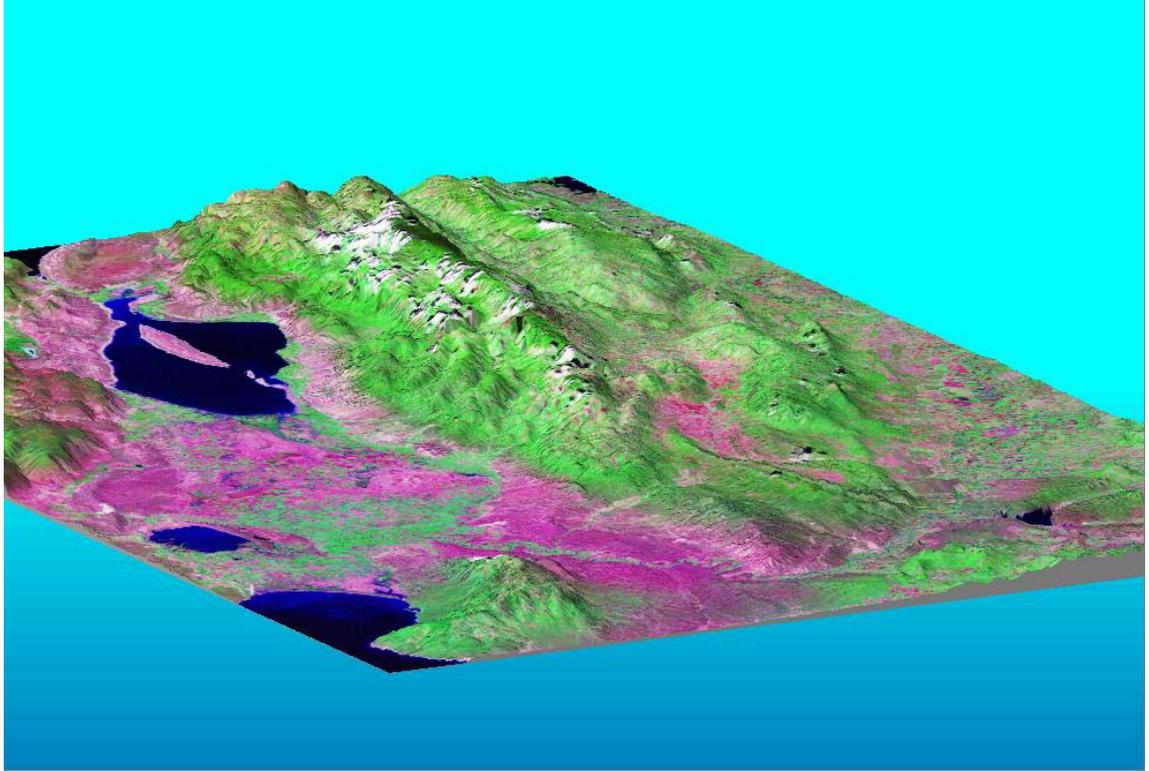
El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 294.47 hm<sup>3</sup>/año, aunque tan solo 5.48 hm<sup>3</sup>/año proceden de extracciones de agua subterránea, que se aplican en tres sistemas de riego de las subunidades Centro Oriental y Sureste, como se recoge en el cuadro 3.4.5.

Cuadro 3.4.5. Extracciones de aguas subterráneas para riego

Subunidad	Distrito de riego	Zona de riego	Sistema de riego	Superficie regada (ha)	Demanda (m <sup>3</sup> /ha/año)	Total extracciones (hm <sup>3</sup> /año)
Centro oriental	Lago Enriquillo	Neiba	Cabeza de Toro	227.49	8,295	1.88
			Granado Guaranate	343.13	8,295	2.84
	<b>TOTAL</b>				<b>570.62</b>	<b>8,295</b>
Sureste	Valle de Azua	Azua	Estebania/las Charcas	87.60	8,611	0.75
			<b>TOTAL</b>			
					<b>TOTAL</b>	<b>5.48</b>

La siguiente figura está tomada a partir de una imagen de satélite Landsat ortorectificada de la República Dominicana, pudiéndose apreciar, según los colores, las zonas de riego. Así, los colores rojizos muestran zonas de riego, que tal y como se aprecia en esta imagen, se dan fundamentalmente en el valle del río Yaque del Sur y en el aluvial del río Los Baos. También se aprecian zonas de riego en los bordes del Lago Enriquillo.

Figura 3.2. Imagen de satélite de la Sierra de Neiba



## **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.

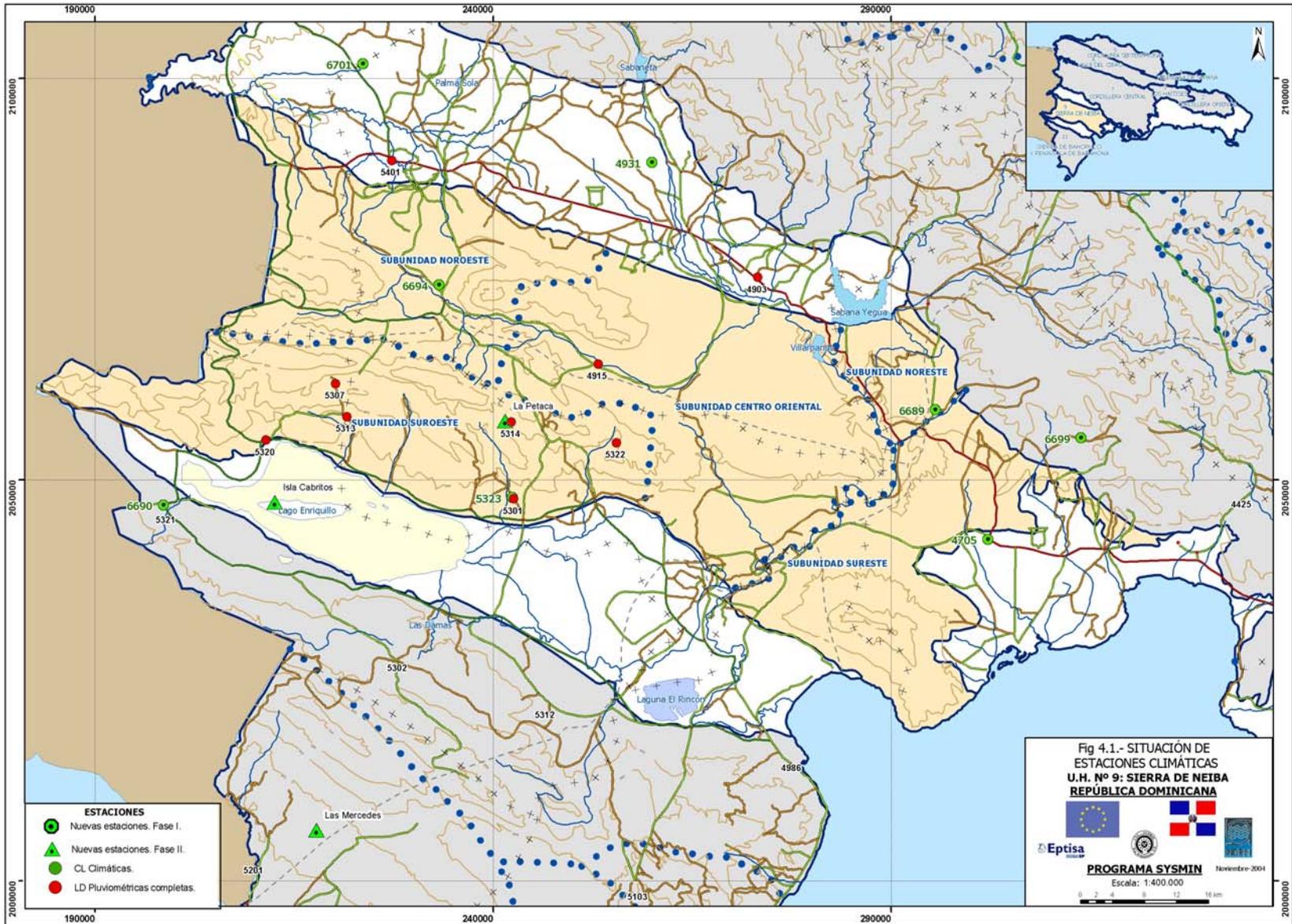
Para alcanzar los objetivos propuestos se han realizado, de una forma consecutiva, las siguientes actividades:

- Selección de las estaciones pluviométricas y termométricas a utilizar.
- Restitución y completado de las series de datos pluviométricos de las estaciones seleccionadas para el periodo 1967-2000 y termométricos para el periodo 1968-1987.
- Análisis de los datos pluviométricos, considerando años tipo.
- Análisis de los datos termométricos.
- Cálculo de la evapotranspiración potencial.
- 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 la estación climática 5: La Petaca. No existen estaciones que representen todas las zonas del estudio, de manera que en las zonas más altas de la Sierra de Neiba, así como en las zonas norte y este de la unidad 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 han considerado como parte del

estudio dos estaciones situadas en la Unidad Hidrogeológica 08 Valle de San Juan, al norte de la Sierra de Neiba, para completar la falta de datos de la zona norte de la Unidad (estaciones 4903 – San Juan de la Maguana y 5401 – Matayaya). En la figura 4.1 se muestran las estaciones climáticas existentes en la unidad hidrogeológica de Sierra de Neiba. Están representadas las estaciones del INDRHI, así como las estaciones que se instalaron durante la realización de la Fase I de Estudio Hidrogeológico Nacional, y las más recientes de esta Fase II. En este estudio hidroclimático no se utilizarán estos dos últimos grupos 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 nueve estaciones climáticas (ver figura 4.1). A excepción de las estaciones 4903 – San Juan de la Maguana y 5401 – Matayaya situadas en las Unidad Hidrogeológica 08: Valle de San Juan, las estaciones se sitúan en la Unidad Hidrogeológica 09: Sierra de Neiba. En el cuadro 4.1.1 se enumeran las estaciones utilizadas, con sus principales datos de localización.

Cuadro 4.1.1. Estaciones pluviométricas seleccionadas

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>TIPO(*)</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTITUD</b>
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	CL	18° 45' 27"	71° 09' 02"	378
4915	VALLEJUELO	CL	18° 39' 27"	71° 20' 22"	660
5301	NEYBA	CL	18° 30' 17"	71° 26' 15"	100
5307	LOS BOLOS	LD	18° 37' 53"	71° 39' 05"	1 100
5313	GUAYABAL-POSTRER	CL	18° 35' 40"	71° 38' 15"	225
5314	LOS GUINEOS	LD	18° 35' 28"	71° 26' 30"	740
5320	LA DESCUBIERTA (MET)	LD	18° 34' 00"	71° 44' 00"	9
5322	MAJAGUAL	LD	18° 34' 09"	71° 18' 59"	740
5401	MATAYAYA	CL	18° 53' 00"	71° 35' 18"	430

(\*) LD: estación pluviométrica; CL: estación climática

##### **4.1.3.2. Módulos pluviométricos anuales y años tipo**

El período de años considerado para el estudio de la precipitación es de 1967 a 2000, ambos incluidos, lo que representa un total de 34 años.

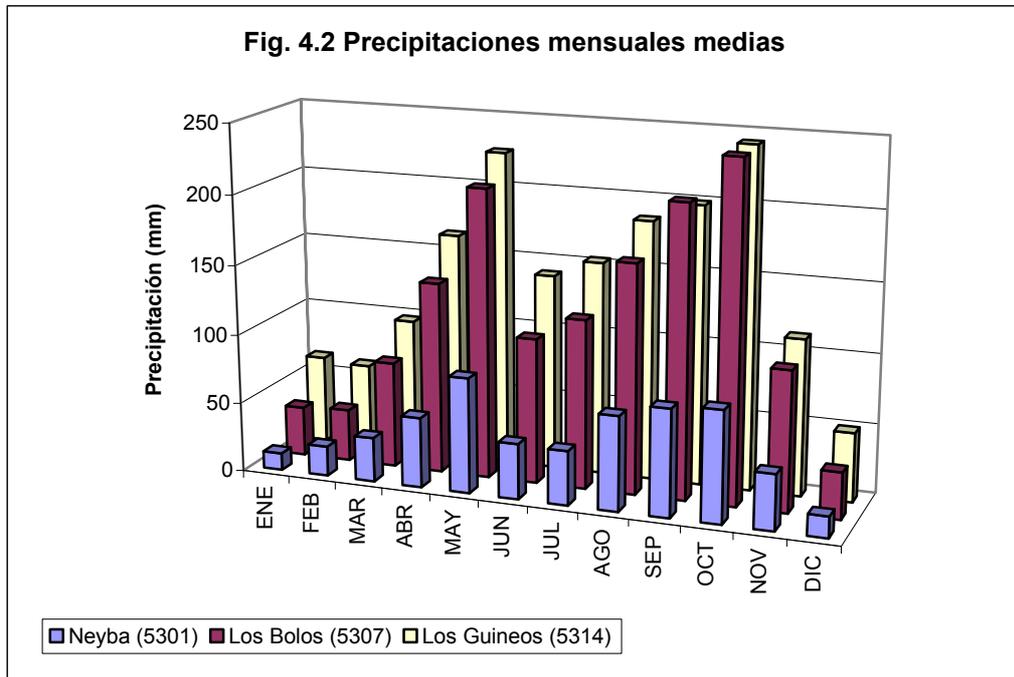
Las series originalmente recopiladas presentan una calidad muy desigual (Documentación Complementaria). En un principio se seleccionaron sólo las estaciones cuyas series eran

suficientemente amplias, pero hubo que recurrir a estaciones con series más incompletas para poder representar mejor la unidad. 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 34 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 921.9 mm.

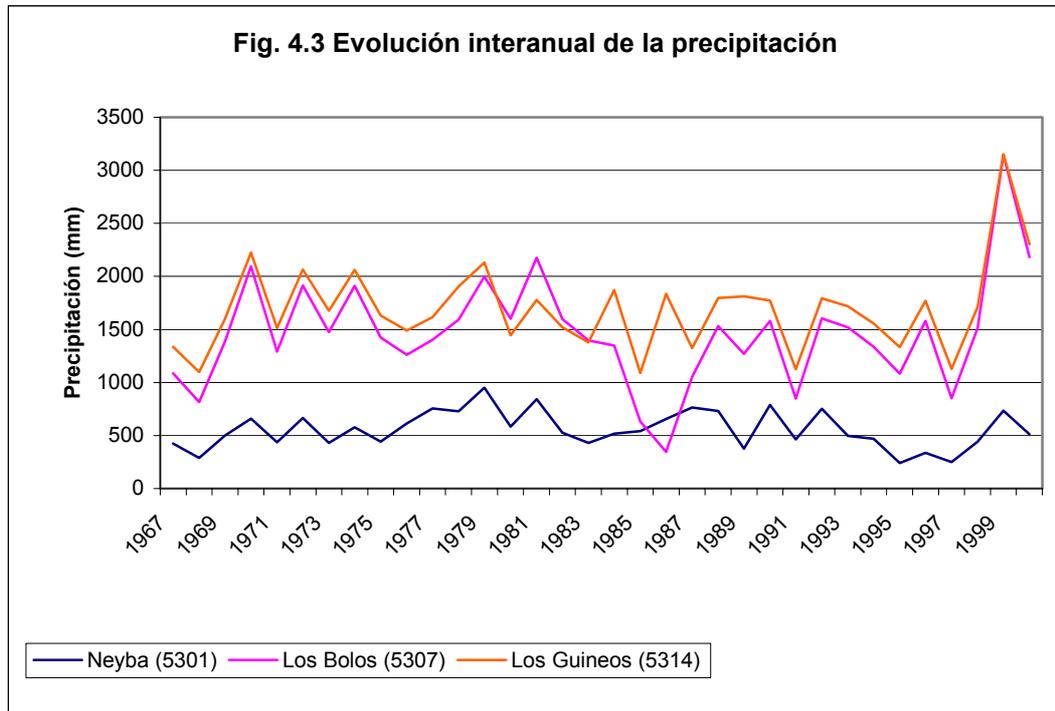
Cuadro 4.1.2. Módulo pluviométrico anual (en mm)

<b>INDICATIVO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>MÓDULO DE PLUVIOMETRÍA ANUAL (mm)</b>
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	683.9
4915	VALLEJUELO	849.2
5301	NEYBA	556.9
5307	LOS BOLOS	1 466.2
5313	GUAYABAL-POSTRER	908.8
5314	LOS GUINEOS	1 692.9
5320	LA DESCUBIERTA (MET)	630.0
5322	MAJAGUAL	505.8
5401	MATAYAYA	1 003.5
	MEDIA	921.9

En la figura 4.2. se representa la distribución mensual de la precipitación de tres de las estaciones: Neyba (5301, 100 m.s.n.m.), Los Bolos (5307, 1100 m.s.n.m.) y Los Guineos (5314, 740 m.s.n.m.). Estas tres estaciones han sido seleccionadas como representativas de las distintas altitudes de la zona. Puede observarse que la distribución mensual de las precipitaciones presenta un régimen bimodal, con un pico máximo en octubre y otro en mayo. Los meses más secos son diciembre, enero y febrero. La estación de Los Guineos (5314) presenta los valores más elevados de pluviometría, seguida por la estación de Los Bolos (5307), siendo las precipitaciones correspondientes a la estación de Neiba (5301) mucho menores que las de las estaciones anteriores.



La evolución interanual de la precipitación en estas tres estaciones para los 34 años analizados, se representa en la figura 4.3. En general, la pluviometría evoluciona de forma similar en las tres estaciones seleccionadas.



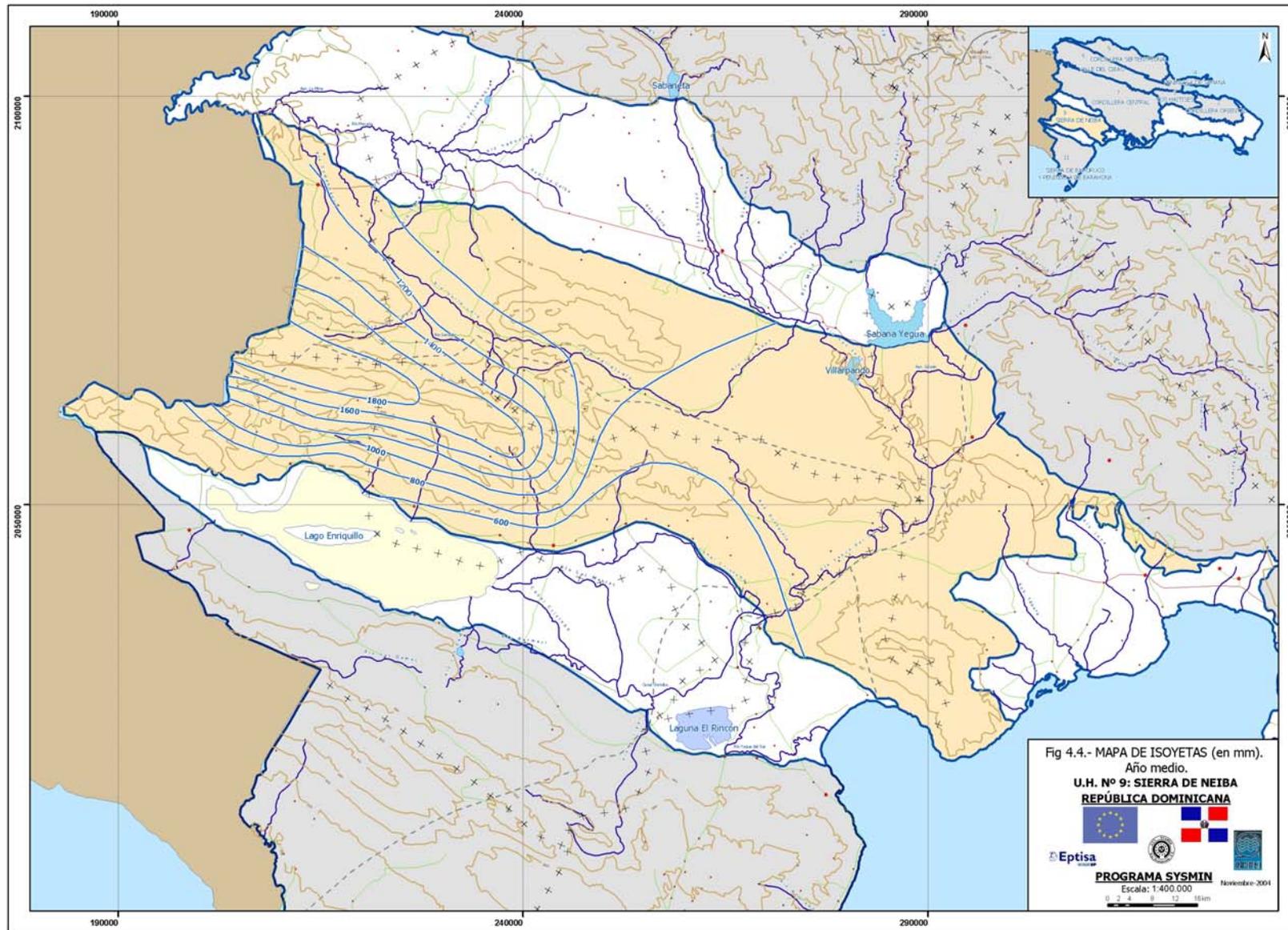
Para la definición de los años tipo (seco, medio y húmedo) de cada estación se han ajustado las series de valores de precipitación total anual obtenidas para cada estación a una distribución de Goodrich. Aquellos años con un valor de pluviometría anual menor que el correspondiente a la probabilidad de 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.

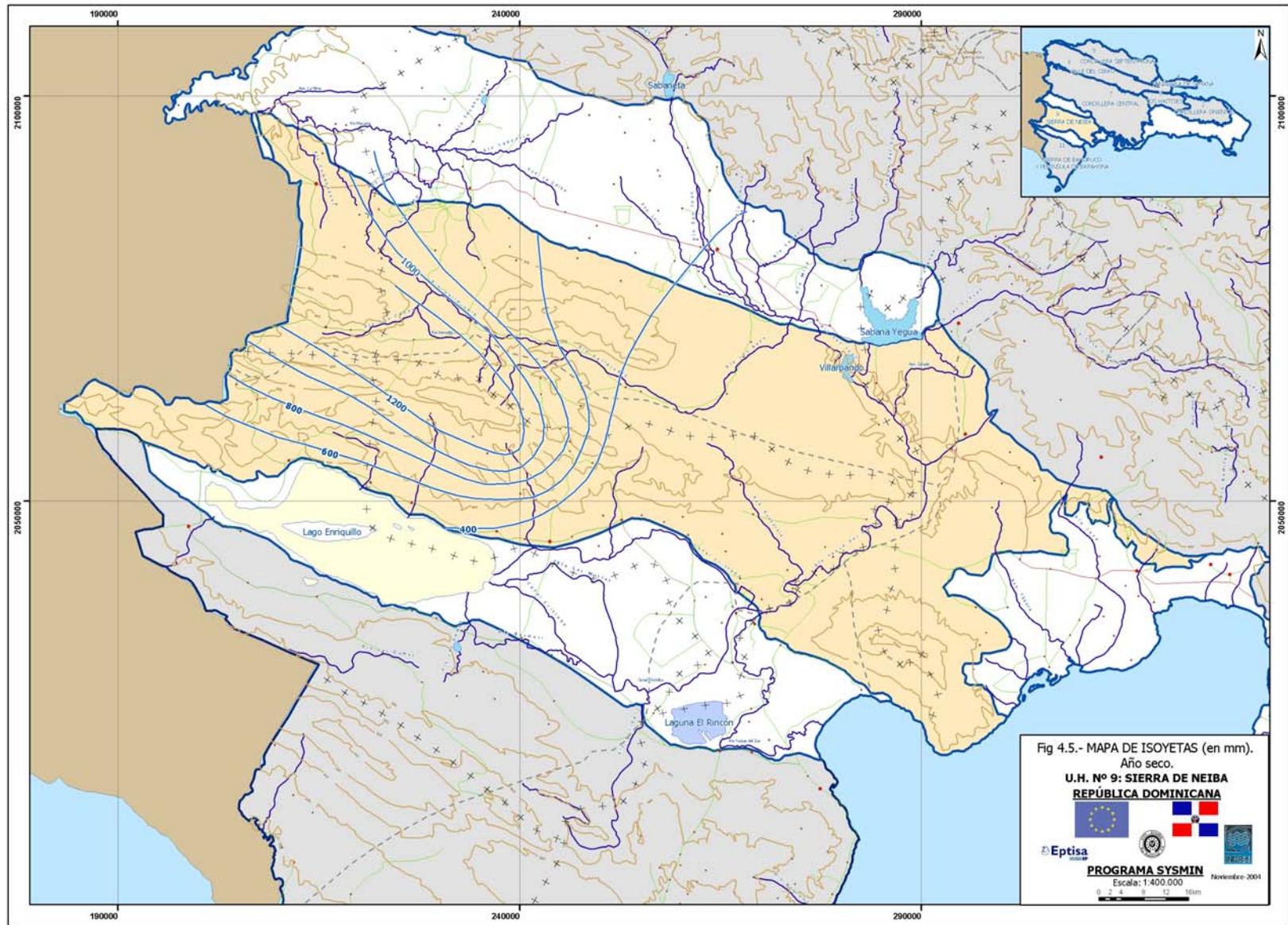
Cuadro 4.1.3. Precipitación anual (en mm) para los años tipo

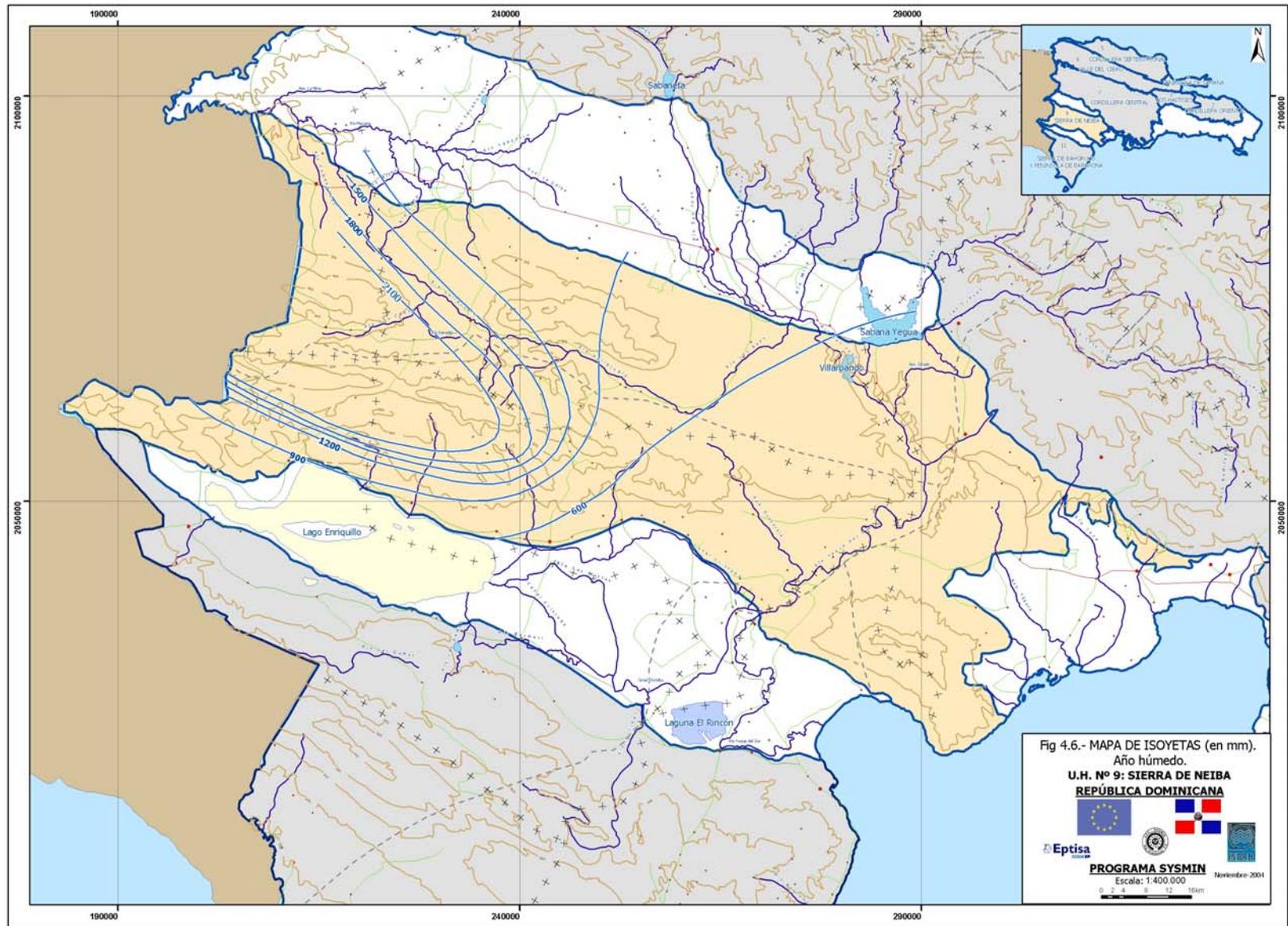
CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	416.2	683.9	919.3
4915	VALLEJUELO	571.6	849.2	1 093.1
5301	NEYBA	387.2	556.9	752.5
5307	LOS BOLOS	839.8	1466.2	2 203.1
5313	GUAYABAL-POSTRER	638.3	908.8	1 188.7
5314	LOS GUINEOS	1251.0	1692.9	2 017.8
5320	LA DESCUBIERTA (MET)	419.8	630.0	861.5

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>AÑO SECO</b>	<b>AÑO MEDIO</b>	<b>AÑO HÚMEDO</b>
5322	MAJAGUAL	313.0	505.8	711.5
5401	MATAYAYA	850.0	1003.5	1 242.3
	MEDIA	631.9	921.9	1 221.1

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 las zonas altas de la Sierra de Neiba. Las menores precipitaciones registradas corresponden a la estación de Majagual, situada a 740 m.s.n.m., seguida de la estación de Neyba, a 100 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 cinco estaciones climáticas: San Juan de la Maguana (4903), Vallejuelo (4915), Neyba (5301), Guayabal-postrer (5313) y Matayaya (5401) (Figura 4.7). De estas cinco estaciones, las estaciones de San Juan de la Maguana y Matayaya, no pertenecen a la Unidad Hidrogeológica de Neiba, sino que están ubicadas en la Unidad Hidrogeológica de Valle de San Juan, como ya se ha indicado anteriormente. El período de años considerado es de 20 años, entre 1968 y 1987. Las estaciones utilizadas, así como sus principales datos de localización, se indican en el cuadro 4.1.4.

Cuadro 4.1.4. Estaciones termométricas

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTITUD</b>
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	18° 45' 27"	71° 09' 02"	378
4915	VALLEJUELO	18° 39' 27"	71° 20' 22"	660
5301	NEYBA	18° 30' 17"	71° 26' 15"	100
5313	GUAYABAL-POSTRER	18° 35' 40"	71° 38' 15"	225
5401	MATAYAYA	18° 53' 00"	71° 35' 18"	430

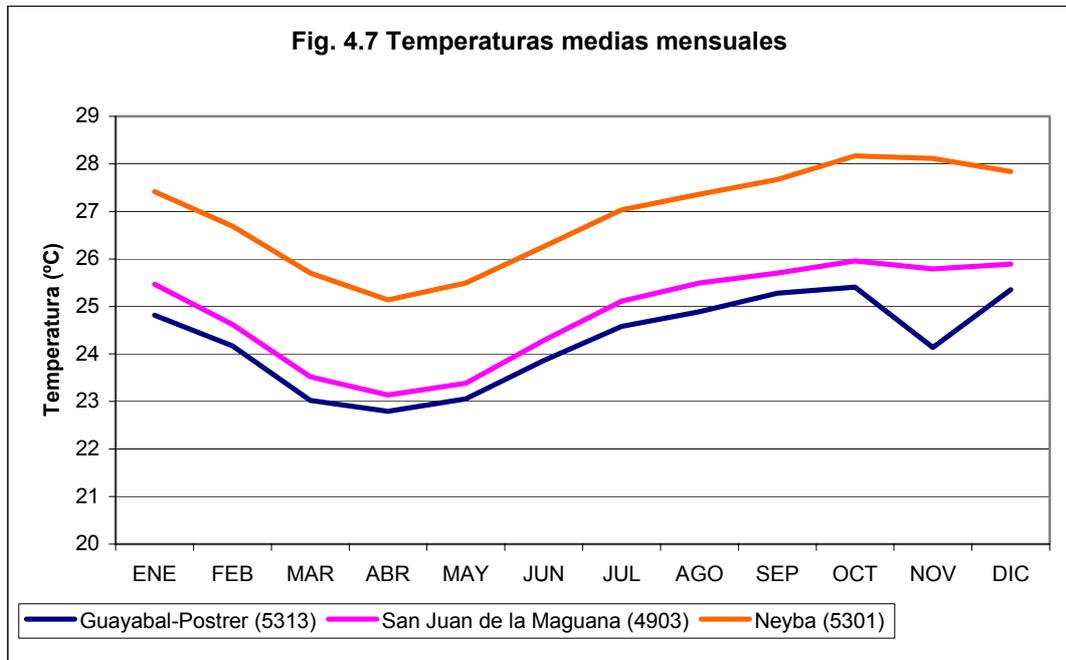
Al igual que en las series pluviométricas, y utilizando la misma metodología, se procedió a la correlación y restitución de las series de temperatura incompletas. En la Documentación Complementaria se presentan las series de temperatura media originales, mientras que en el Anexo 3.2 se muestran estas 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 la zona de Neiba es la mayor registrada entre estas estaciones es. Estos valores medios coinciden con los obtenidos en el "Estudio Hidrogeológico Nacional. Fase I".

Cuadro 4.1.5. Temperatura media anual

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)</b>
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	24.9
4915	VALLEJUELO	23.6
5301	NEYBA	26.9
5313	GUAYABAL-POSTRER	24.3
5401	MATAYAYA	23.6

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
	MEDIA	24.7

En la figura 4.7. se muestra la distribución mensual de las temperaturas medias para tres estaciones: 4903- San Juan de la Maguana (378 m.s.n.m.), 5301 – Neiba (100 m.s.n.m.) y 5313 – Guayabal-Postrer (225 m.s.n.m.). La distribución de las temperaturas es muy similar en las tres estaciones, con pocas variaciones a lo largo del año, siendo marzo, abril y mayo los meses más fríos y octubre y noviembre los meses más cálidos.



#### 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.

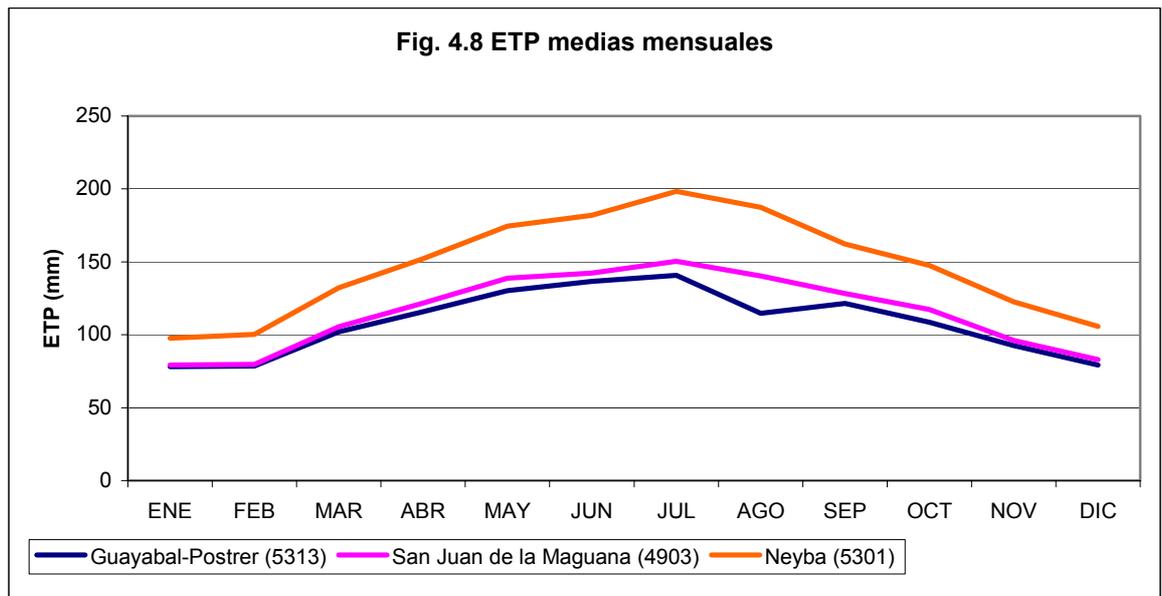
Al no disponer en el estudio actual de los datos de temperatura máximas y mínimas para las estaciones consideradas se procedió a utilizar los valores de ETP calculados en el "Estudio Hidrogeológico Nacional. Fase I". En el Anexo 3.3 se resumen los valores mensuales de temperatura y ETP para cada una 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 1796,2 mm.

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETP MEDIA ANUAL (mm)
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	1 814.1
4915	VALLEJUELO	1 755.7
5301	NEYBA	1 795.4
5313	GUAYABAL-POSTRER	1 869.5
5401	MATAYAYA	1 746.1
	MEDIA	1 796.2

Cuadro 4.1.6. Evapotranspiración potencial media anual

En la figura 4.8 se puede observar la distribución mensual de la ETP para las tres 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. La aplicación de este método requiere la confrontación de los datos pluviométricos con los termométricos o los correspondientes a la ETP, de manera que a aquellas estaciones que no tienen datos termométricos se le asignan aquellos de las estaciones que tienen. En el cuadro 4.1.7 se presenta la correspondencia utilizada entre estaciones pluviométricas y termométricas.

Cuadro 4.1.7. Correspondencia entre estaciones pluviométricas y termométricas

<b>ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS</b>	<b>ESTACIONES TERMOMÉTRICAS</b>
4903	4903
4915	4915
5314	
5322	
5301	5301
5320	
5307	5313
5313	
5401	5401

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 4.11 se presenta la distribución mensual de estos datos, que conforman el balance de agua en el suelo, para las tres estaciones que se han considerado representativas. La lluvia útil en los años secos es inexistente, aunque hay que tener en cuenta la consideración hecha anteriormente sobre el carácter mensual de los balances aquí expuestos. Para los años medios, la escorrentía es muy baja para las tres estaciones. En ellas, la evapotranspiración real coincide prácticamente con la precipitación, de manera que la lluvia útil es casi nula. 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, siguiendo las mismas pautas que las descritas en los años medios. La estación de Neiba presenta los valores más bajos de lluvia útil, al ser la ETR prácticamente igual a la precipitación para los tres años tipo.

En las figuras 4.12 y 4.13 se presentan los mapas con isolíneas de lluvia útil para esta unidad hidrogeológica, para los tres años tipo. Estas isolíneas 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 Sierra de Neiba, que está dentro de la subunidad Suroeste, así como en las zonas altas de la zona denominada Laguna Guarraya, que está situada en la subunidad Noroeste y al noreste de la subunidad Centro Oriental, y en las zonas altas calizas al oeste de la Planicie de Azúa, dentro de la subunidad Sureste. Los valores más bajos de lluvia útil se producen en la mayor parte de la subunidad Centro Oriental, y en la Noreste.

Figura 4.9. Balance de agua en el suelo. Estación 5301 – NEIBA CC= 50 mm

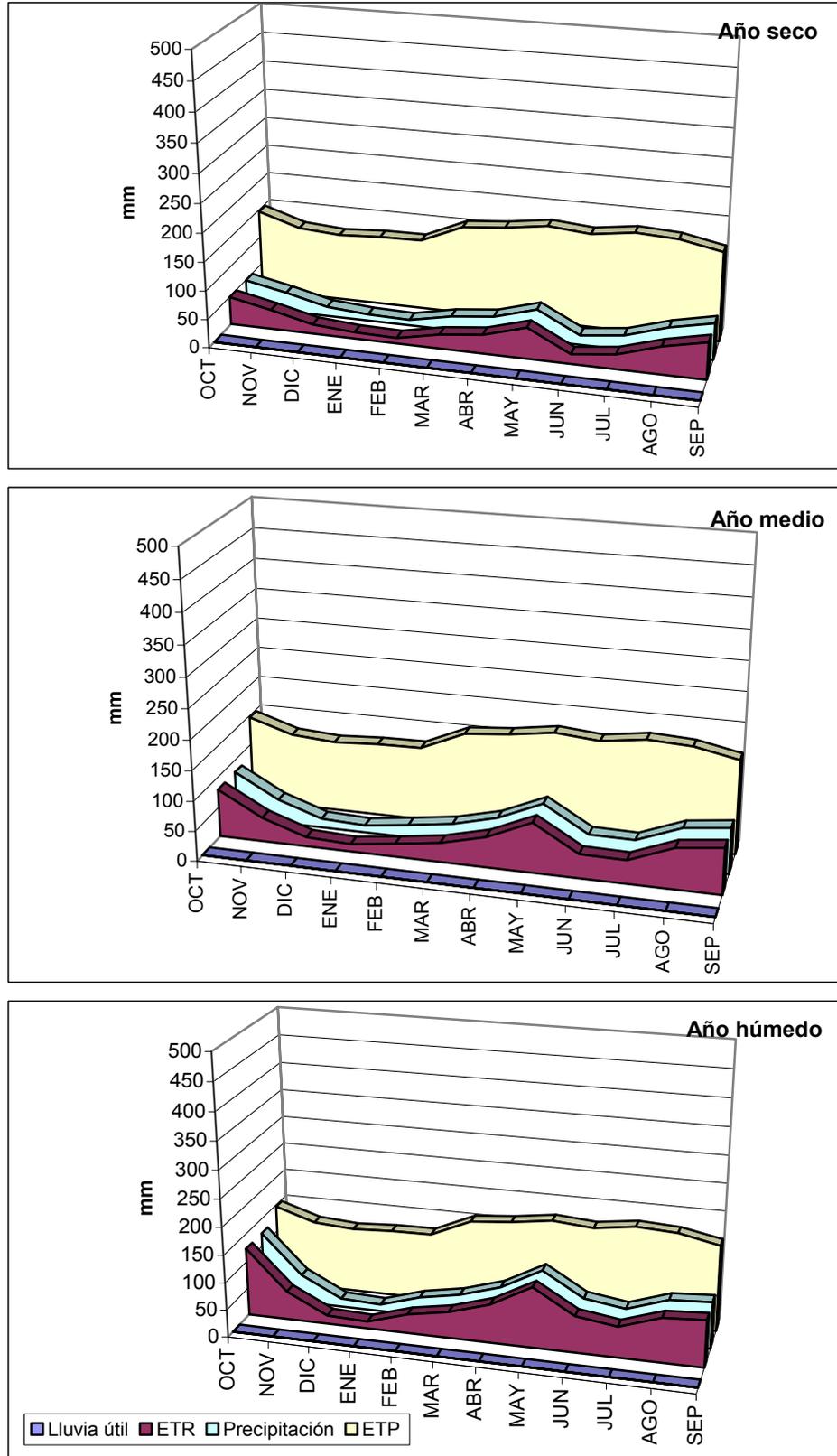


Figura 4.10. Balance de agua en el suelo. Estación 5307 – LOS BOLOS CC= 50 mm

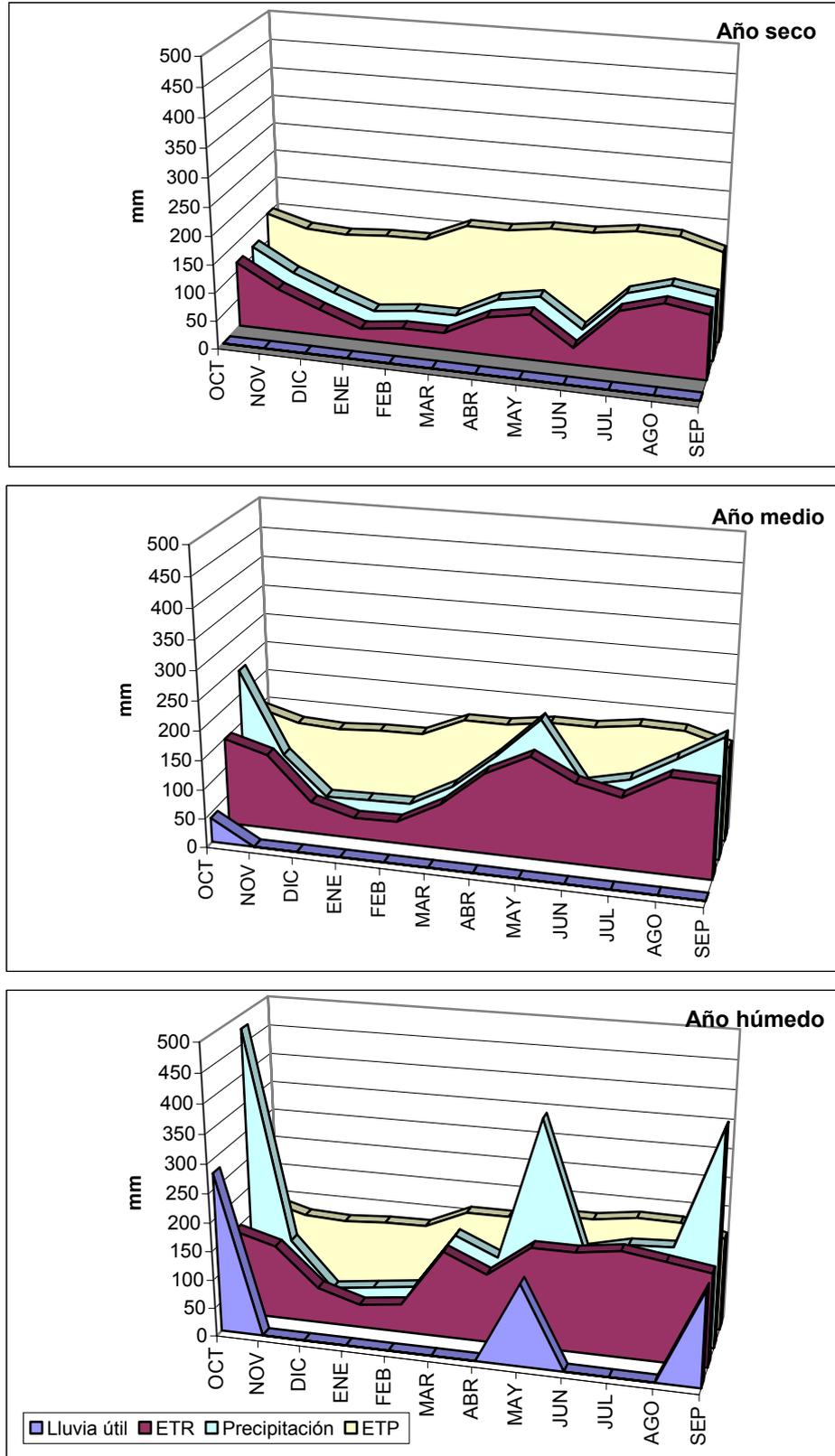
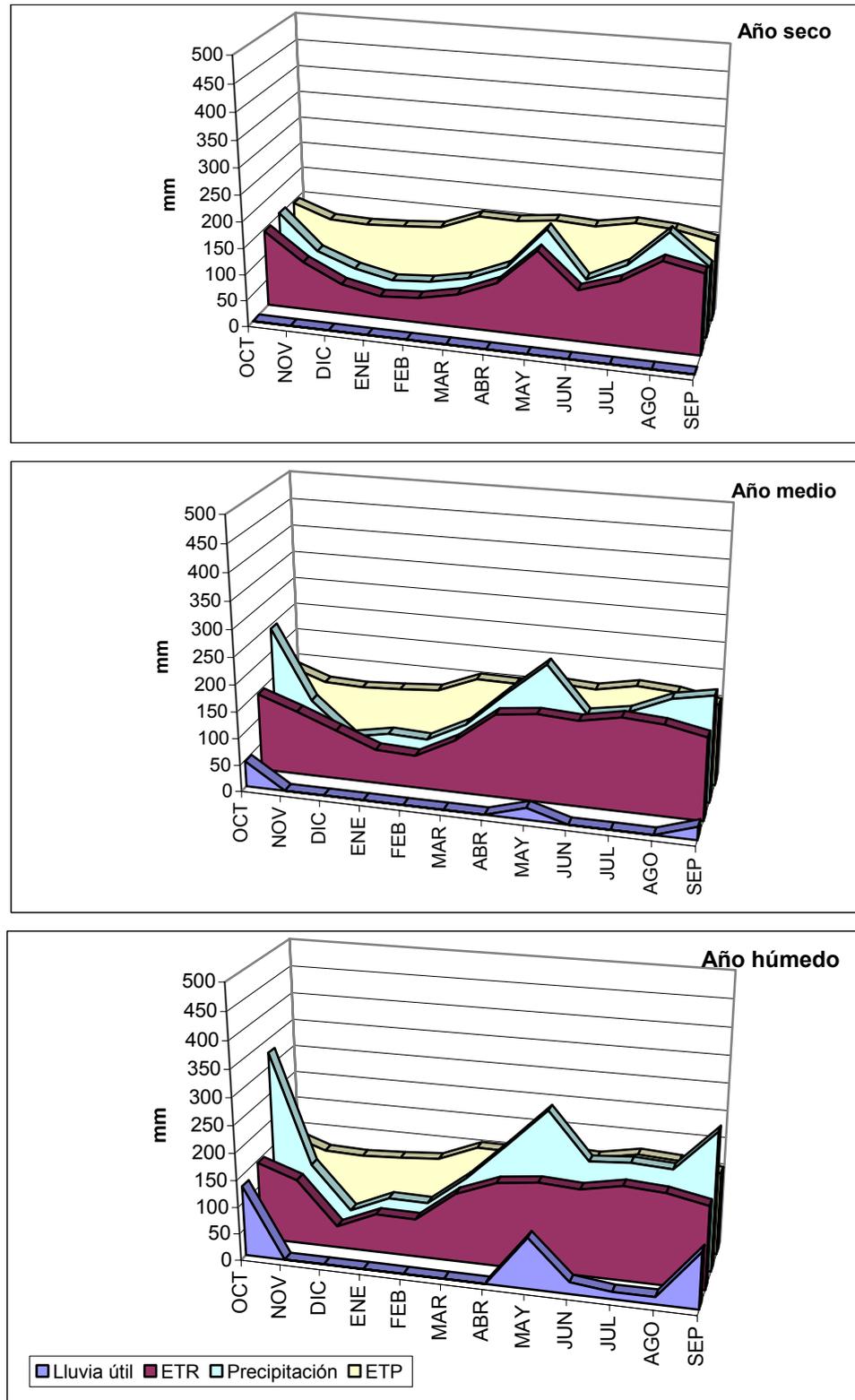
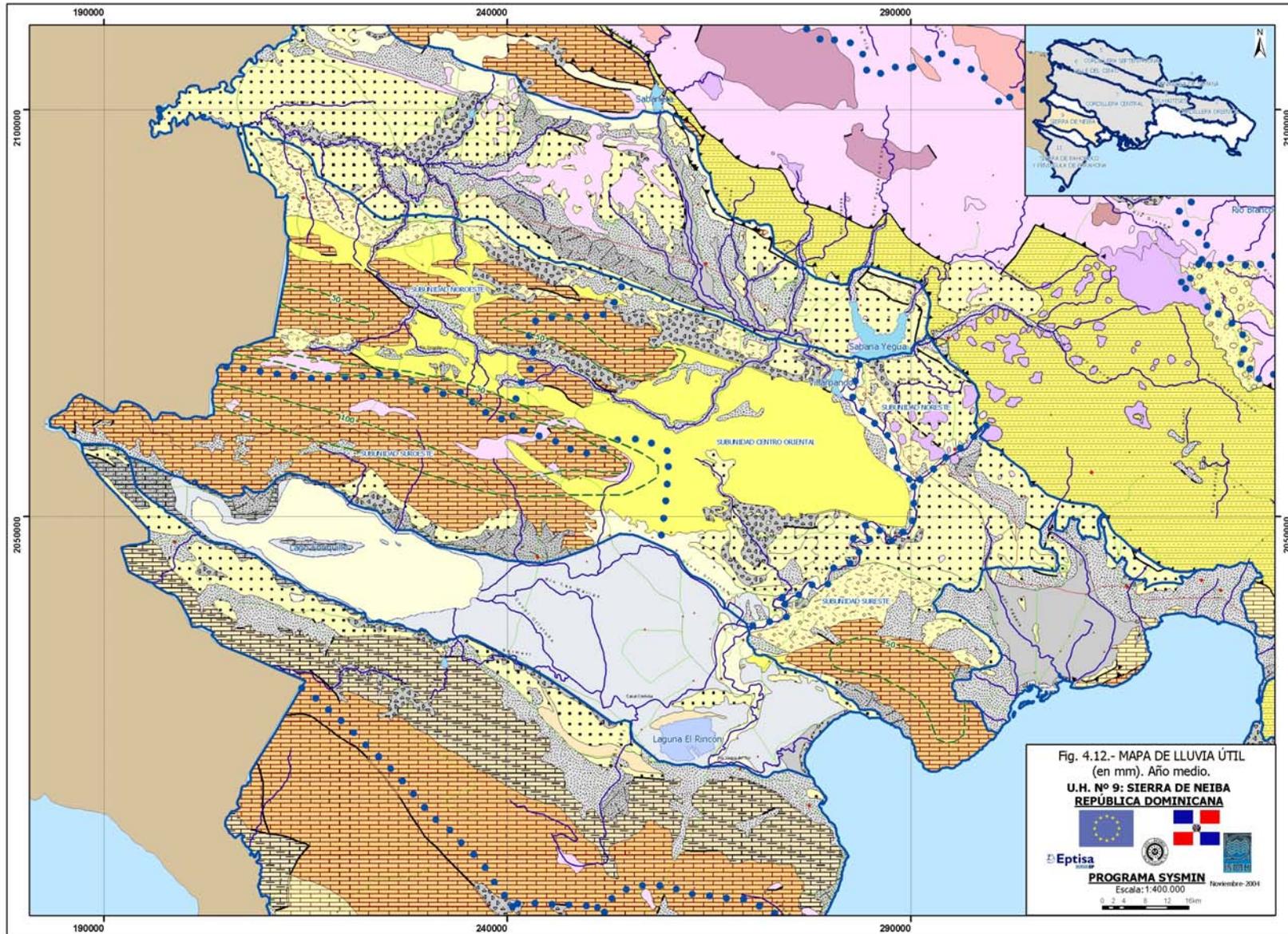
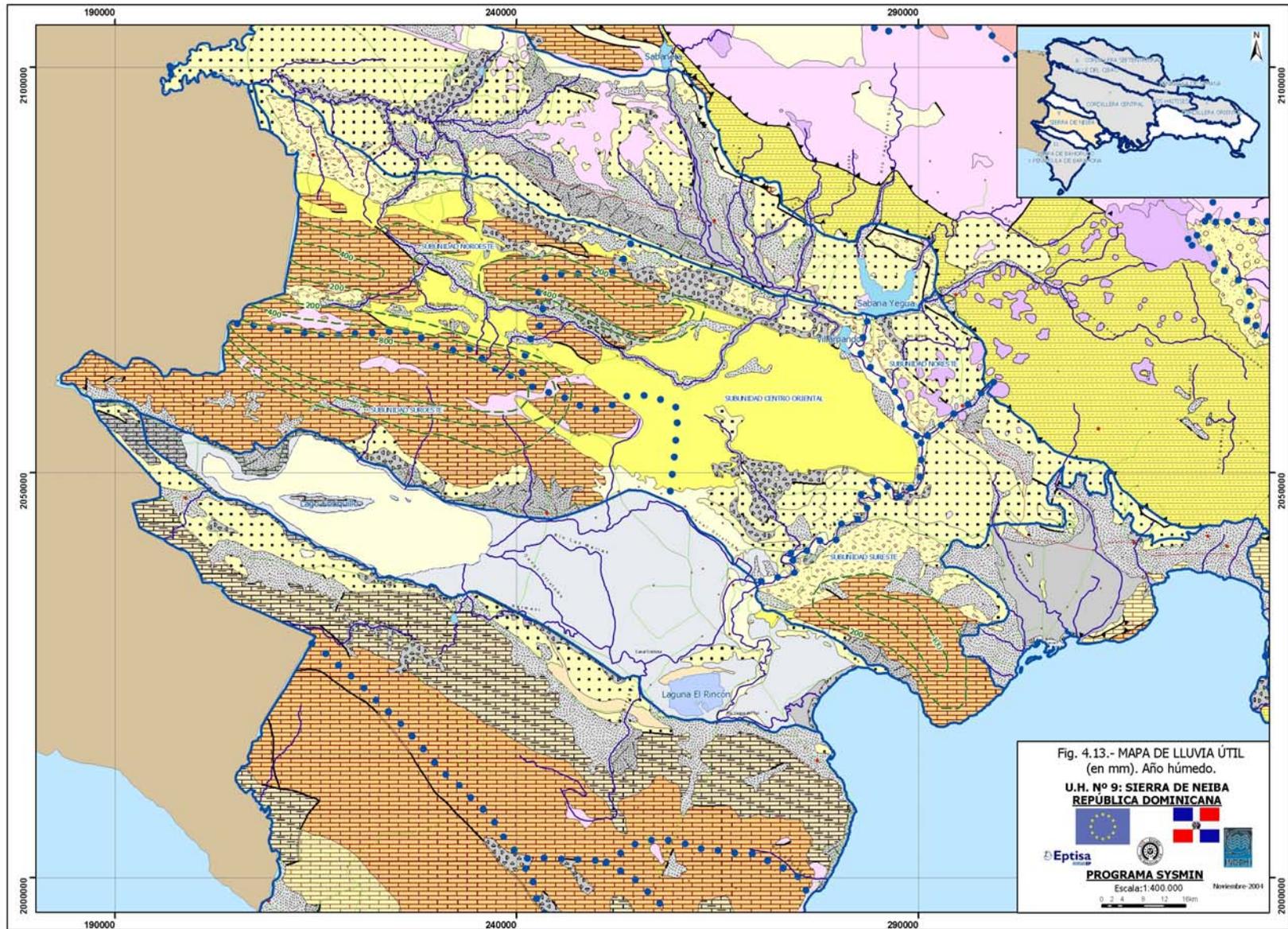


Figura 4.11. Balance de agua en el suelo. Estación 5314 - LOS GUINEOS CC= 50 mm







En el cuadro 4.1.8 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 4.1.8. Lluvia útil anual (mm) para las subunidades hidrogeológicas

<b>Subunidades</b>	<b>Año medio</b>	<b>Año húmedo</b>	<b>Año seco</b>
<i>Centro Oriental</i>	30	91	5
<i>Noreste</i>	20	98	6
<i>Noroeste</i>	50	201	6
<i>Sureste</i>	24	140	5
<i>Suroeste</i>	62	284	12
<b>MEDIA DE LA UNIDAD( *)</b>	<b>42</b>	<b>180</b>	<b>7</b>

\* 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 red hidrológica existente en la unidad de la Sierra de Neiba está definida por tres ejes y sectores de descarga principales, relacionados con los principales sistemas de fracturación de la unidad y con drenaje final a tres cuencas hidrográficas distintas:

- El eje de distribución predominante S-N y SE-NO, localizado en el sector noroeste de la unidad, en el cual los cauces fluviales discurren sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y por conglomerados y areniscas del Mioceno, que terminan descargando, fuera ya de la unidad (en el Valle de San Juan), en el río Macasía (por su margen izquierda), tributario, también por su margen izquierda, del río Artibonito. El más significativo de los citados cauces es el río Caña-Vallejuelo, existiendo otros pequeño arroyos de circulación discontinua y estacional (Comendador, Alonzo y Seco-La Ceiba).
- El eje de distribución predominante NO-SE y secundarios N-S y SO-NO, localizado en el sector centro-oriental de la unidad, en el cual la red hidrográfica discurre, fundamentalmente, sobre depósitos fluviales cuaternarios y conglomerados y areniscas del Mioceno. La descarga se produce, en su mayor parte, hacia los cauces principales de los ríos Yaque del Sur (que atraviesa la unidad por su sector oriental) y San Juan (fuera de los límites de la unidad), siendo el más significativo de los cauces secundarios el río Vallejuelo-Los Baos. También existen otros pequeño arroyos de circulación discontinua, como son el Blanco I y el Blanco II, y la Cañada Naranjal.
- El eje de distribución predominante N-S, localizado en el sector suroeste de la unidad (zonas de La Descubierta-Neiba-Galván), en el cual los cauces fluviales discurren, fundamentalmente, sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y descargan hacia la cuenca endorreica del Lago Enriquillo. Como cauces continuos cabría destacar los ríos Barreras, El Manguito, Colorado-Panzo y Majagual, y como discontinuos o estacionales las cañadas de Los Murciélagos, Penitente, Yerda y el Mión).

La infraestructura hidráulica de la unidad está constituida por un total de 16 aforos históricos del INDRHI, cuya situación responde fundamentalmente a criterios hidrológicos. Las series históricas existentes son muy heterogéneas, variando tanto los años de control de las series, como el grado de completado de las mismas, existiendo discontinuidad de registros, tanto mensuales como anuales.

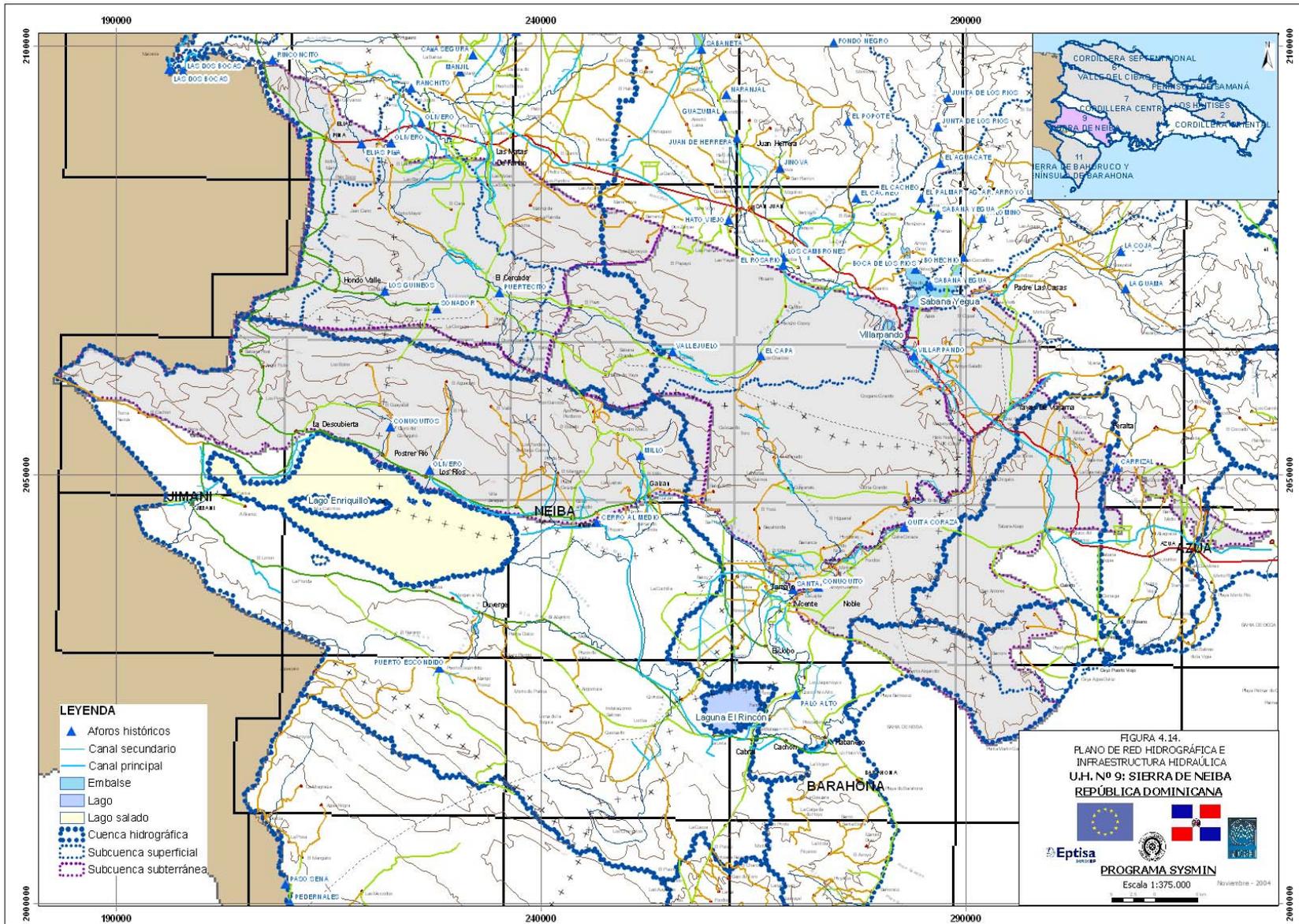
En cuanto a la infraestructura de riego, esta unidad dispone de un total de 24 canales de riego principales de los que parten una serie de canales secundarios. La longitud total de la red de canales (tanto principales como secundarios) es de 195270 Km. La denominación de los canales principales, así como su longitud y la de sus secundarios quedan descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2.1. Canales principales de riego

<b>NOMBRE DEL CANAL</b>	<b>LONGITUD (Metros)</b>
VALLEJUELO 1	5 262
VALLEJUELO 2	5 599
CAMBRONAL	3 802
CAÑA MATAYAYA	8 962
PANZO	4 079
PEDRO SANTANA	4 395
BASTIDAS	4 710
CLAVELLINA	7 492
PINAR DER.	5 078
CERCADILLO	3 366
PLAZA CACIQUE	7 122
SAN RAMON	12 201
TABARA ARRIBA	4 815
PERIQUITO	4 300
MACASIA IZQ.	6 139
YSURA	30 769
VILLAPANDO	1 510
GUANITO SAN JUAN	9 548
LAS LAJILLAS	3 472
LAS YAYAS	7 211
MACASIA DER.	4 963
EL LLANO	2 787
FONDO NEGRO	3 336
OTROS	40 173
<b>TOTAL</b>	<b>195 270</b>

La única infraestructura hidráulica de regulación y almacenamiento existente dentro de los límites de esta unidad hidrogeológica es el embalse de Villarpando. Se trata de un embalse de 3 Hm<sup>3</sup>, situado en el cauce del río Yaque del Sur, utilizado para riego.

En la figura 4.14 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 4.14.  
 PLANO DE RED HIDROGRÁFICA E  
 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA  
 U.H. Nº 9: SIERRA DE NEIBA  
 REPÚBLICA DOMINICANA

**PROGRAMA SYSMIN**  
 Escala 1:375,000    Noviembre - 2004

#### **4.2.2. Análisis de datos de aforos históricos**

La red de aforos históricos del INDRHI existente dentro del ámbito de esta unidad hidrogeológica está constituida por un total de 17 puntos cuya distribución y situación geográfica responde fundamentalmente a criterios hidrológicos y no hidrogeológicos.

Del total de los 17 puntos de control únicamente se han utilizado para la realización del presente estudio 7 de ellos. El resto de los puntos no han sido incluidos por no tener interés desde el punto de vista hidrogeológico o por no disponerse del registro histórico de los mismos.

De los siete puntos de aforo controlados, tres se sitúan en el sector sureste de la unidad sobre el río Yaque del Sur (Villarpando, Conuquito y Palo Alto). En el sector norte están situados otros dos de los aforos, controlando el caudal de los ríos Vallejuelo y Las Cañas. En el sector este se encuentra el aforo Vallejuelo. El aforo restante se sitúa en el borde sur de la unidad sobre el río Guayabal.

Estos aforos se han controlado históricamente, existiendo un registro mensual continuo para la mayor parte de ellos desde los años 50-60 hasta principios de los años 90. La información que aportan dichos puntos es de gran utilidad y merece la pena su estudio 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 la siguiente cuadro quedan descritas las características principales de las estaciones de aforo históricas, cuya situación geográfica queda representada en la figura 4.15.

Cuadro 4.2.2. Características principales de las estaciones de aforo históricas

<b>Denominación</b>	<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>	<b>Superficie de la cuenca aforada(km<sup>2</sup>)</b>
<i>Puertecito</i>	235190	2071216	Artibonito/Macasía	Río Vallejuelo	44
<i>Los Guineos</i>	221678	2071411	Artibonito/Caña	Río Las Cañas	73
<i>Vallejuelo</i>	255561	2064359	Yaque del Sur/Los Baos	Río Los Baos	335
<i>Conuquitos</i>	222384	2055587	Enriquillo/Guayabal	Río Guayabal	50
<i>Villarpando</i>	283933	2063858	Yaque del Sur	Río Yaque del Sur	3 720
<i>Conuquito</i>	272736	2036927	Yaque del Sur	Río Yaque del Sur	4 587
<i>Palo Alto</i>	270089	2024472	Yaque del Sur	Río Yaque del Sur	4 636

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 m<sup>3</sup>/s) máximos y mínimos históricos y la media mensual obtenida a partir del total de medidas.

Cuadro 4.2.3. Datos de las estaciones de aforo

<b>Denominación</b>	<b>Año Inicio</b>	<b>Año Final</b>	<b>Máx Histórico (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Mín Histórico (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Media Mensual (m<sup>3</sup>/s)</b>
<i>Puertecito</i>	1955	1993	2.24	0.01	0.40
<i>Los Guineos</i>	1955	1964	6.66	0.49	1.67
<i>Vallejuelo</i>	1979	1992	3.05	0.01	0.58
<i>Conuquitos</i>	1974	1993	4.19	0.28	0.85
<i>Villarpando</i>	1959	1982	388.98	3.76	45.31 (*)
<i>Conuquito</i>	1964	1993	86.13	6.74	24.66 (*)
<i>Palo Alto</i>	1967	1990	91.46	0.32	16.86 (*)

(\*) Valor medio de toda la serie (antes y después de la construcción del embalse Sabana Yegua)

En el siguiente cuadro se indican los caudales medios mensuales (en m<sup>3</sup>/s) obtenidos para cada punto de control, utilizando el total de las medidas de la serie.

Cuadro 4.2.4. Caudales medios mensuales (en m<sup>3</sup>/s) de cada punto de control

<b>Estación</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media Mensual</b>
<i>Puertecito</i>	0.28	0.22	0.20	0.27	0.44	0.45	0.31	0.33	0.49	0.71	0.59	0.38	<b>0.40</b>
<i>Los Guineos</i>	1.18	1.02	0.99	1.20	1.90	1.79	1.47	1.79	2.21	3.10	2.20	1.59	<b>1.67</b>
<i>Vallejuelo</i>	0.54	0.37	0.45	0.51	0.68	0.67	0.70	0.67	0.70	0.62	0.58	0.50	<b>0.58</b>
<i>Conuquitos</i>	0.73	0.73	0.70	0.73	1.01	0.77	0.76	0.78	0.89	1.05	0.92	0.82	<b>0.85</b>
<i>Villarpando</i>	25.17	19.64	17.97	20.51	37.27	53.45	45.65	48.40	79.51	69.69	54.93	40.13	<b>45.31</b>
<i>Conuquito (*)</i>	18.99	17.36	18.24	17.41	25.21	29.38	22.44	22.25	33.42	34.54	28.91	21.88	<b>23.73</b>
<i>Palo Alto</i>	7.85	5.17	4.89	5.96	17.40	23.07	19.92	15.91	29.53	35.23	23.23	14.21	<b>16.86</b>

(\*) Valores medios después de la construcción del embalse Sabana Yegua.

En general se observa la existencia de dos periodos de aguas altas, el primero de ellos en los meses de mayo y junio, y el segundo desde septiembre-octubre a noviembre. En los primeros meses del año (entre enero y abril) se localizan los volúmenes de caudal más bajos, que por lo general suelen ser del orden del 20 a un 50% menores que los volúmenes medios anuales. 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.

Del análisis de la variación de los caudales medios mensuales se deduce que los mayores volúmenes controlados se encuentran en el punto de aforo Villarpando. El agua aforada en este punto es consecuencia de los aportes que se producen, aguas arriba del mismo, de los ríos San Juan y Las Cuevas, cuyas cuencas de recepción se encuentran sobre las unidades hidrogeológicas del Valle de San Juan y la Cordillera Central, así como del propio río Yaque del Sur, el cual tiene una amplia cuenca de recepción antes de llegar a este punto aforo.

El aforo situado en Palo Alto también controla el caudal del río Yaque del Sur, aunque este punto se sitúa a la salida de la unidad. En comparación entre ambos puntos se aprecia una pérdida considerable de caudal de entre un 60-70%. Esta disminución se debe a la existencia de una importante zona de regadío situada aguas arriba de este punto de aforo, en el Valle de Neiba, que toma agua del río Yaque del Sur a través de una amplia red de canales de riego. El punto Conuquito se encuentra entre medias de los otros dos puntos, con caudales intermedios entre ambos aunque con una disminución considerable con respecto al punto Villarpando, estando este tramo también afectado por la derivación de agua para riego.

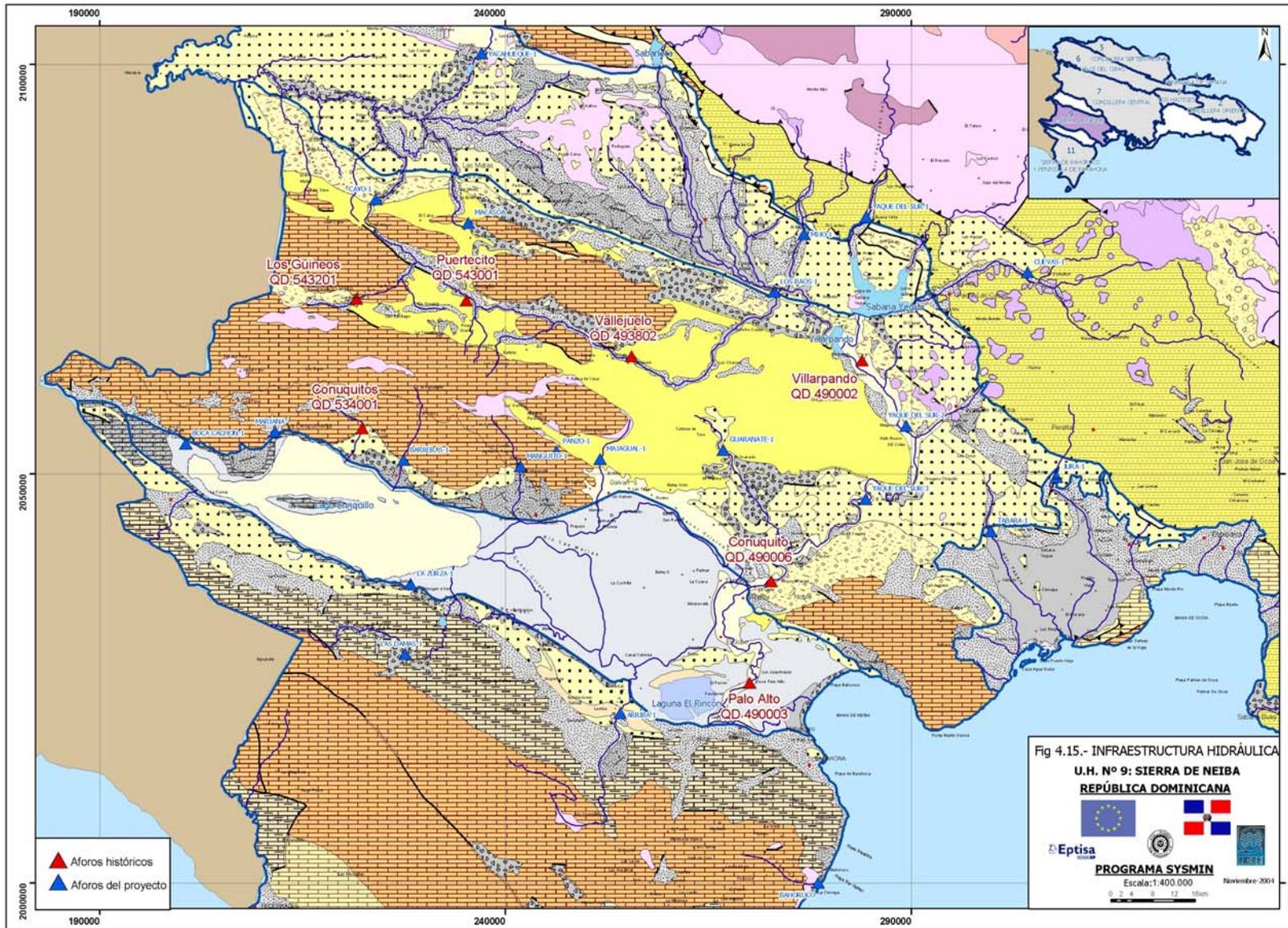


Fig 4.15.- INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA  
 U.H. Nº 9: SIERRA DE NEIBA  
 REPÚBLICA DOMINICANA

Escala: 1:400.000  
 Noviembre 2004

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

Para el control foronómico de la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Neiba se han realizado medidas mensuales de caudal en 13 puntos de aforo, cuyas características principales se describen a continuación.

En la figura 4.16 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.

##### ***Caño-1***

Este punto de aforo se sitúa en el límite noroeste de la Unidad controlando la salida que se produce de la misma a través del río Caña una vez que han confluído en él los ríos Vallejuelo, Sonador y Los Caños. Estos tres cauces drenan la mayor parte de los materiales carbonatados de los sectores noroeste y centro oriental de la unidad hidrogeológica.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
224065	2083546	Guazamal/Macasía	Río Caña

Los datos de caudal medidos en las sucesivas campañas oscilan entre 12.038 y 0.649 m<sup>3</sup>/s. El caudal medido en el mes de octubre se considera anómalo por estar influenciado por las fuertes lluvias caídas en la zona días antes de la realización del aforo. Los caudales han sufrido un descenso paulatino a lo largo de las medidas realizadas hasta el momento.

<b><i>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</i></b>												
<b><i>Oct</i></b>	<b><i>Nov</i></b>	<b><i>Dic</i></b>	<b><i>Ene</i></b>	<b><i>Feb</i></b>	<b><i>Mar</i></b>	<b><i>Abr</i></b>	<b><i>May</i></b>	<b><i>Jun</i></b>	<b><i>Jul</i></b>	<b><i>Ago</i></b>	<b><i>Sep</i></b>	<b><i>Media Anual</i></b>
12.038	5.489	3.912	2.736	1.067	0.649	2.562	6.692	3.402	2.945	1.672	1.825	<b>3.75</b>

##### ***Macasía***

Este aforo se localiza al norte del sector noroeste de la Unidad Hidrogeológica controlando las salidas que se producen por el río Macasía, como consecuencia del drenaje de los afloramientos de calizas miocenas de alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
235466	2080670	Guazamal-Macasía	Río Macasía

Al igual que ocurre con el punto de aforo anteriormente descrito, los caudales medidos han sufrido un descenso progresivo desde la primera medida realizada en el mes de octubre (considerada anómala por estar influenciada por fuertes precipitaciones ocurridas en la zona en días previos a la realización del aforo) hasta la última medida tomada. Los caudales controlados oscilan entre 0.233 y 1.183 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<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>
1.183	0.741	0.560	0.567	0.385	0.233	0.276	0.404	0.9	0.426	0.411	0.353	<b>0.54</b>

### **Los Baos-1**

Este punto de aforo se sitúa en el límite norte de la unidad controlando el caudal que sale a través del sector centro oriental. El punto se sitúa sobre el cauce del río Los Baos que drena parte de los afloramientos carbonatados calcáreos situados al noroeste del sector centro oriental de la unidad hidrogeológica.

Coord X	coord. Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
273082	2072250	San Juan	Río Los Baos

Los datos de caudal controlados en las distintas campañas presentan bastantes oscilaciones con variaciones de entre 0.127 y 2.9 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Media Anual</b>
0.359	0.809	0.381	0.296	0.187	0.127	0.248	2.98	0.406	0.573	0.37	0.178	<b>0.58</b>

### **Yaque del Sur-2**

Este punto de aforo se sitúa al este del sector centro oriental de la unidad hidrogeológica de la Sierra de Neiba sobre el río Yaque del Sur. Dado que este río atraviesa la unidad longitudinalmente de norte a sur se ha creído conveniente situar puntos de control foronómico tanto a la entrada (Yaque del Sur-2) como a la salida (Yaque del Sur-3) de la misma.

Aguas arriba de este punto de aforo, el río Yaque del Sur se encuentra regulado por los embalses de Villarpando y Sabana Yegua, por lo que es necesario situar el punto de aforo aguas abajo del mismo para conocer el caudal de entrada a la unidad y poder compararlo con el de salida (Yaque del Sur-3).

<b>Coord X</b>	<b>coord. Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
289399	2055902	Yaque del Sur	Río Yaque del Sur

Los caudales aforados en este punto se mantienen elevados y con una cierta constancia, existiendo oscilaciones de entre 4.560 y 31.12 m<sup>3</sup>/s. En los meses de octubre, abril y julio no se pudo realizar el aforo por presentar el río una fuerte crecida.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Media Anual</b>
Crecida	9.510	6.413	6.904	4.560	6.793		23.751	24.331		25.198	31.126	<b>15.40</b>

### **Yaque del Sur-3**

Este punto de aforo se sitúa en el límite sureste del sector centro oriental de la unidad y controla la diferencia de caudal que se produce en el río Yaque del Sur a su paso por este sector.

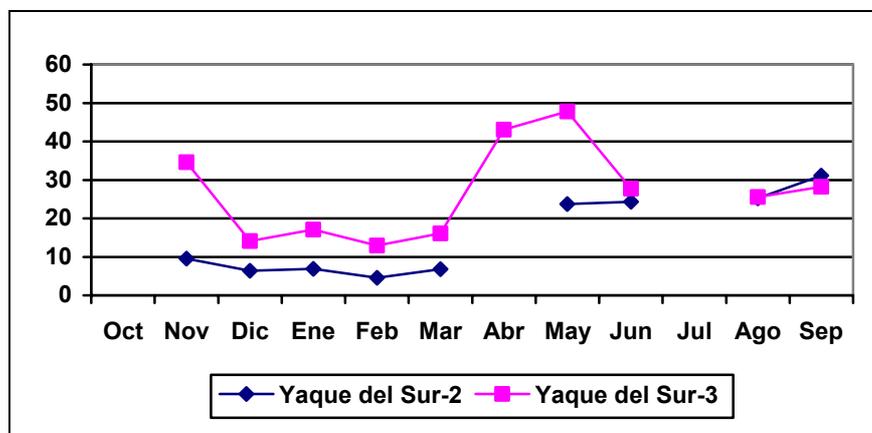
Coord X	coord. Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
284403	2046933	Yaque del Sur	Río Yaque del Sur

Los caudales medidos en cada una de las campañas varían considerablemente existiendo oscilaciones de entre 47.8 y 12.937 m<sup>3</sup>/s. En el mes de octubre, al igual que ocurre con el punto de aforo Yaque del Sur-2, no se pudo realizar medida del caudal por existir una fuerte crecida del río.

DATOS DE CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
Crecida	34.594	14.147	17.127	12.937	16.127	43.081	47.875	27.731		25.555	28.224	<b>26.74</b>

Comparando los caudales obtenidos en ambos puntos para las distintas campañas, se aprecia un aumento considerable del caudal del río a su paso por este tramo sin que apenas existan incorporaciones de cauces superficiales de importancia (únicamente pequeños arroyos), de lo que se deduce que la práctica totalidad del incremento de caudal se produce por aportes subterráneos de los materiales que atraviesa.

El siguiente gráfico muestra la evolución de los caudales medidos en los dos aforos realizados en el Yaque del Sur, así como el incremento de caudal que se produce.



El incremento de caudal que se produce entre ambos puntos oscila entre 8-10 m<sup>3</sup>/s, salvo en las campañas de noviembre y mayo en los que el incremento fue superior a 20 m<sup>3</sup>/s (existen algunos meses en los que no se ha podido realizar la comparativa por crecida del río).

### **Tabara-1**

Este punto de aforo se encuentra situado en el sector sureste de la Unidad Hidrogeológica controlando las salidas de la misma a través del arroyo Tabara, que drena fundamentalmente materiales de edad Pleistoceno-Pliceno constituidos por conglomerados, arenas molasas y calizas arrecifales con un grado de permeabilidad estimado medio-alto.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
299788	2043012		Arroyo Tabara

Los caudales medidos en las diferentes campañas sufren fuertes oscilaciones, con meses en los que se alcanzan los casi 2 m<sup>3</sup>/s y otros en los que el cauce se encuentra completamente seco.

<b>DATOS DE CAUDAL EN m<sup>3</sup>/s</b>												
<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Media Anual</b>
1.512	1.880	0.041	0	0	0.027	1.541	0	0.146	0.262			<b>0.54</b>

### **Guaranate-1**

Este punto de aforo se sitúa al sureste del sector centro oriental de la Unidad Hidrogeológica, y controla las salidas que se producen a través del arroyo Guaranate que drena materiales constituidos por margas con calcarenitas miocenas de baja permeabilidad.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
266820	2052941	Yaque del Sur	Arroyo Guaranate

Ninguna de las campañas de aforo ha dado caudal alguno, por lo que puede considerarse que las salidas de la unidad a través de este cauce son nulas. Este arroyo actúa a modo de rambla, desaguando únicamente en periodos cortos de tiempo después de que se produzcan fuertes precipitaciones en la zona.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>

### ***Majagual-1***

Este aforo se localiza al este del sector suroeste de la Unidad Hidrogeológica controlando las salidas que se producen por el río Majagual, como consecuencia del drenaje de los afloramientos de calizas miocenas de alta permeabilidad.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
251701	2051831	Neiba	Río Majagual

Los caudales medidos en las sucesivas campañas muestran una gran constancia con pequeñas oscilaciones, observándose un ligero aumento durante los meses de enero y febrero, y entre junio y septiembre. Los volúmenes controlados varían entre 0.488 y 0.965 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<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>
0.488	0.503	0.625	0.965	0.894	0.690	0.661	0.647	0.811	0.882	0.92	0.913	<b>0.75</b>

### ***Panzo-1***

Este aforo se localiza al este del sector suroeste de la Unidad Hidrogeológica controlando las salidas que se producen por el río Panzo. Este aforo se realiza también en un canal que hay junto al cauce del río y que lleva parte del caudal de este.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
246307	2052750	Neiba	Río Panzo

Los caudales medidos en las sucesivas campañas muestran una gran constancia con pequeñas oscilaciones, observándose un ligero aumento durante los meses de noviembre y diciembre. Los volúmenes controlados varían entre 0.123 y 0.581 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<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>
0.123	0.339	0.430	0.184	0.271	0.295	0.273	0.285	0.581			0.222	<b>0.30</b>

### ***Manguito-1***

Este aforo se localiza al este del sector suroeste de la Unidad Hidrogeológica, en un cauce próximo y paralelo al río Panzo, controlando las salidas que se producen por el río Manguito, que drena depósitos carbonatados miocenos de alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
241868	2050923	Neiba	Río Manguito

Los caudales medidos muestran cierta similitud con los del punto de aforo Panzo-1, apreciándose unos volúmenes más elevados entre los meses de octubre y diciembre, con un descenso posterior continuo hasta el mes de marzo. Los caudales controlados oscilan entre 0.143 y 0.668 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>												
<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>
0.503	0.530	0.612	0.417	0.177	0.151	0.143	0.423	0.668	0.304	0.237	0.217	<b>0.37</b>

### ***Barreras-1***

Este aforo se localiza al sur del sector suroeste de la Unidad Hidrogeológica controlando las salidas que se producen por el río Barreras, como consecuencia del drenaje materiales carbonatados miocenos de alta permeabilidad.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
227450	2051695	Neiba	Río Barreras

Los caudales medidos en las sucesivas campañas muestran una gran constancia sin apenas variaciones, estando los volúmenes controlados hasta el momento, entre 0.548 y 1.351 m<sup>3</sup>/s.

<b><i>DATOS DE CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</i></b>												
<b><i>Oct</i></b>	<b><i>Nov</i></b>	<b><i>Dic</i></b>	<b><i>Ene</i></b>	<b><i>Feb</i></b>	<b><i>Mar</i></b>	<b><i>Abr</i></b>	<b><i>May</i></b>	<b><i>Jun</i></b>	<b><i>Jul</i></b>	<b><i>Ago</i></b>	<b><i>Sep</i></b>	<b><i>Media Anual</i></b>
0.548	0.590	0.709	0.752	0.777	0.733	0.773	0.728	1.351	0.863	0.834	0.856	<b>0.79</b>

### ***Mariana***

Este aforo se localiza al suroeste de la Unidad Hidrogeológica, en la población de La Descubierta y controla las salidas que se producen a través de varios manantiales inventariados en esta zona, cuyo caudal proviene del drenaje de materiales carbonatados del Mioceno.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
211644	2055160	Neiba	Río Las Barías

Los aforos realizados para las tres primeras campañas muestran unos caudales estables con valores superiores a los 1000 l/s, produciéndose un descenso brusco del orden del 30% a partir del mes de enero, y volviendo a recuperarse en agosto y septiembre. Los volúmenes controlados oscilan entre 0.568 y 1.263 m<sup>3</sup>/s.

<b>DATOS DE CAUDAL (<math>m^3/s</math>)</b>												
<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>
1.079	1.091	1.263	0.780	0.764	0.568	0.371	1.08	0.82	0.827	1.019	1.01	<b>0.89</b>

#### **Boca Cachón-1**

Este aforo se localiza al oeste de la Unidad Hidrogeológica, en la localidad de Boca Cachón y controla las salidas que se producen a través de un importante manantial que ha sido aprovechado para la construcción de una zona de balneario. Esta surgencia está asociada al drenaje de materiales carbonatados miocenos de alta permeabilidad.

<b>Coord X</b>	<b>Coord Y</b>	<b>Cuenca Hidrográfica</b>	<b>Nombre del río</b>
200663	2053712	Neiba	Manantial de Boca Cachón

Los caudales medidos en las diferentes campañas muestran una gran constancia con pequeñas oscilaciones, observándose un ligero aumento durante las campañas de octubre y enero, y agosto y septiembre. Los volúmenes controlados varían entre 0.2 y 0.429  $m^3/s$ .

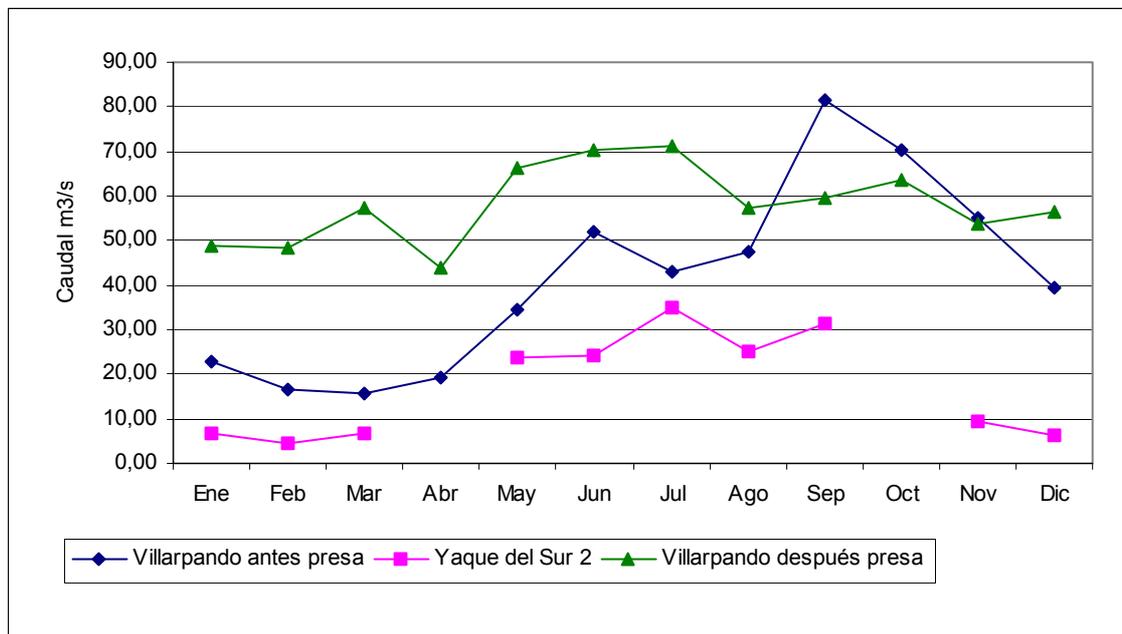
<b>DATOS DE CAUDAL (<math>m^3/s</math>)</b>												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.394	0.221	0.259	0.429	0.269	0.273	0.22	0.338	0.198	0.2	0.355	0.408	<b>0.297</b>

#### **4.2.4. Relación entre los aforos históricos y los actuales**

De las 7 estaciones de aforo históricas contempladas en el presente estudio, únicamente las estaciones situadas en el río Yaque del Sur (Villarando, Conuquito y Palo Alto) pueden ser comparadas directamente con las estaciones controladas en el presente proyecto (Yaque del Sur-2 y Yaque del Sur-3), por estar situadas en emplazamientos próximos a lo largo del mismo cauce.

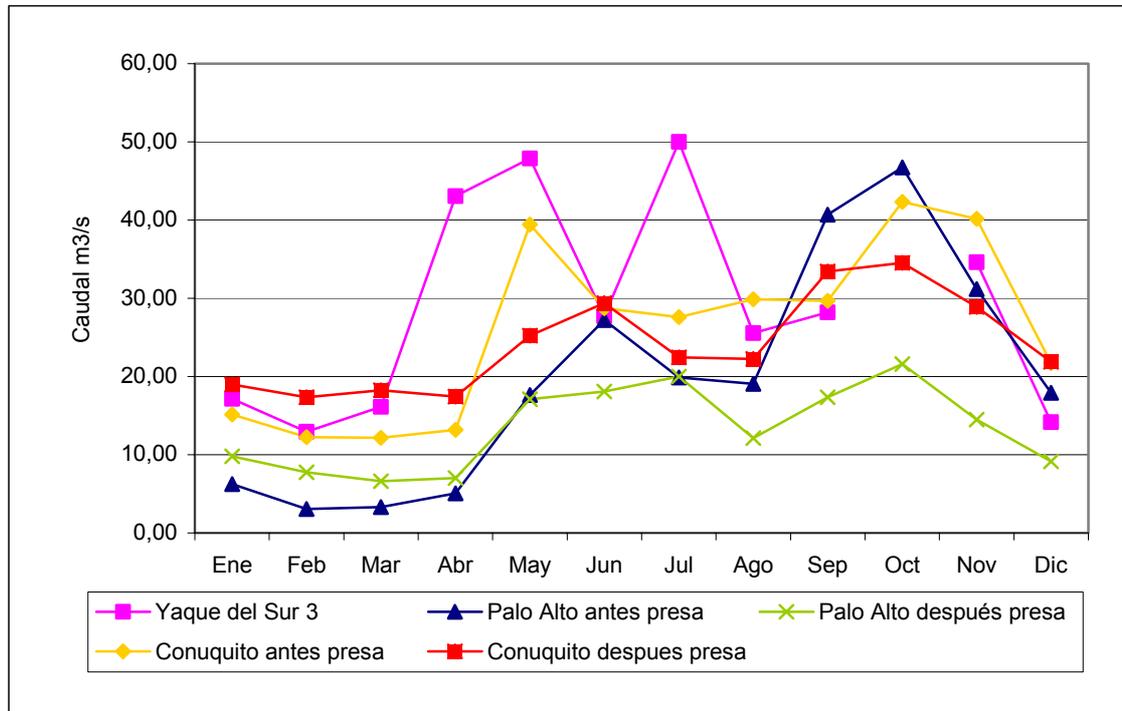
El siguiente gráfico muestra la evolución histórica del punto de aforo del INDRHI Villarando, comparada con el aforo Yaque del Sur-2. Los datos históricos de Villarando hacen referencia a

los caudales medios mensuales medidos a lo largo de toda la serie. Los datos históricos se han agrupado en dos series (antes y después de la realización del embalse de Sabana Yegua). Comparando las series históricas de Villarpando, se observa una estabilización de los caudales después de la puesta en funcionamiento del embalse de Sabana Yegua, disminuyendo los caudales máximos y aumentando los mínimos. Se aprecia como los caudales históricos medidos en este punto son netamente superiores a los que se han aforado a lo largo del presente estudio en el punto Yaque del Sur-2 para el año hidrológico 2003-2004.



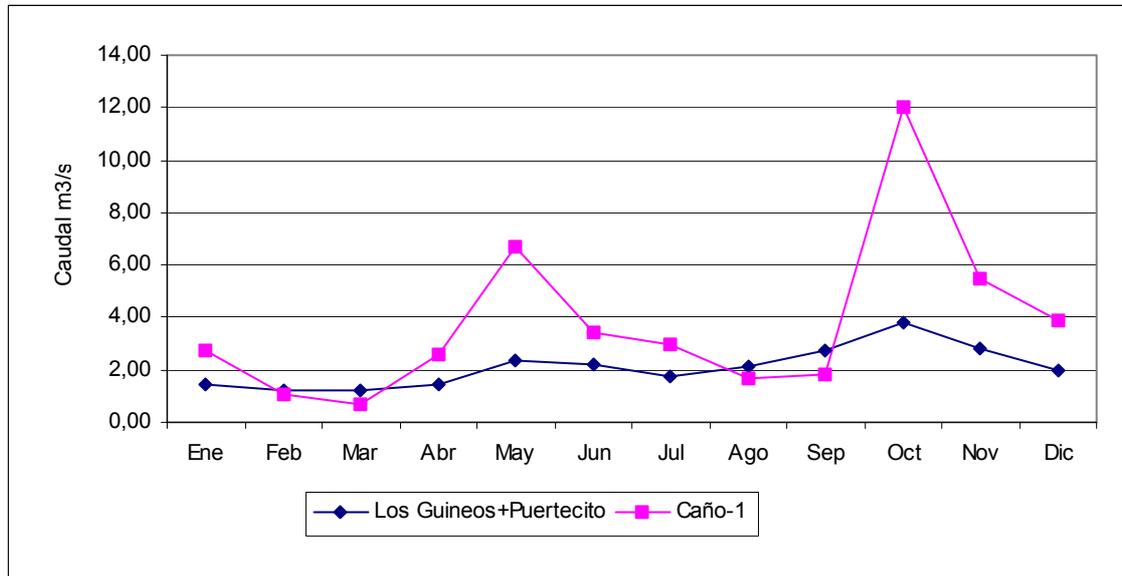
A pesar de la enorme diferencia de caudales existentes entre los datos históricos y los obtenidos en el presente estudio, sí que existe cierta similitud en las tendencias de las curvas, coincidiendo, a grandes rasgos, los periodos de aguas altas y bajas.

Los puntos de aforo Conuquito y Palo Alto son otros de los aforos históricos que puede ser comparados con la red de aforos del presente proyecto. En concreto su situación es similar a la del punto Yaque del Sur-3, aunque este se encuentra situado aguas arriba de los mismos. El siguiente gráfico muestra la evolución de las medias mensuales históricas de los puntos de aforo Conuquito y Palo Alto con respecto a las medidas realizadas hasta el momento en el punto de Yaque del Sur-3. Al igual que en el caso anterior se ha diferenciado cada una de las series históricas en función de la puesta en funcionamiento del embalse de Sabana Yegua.



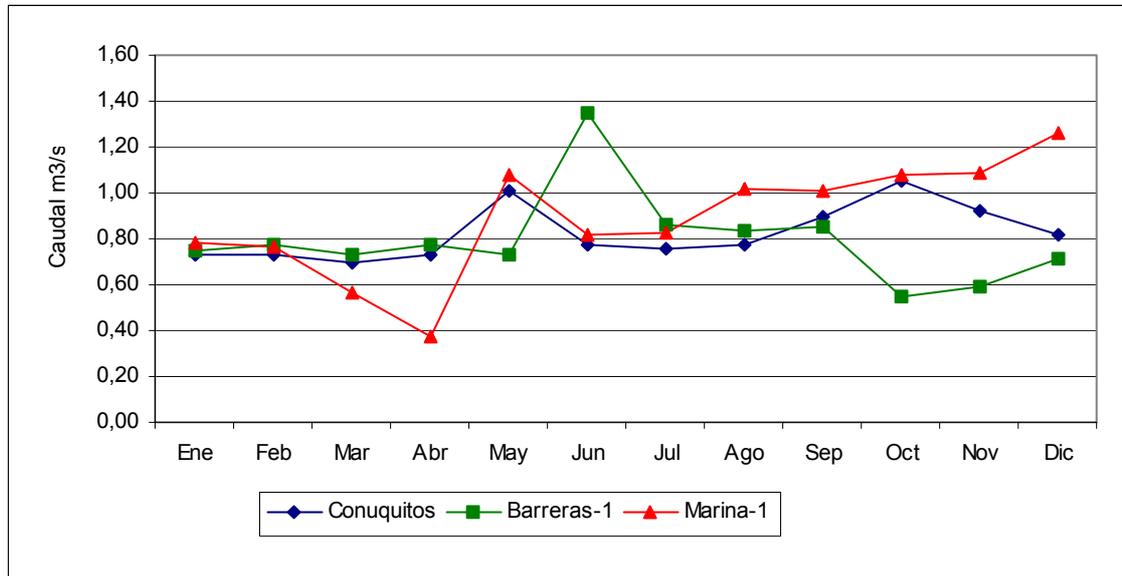
Es este gráfico se observa como los caudales controlados son similares a los de la estación Conuquito y muy superiores a los de Palo Alto. Asimismo se aprecia como la construcción del embalse de Sabana Yegua ha provocado una homogenización de los caudales existiendo una menor diferencia entre los valores máximos y mínimos anuales. La disminución de caudal que se produce en el punto Palo Alto (situado aguas abajo de los puntos Yaque del Sur-3 y Conuquito) se debe a la existencia de una importante zona de regadío a lo largo de este tramo del río, existiendo un gran número de canales de riego que toman el agua directamente del río Yaque del Sur, produciendo, por tanto, una reducción importante del caudal que queda reflejado en el aforo realizado en Palo Alto.

Otro de los puntos de la red de aforos actual que puede ser comparado con la red histórica del INDRHI, es el Caño-1. Para realizar dicha comparación se ha utilizado el caudal conjunto de los puntos históricos Puertecito y Los Guineos, situados en los ríos Vallejuelo y de Las Cañas respectivamente. El punto Caño-1 está aforado aguas abajo de estos y toma además las aguas del río Sonador del cual no existen datos históricos. El siguiente gráfico muestra la comparación entre la suma de las medias mensuales de caudal de los puntos Puertecito y Guineos con respecto a las medidas realizadas hasta el momento en el punto Caño-1.



El hecho de que el punto de aforo Caño-1 presente un caudal mayor que la suma de los datos históricos Los Guineos y Puertecito, se debe a que este punto de aforo se sitúa aguas abajo de estos y además engloba las aguas del río Sonador del cual no se dispone de datos históricos. La discrepancia existente en la medida del mes de octubre se debe a que el aforo se realizó después de un periodo anómalo de fuertes precipitaciones en la zona.

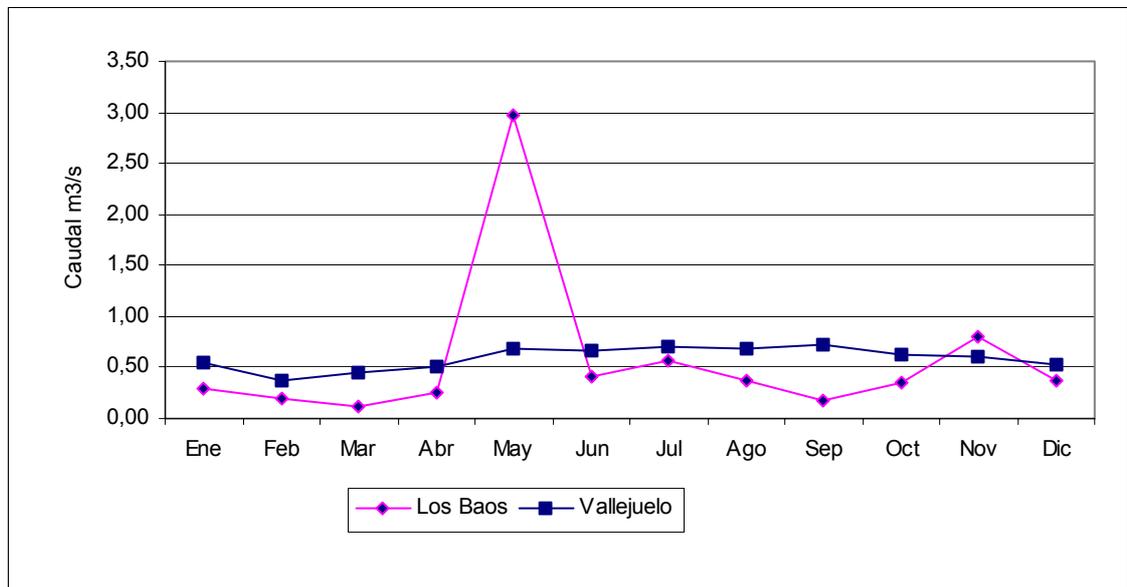
Otro de las comparativas que se puede realizar es entre los puntos de la red de aforos del presente estudio Barreras-1 y Mariana-1, situados sobre los cauces Barreras y Las Barías respectivamente, con el punto de la red de aforos históricos del INDRHI Conuquitos, que controla el caudal del río Guayabal. Estos puntos controlan cada uno cauces independientes y sin relación alguna entre sí. Sin embargo, dada la proximidad existente entre ellos y su origen común, (siendo cauces de pequeña cuenca que se generan a partir de salidas subterráneas a través de manantiales de borde al sur de la masa caliza de la Sierra de Neiba, se ha considerado oportuno representarlos conjuntamente en el siguiente gráfico para poder observar la relación entre los caudales y las tendencias anuales de los mismos.



En el gráfico se aprecia que durante los primeros meses del año tanto la magnitud de los caudales como la tendencia evolutiva de los mismos es bastante similar tanto para los puntos de aforo del presente estudio como para el punto histórico de control. No ocurre lo mismo a partir del mes de octubre, en el que históricamente empieza un periodo de descenso de los caudales, mientras que en las medidas realizadas durante el presente estudio se producen ascensos significativos del caudal.

La última comparativa que se puede realizar es entre el punto Los Baos de la red del presente estudio y Vallejuelo de la red histórica. El punto de aforo Vallejuelo se encuentra situado bastante aguas arriba del aforo Los Baos (unos 25 Km) por lo que su comparación es relativa.

El siguiente gráfico muestra la evolución de caudal en el punto de aforo Los Baos, comparada con las medias mensuales históricas del punto de aforo Vallejuelo.



En general se observa que los caudales existentes a lo largo de año hidrológico 2003-2004 son inferiores a los caudales medios históricos aforados en el punto Vallejuelo, salvo en los meses de mayo (en el que se midió una crecida) y noviembre en los que se aprecia una importante subida.

Es difícil poder determinar si el caudal del punto Los Baos es inferior por tratarse de un año especialmente seco o si por el contrario se trata de caudales normales, lo que significaría que se produce una pérdida de caudal en el tramo entre el punto Vallejuelo y Los Baos.

En todos los gráficos descritos anteriormente se aprecia, por lo general, la existencia de dos periodos de aguas altas en los meses de mayo-junio y sobre todo durante los meses de septiembre-noviembre, entre los cuales se produce un ligero descenso de los caudales, y un periodo de aguas bajas entre los meses de enero y abril a lo largo del cual se dan los menores caudales anuales.

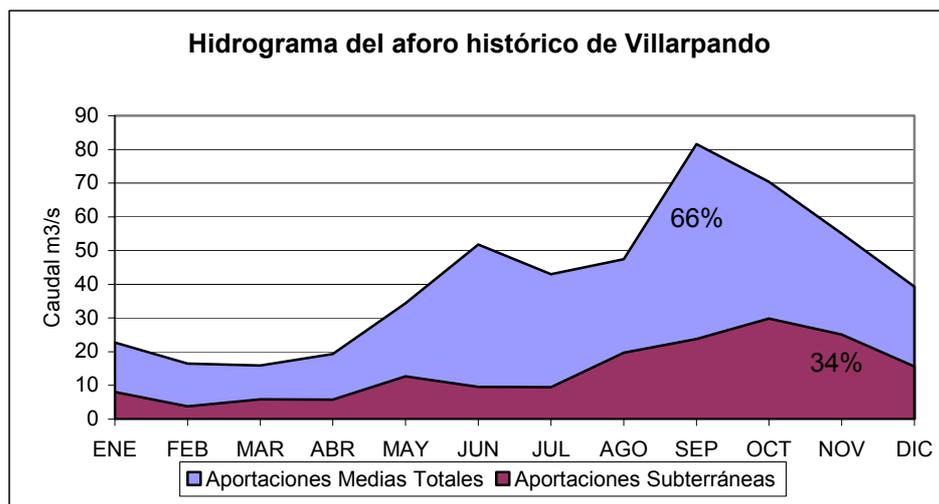
#### **4.2.5. Cálculo de los aportes subterráneos.**

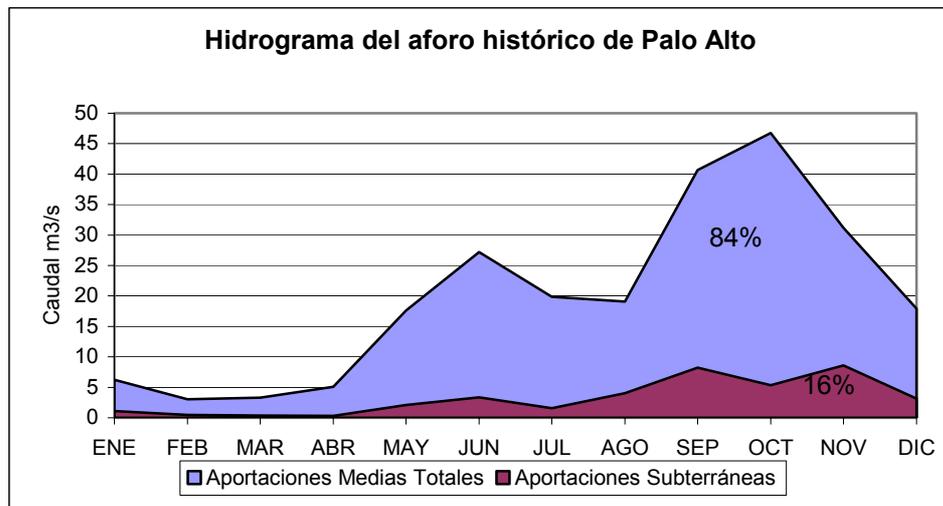
Para la obtención de una aproximación de la aportación de aguas subterráneas con respecto al caudal hídrico total, se ha optado por la descomposición de los hidrogramas de las estaciones de aforo históricas. Los porcentajes obtenidos de aportes superficiales y subterráneos han de ser tenidos en cuenta 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 gran variabilidad con oscilaciones de entre el 16% y el 50% 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.

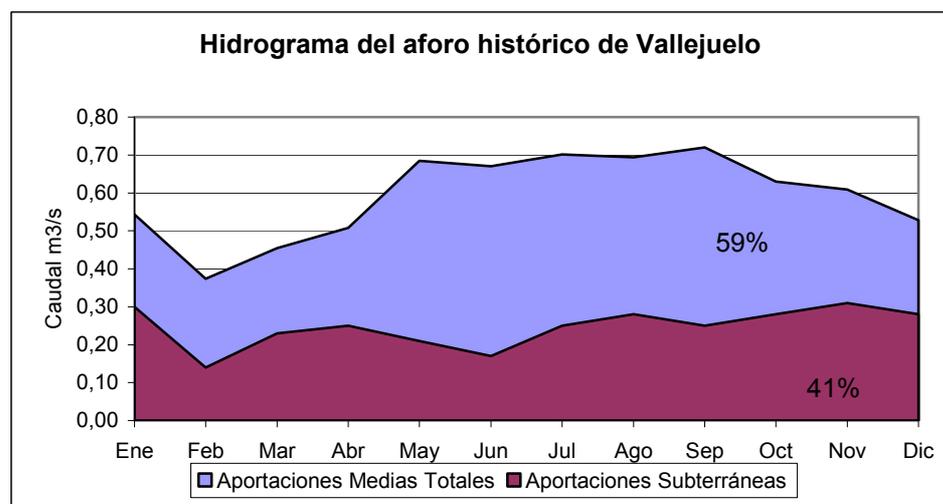
Los siguientes gráficos muestran la descomposición de los hidrogramas de cada uno de los puntos de aforo considerados:

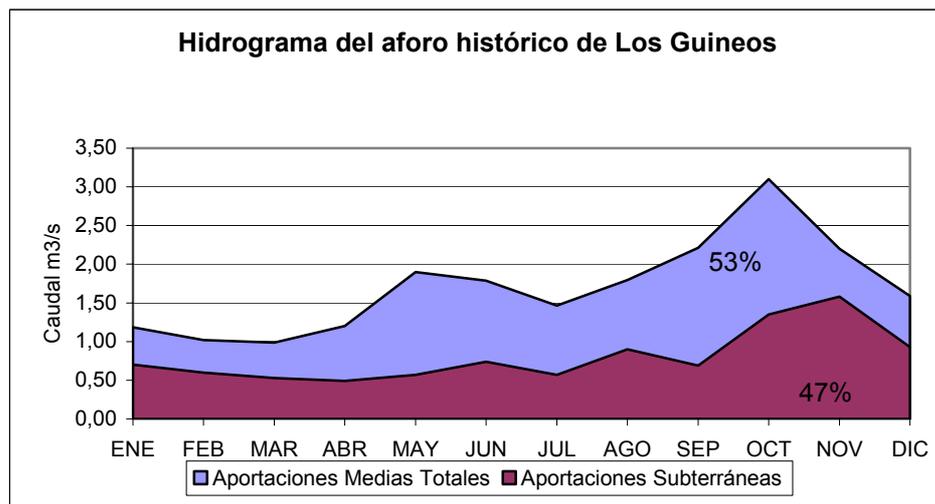
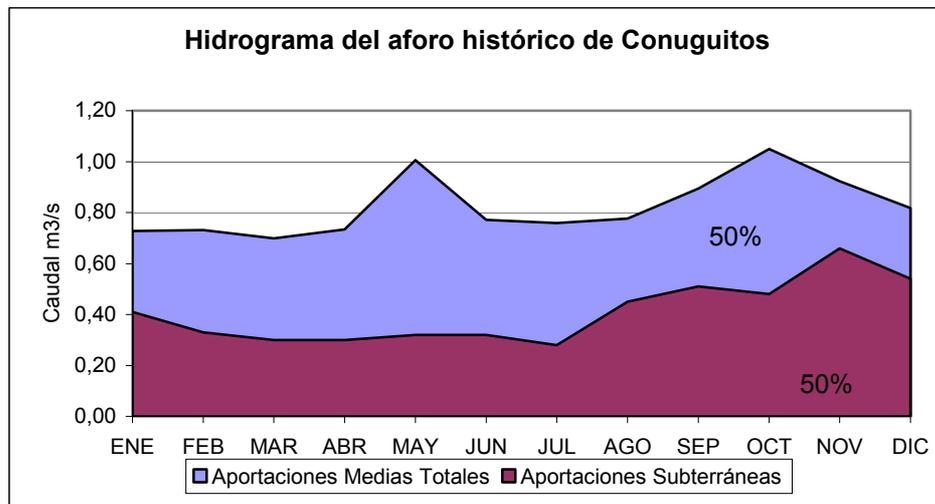




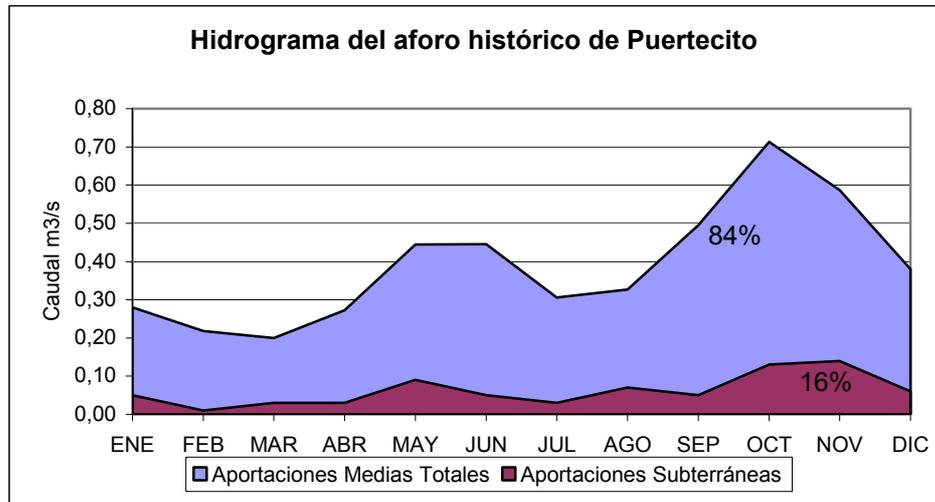
Estos dos hidrogramas están referidos al río Yaque del Sur, con el fin de poder determinar sus aportes subterráneos. La serie de datos utilizada ha sido hasta la construcción del embalse de Sabana Yegua ya que los caudales medios y mínimos se encuentran influenciados posteriormente a la puesta en funcionamiento de la misma.

En el punto de aforo de Villarpando se consideran unas aportaciones de aguas subterráneas de un 34% con respecto al total, que en su mayor parte provendrán de los aportes realizados a través de los materiales detríticos permeables situados aguas arriba (unidad hidrogeológica del Valle de San Juan). El porcentaje de aportes subterráneos aguas abajo de este punto desciende considerablemente hasta situarse en un 16%, tal y como se aprecia en el hidrógrafo de Palo Alto.





Los mayores aportes de aguas subterráneas se dan en los sectores norte y sur de la unidad hidrogeológica tal y como se aprecia en los hidrogramas de los puntos de aforo Vallejuelo, Conuguitos y Los Guineos. En estos sectores se alcanzan porcentajes de aportes subterráneos del orden del 50% del total. Dichos puntos de aforo controlan cauces con una cuenca de drenaje pequeña y que atraviesan formaciones carbonatadas de alta permeabilidad.



El hidrograma del punto de aforo Puertecito presenta un porcentaje de aportaciones subterráneas del 16%, muy inferior al del punto de aforo Los Guineos (47%) situado en el mismo sector. Este hecho se debe a que en el caso del punto Puertecito la mayor parte de la cuenca de drenaje está constituida por materiales de baja permeabilidad, mientras que en el caso del aforo de Los Guineos, la totalidad de la cuenca de drenaje se sitúa sobre materiales carbonatados de alta permeabilidad que aportan un volumen subterráneo importante.

## **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 7384 Hm<sup>3</sup> del recurso utilizado en el país, aproximadamente 916 Hm<sup>3</sup> eran utilizados para el abastecimiento a la población y 39 Hm<sup>3</sup> para los restantes usos (industrial, pecuario y turístico). La extracción de aguas subterráneas en 1993 eran de 386 Hm<sup>3</sup>.

El volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Neiba en el año 2004, para los distintos tipos de usos, es del orden de 15.61 hm<sup>3</sup>/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 10.13 hm<sup>3</sup>/año, y para agricultura 5.48 hm<sup>3</sup>/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 Sierra de Neiba

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm <sup>3</sup> /año)	Industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Ganadero (hm <sup>3</sup> /año)	Agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	TOTAL (hm <sup>3</sup> /año)
Noreste	3.35	0	0	0	3.35
Centro Oriental	1.99	0	0	4.73	6.72
Noreste	0.95	0	0	0	0.95
Sureste	1.86			0.75	2.61
Suroeste	1.98	0	0	0	1.98
<b>Total U.H. Sierra de Neiba</b>	<b>10.13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.48</b>	<b>15.61</b>

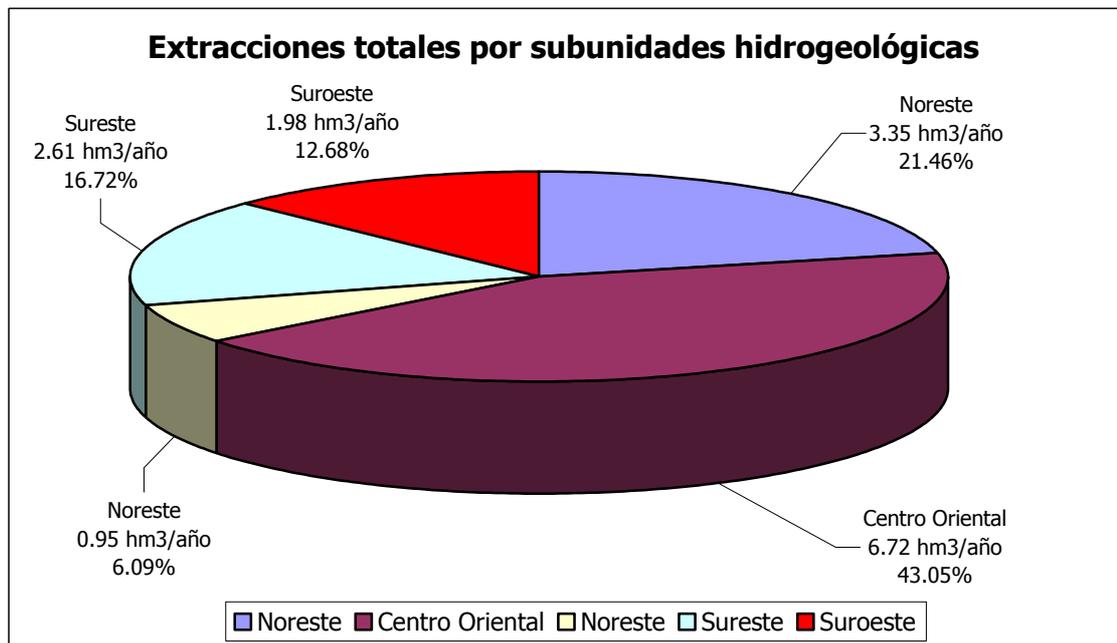
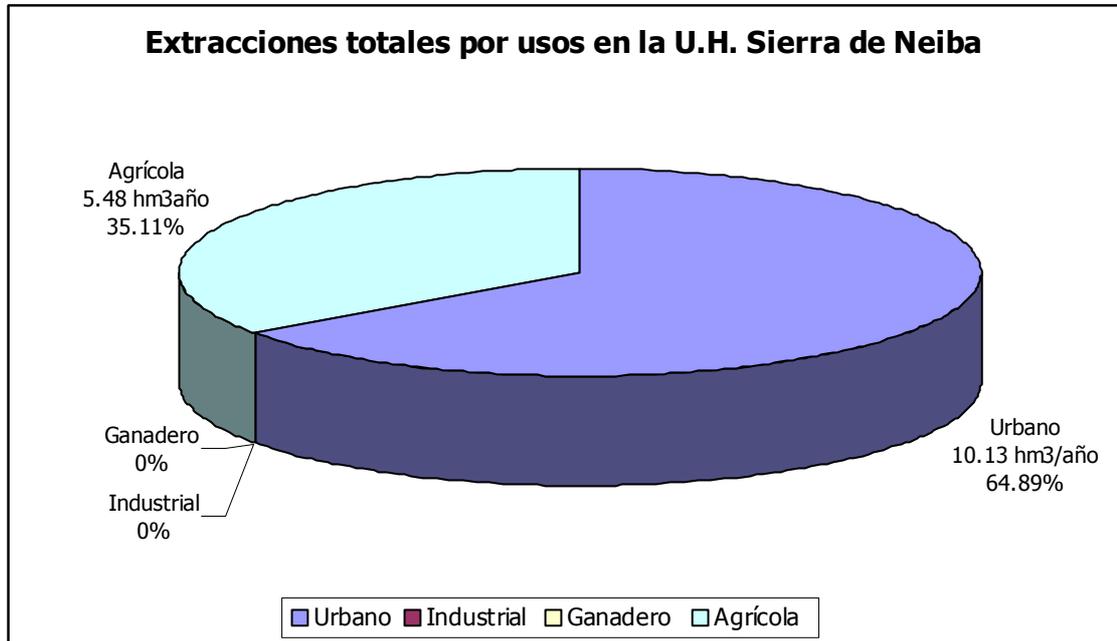
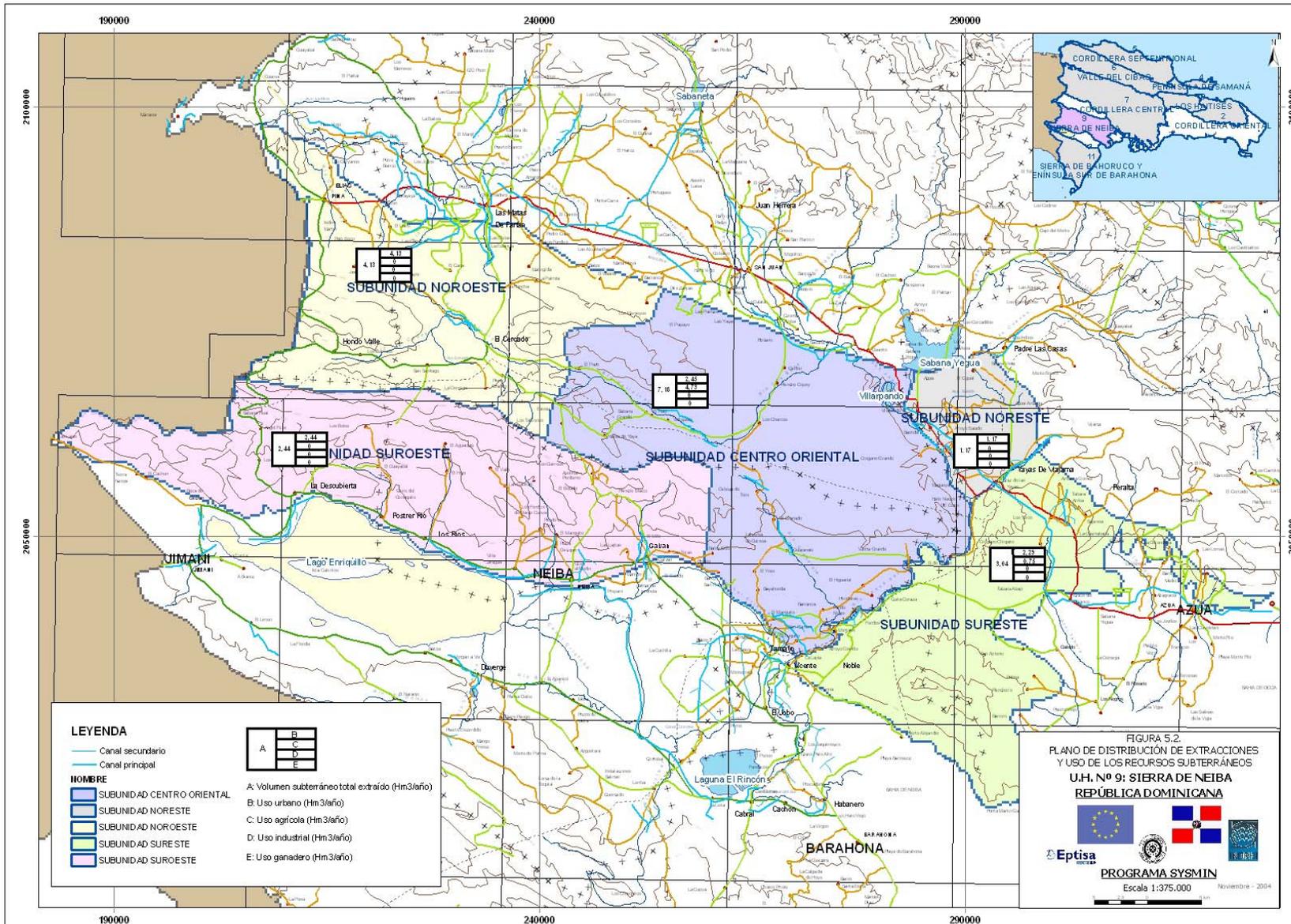


Figura 5.1. Distribución de volúmenes totales extraídos por usos y subunidades



## **5.2. INFORMACIÓN DE PARTIDA**

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

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

Distritos de Riego de la Republica Dominicana. INDRHI. 1995

Oficina Nacional de Estadística y Censo de la Republica 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 **10.13 hm<sup>3</sup>/año**, teniendo como referencia los datos aportados por INAPA en relación con los consumos de agua para las ZONAS II y VII en las cuales, la media del consumo medio por persona es de 308 l/habitante/día, de los cuales el 39.52% corresponden a aguas subterráneas y a una población de 228045 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 2.59% en el periodo 93/04.

Las extracciones por subunidades hidrogeológicas se recogen en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.3.1. Extracciones para uso urbano por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Población (2004)	Demanda según dotación	Extracciones de aguas
		308 l/hab/día hm <sup>3</sup> /año	subterráneas hm <sup>3</sup> /año
Noroeste	75508	8.49	3.35
Centro Oriental	44746	5.03	1.99
Noreste	21347	2.40	0.95
Sureste	41834	4.70	1.86
Suroeste	44611	5.02	1.98
<b>TOTAL</b>		<b>25.64</b>	<b>10.13</b>

### 5.3.2. Usos agrícolas

Cuadro 5.3.2. Usos agrícolas

Subunidad	Distrito de riego	Zona de riego	Sistema de riego	Superficie regada (ha)	Demanda (m <sup>3</sup> /ha/año)	Total extracciones (hm <sup>3</sup> /año)
<b>Centro oriental</b>	Yaque del Sur	Neiba	Cabeza de Toro	227.49	8,295	1.88
			Granado Guaranate	343.13	8,295	2.84
	<b>TOTAL</b>			<b>570.62</b>	<b>8,295</b>	<b>4.73</b>
<b>Sureste</b>	Valle de Azua	Azua	Estebania/las Charcas	87.60	8,611	0.75
	<b>TOTAL</b>			<b>87.60</b>	<b>8,611</b>	<b>0.75</b>
<b>TOTAL</b>						<b>5.48</b>

## **6. SÍNTESIS GEOLÓGICA**

### **6.1. INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

La Sierra de Neiba se encuentra en la parte centro-occidental de la República Dominicana, continuándose en la vecina Haití. Se alarga en sentido ONO-ESE, con unos 80 km de longitud, mientras que su anchura es del orden de 35 km.

Sus altitudes más comunes son del orden de 1000 – 1600 m sobre el nivel del mar. No obstante, el punto más alto, en la parte más suroccidental de la sierra, alcanza los 2200 m.

La red de drenaje presenta una disposición centrífuga respecto de la sierra. Así:

- La vertiente norte drena al río Macasía.
- Las vertientes noreste, este y sureste lo hacen al río Yaque.
- Y la vertiente sur drena a la cuenca endorreica del lago Enriquillo.

### **6.2. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.**

La Sierra de Neiba está constituida, estratigráficamente de más antiguo a más moderno, por:

- Una sucesión de Calizas en bancos (Ec). Esta sucesión presenta nódulos e intercalaciones de pedernal y, raras veces (sobre todo, en la parte suroeste de la sierra), intercalaciones margosas y calcareníticas. Asimismo, incluye intercalaciones de rocas volcánicas submarinas (RVS). Esta sucesión comprende edades entre el Eoceno y el Mioceno inferior, y alcanza espesores probablemente superiores a los 500 m. Desde el punto de vista hidrogeológico, es un conjunto permeable, por karstificación.
- Una serie de margas con intercalaciones de calcarenitas (Mm), de edad Mioceno medio-superior. Puede alcanzar espesores también superiores a los 500 m. y tiene un comportamiento fundamentalmente impermeable, desde el punto de vista hidrogeológico.

En los flancos norte, oeste y sur de la sierra afloran areniscas, lutitas, margas y conglomerados (molasa marina: Mcg, de edad Mioceno superior), arenas, conglomerados y calizas arrecifales (molasa marina: Pcg, de edad Plioceno), y conglomerados y arenas (molasa continental, de edad Pliocuaternario, también comprendida en el conjunto Pcg). Estos conjuntos, de espesores variables entre 100 y 300 m, presentan permeabilidades por porosidad intergranular.

Las llanuras fluviales de los ríos Macasía y Yaque, así como la cuenca endorreica del lago Enriquillo, están constituidas por materiales cuaternarios, también de permeabilidad variable, por porosidad intergranular.

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

### **6.3. ESTRUCTURA TECTÓNICA.**

Desde el punto de vista estructural, la Sierra de Neiba está constituida por un conjunto de ejes anticlinales y sinclinales, afectados por fallas generalmente de tipo normal, distensivo. La dirección de los ejes de estos pliegues, así como la dirección de las mencionadas fracturas son ONO-ESE, es decir subparalelas a la elongación de la sierra. Los ejes de los pliegues presentan inmersión generalizada hacia el ESE.

La combinación de los factores estructural y litológico determina un relieve de tipo normal para el conjunto de la sierra, es decir:

- La sucesión calcárea Ec, siendo la más resistente a la erosión, determina zonas elevadas, constituidas por anticlinales.
- La sucesión suprayacente margo-calcarenítica (Mm), más blanda, origina zonas más bajas, generalmente constituidas por sinclinales, a veces fallados, entre las zonas elevadas de la formación calcárea.

Así, por tanto, desde el punto de vista litológico-estructural, la sierra puede ser subdividida en tres sectores, de importancia fisiográfica, y cuyas relaciones con la red de drenaje determina tanto la importancia, como el funcionamiento hidrogeológico de las mismas y de sus alrededores. Estos tres sectores son los siguientes:

- El sector septentrional: constituido por grandes afloramientos (de 10-25 km de longitud y 3-8 km de anchura) de anticlinales calizos (Ec), separados entre sí por zonas sinclinales margo-calcareníticas (Mm).
- El sector meridional: conformado por una gran zona anticlinal caliza (Ec), de unos 50 km de longitud por unos 15 km de anchura, en la que se encuentran, además, las máximas alturas de la Sierra.
- El sector central: constituido por un corredor de 1-5 km de anchura, en materiales margoso-calcareníicos (Mm), que separa completamente el sector septentrional del meridional.

- El sector oriental, constituido por anticlinales y sinclinales conformados en la formación margoso-calcarenítica (Mm), y en la que la inmersión generalizada de los ejes de los pliegues hacia el ESE, determina que no aflore la formación calcárea infrayacente (Ec).

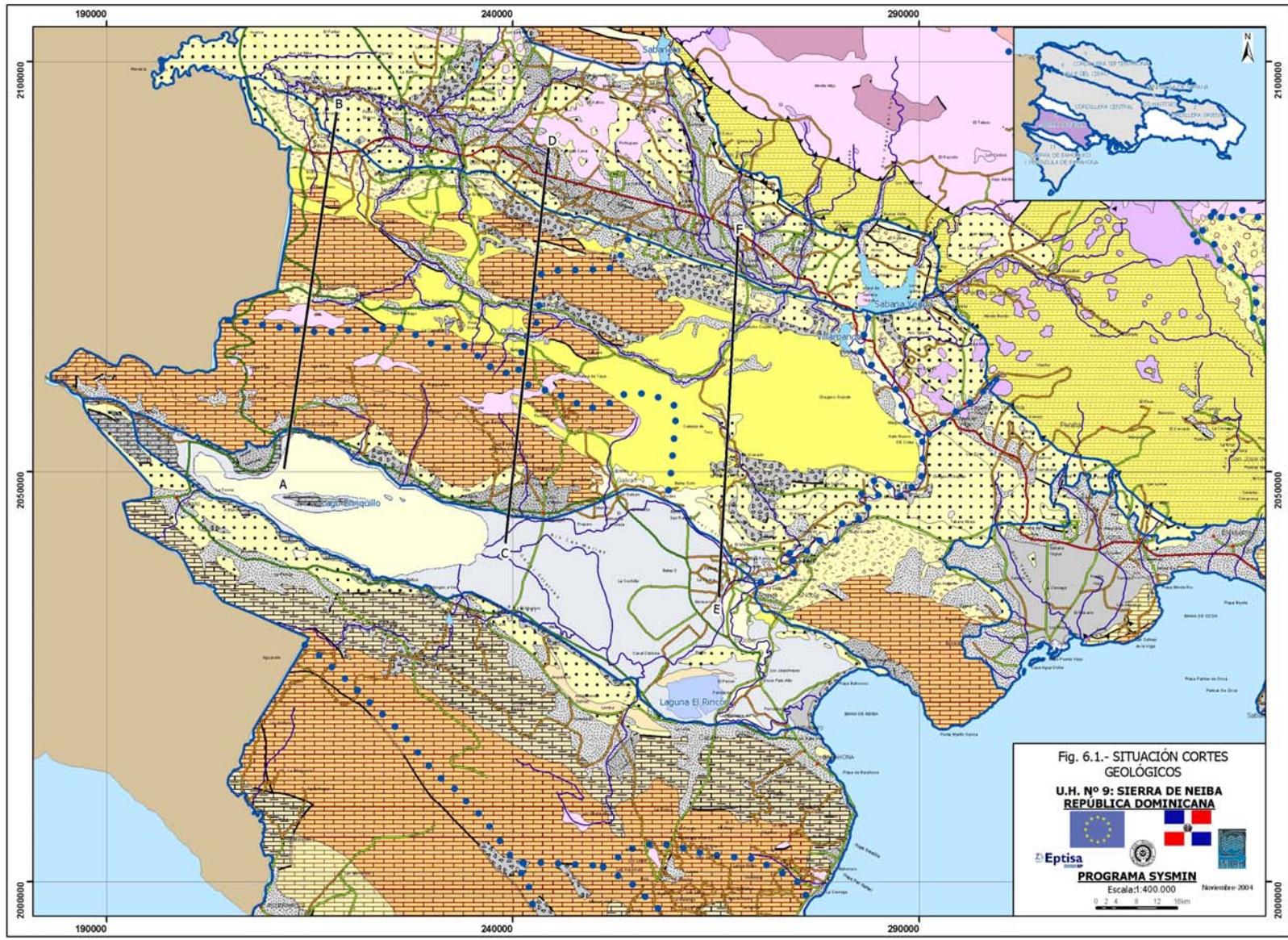


Fig. 6.1.- SITUACIÓN CORTES GEOLÓGICOS

U.H. Nº 9: SIERRA DE NEIBA

REPÚBLICA DOMINICANA



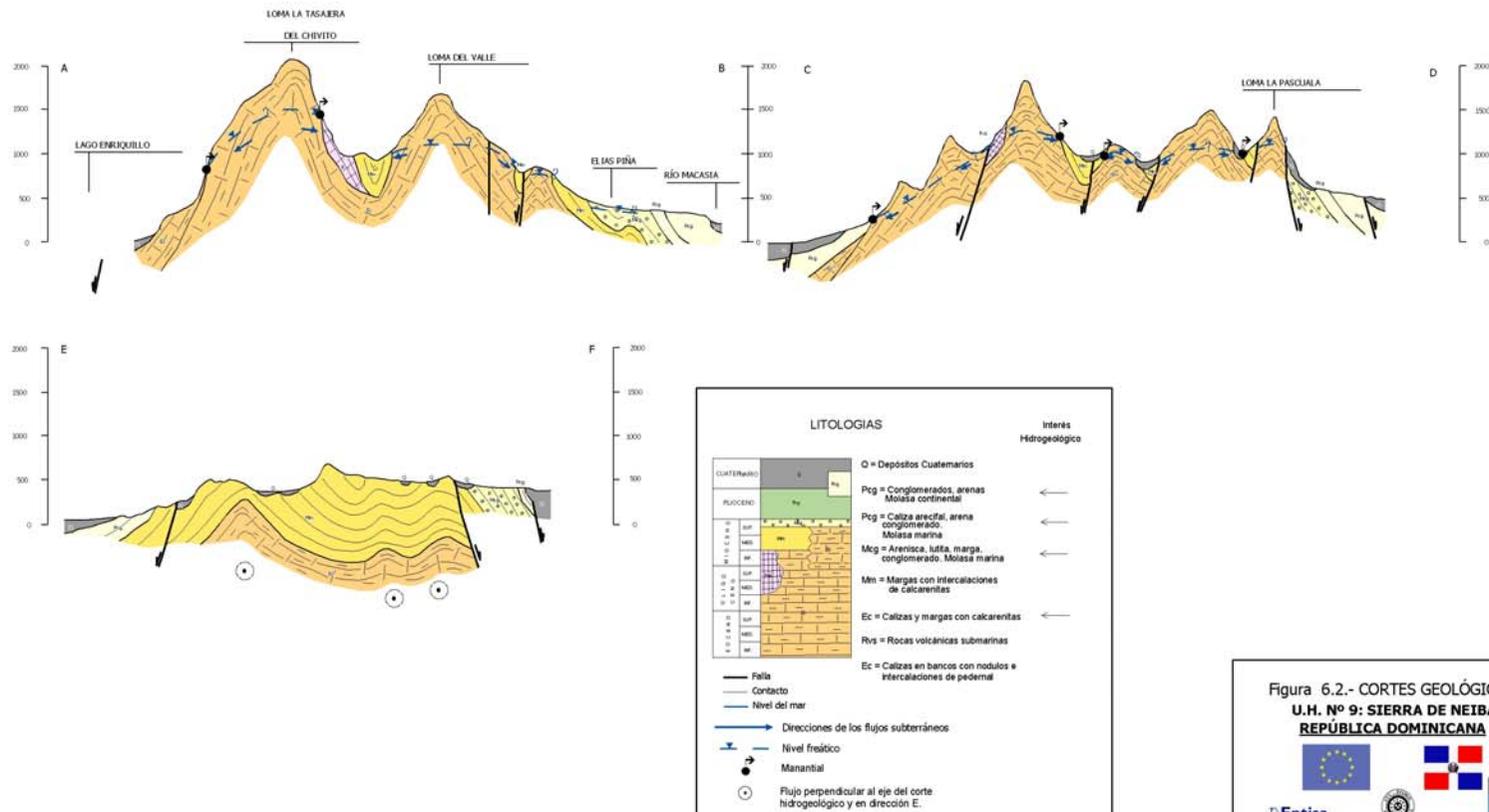
PROGRAMA SYSMIN

Escala: 1:400.000

Noviembre 2004



SIERRA DE NEIBA



Escala horizontal 1: 250.000

Figura 6.2.- CORTES GEOLÓGICOS  
U.H. Nº 9: SIERRA DE NEIBA  
REPÚBLICA DOMINICANA

PROGRAMA SYSMIN Noviembre 2004

#### **6.4. RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICION LITOLOGICO-ESTRUCTURAL Y SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO.**

Por su importancia en extensión, así como por sus alturas topográficas más elevadas, el sector meridional de la sierra (suroeste) debe constituir la zona de recarga más importante para el conjunto de la sierra, siguiéndole en relevancia el sector septentrional (noroeste), de menor extensión y altura, pero más compartimentado. El sector centro oriental constituye una zona de menor recarga, dado el carácter predominante de baja permeabilidad de la mayor parte de sus materiales aflorantes y, por último, el sector del suroriental (sureste) vuelve a constituir una zona de recarga, pero fundamentalmente (con la salvedad de la sierra carbonatada de Martín García) de materiales detríticos del valle del Yaque del Sur.

La red de drenaje implantada en el sector occidental de la sierra vierte en dos direcciones predominantes: sur y norte. El nivel de base para la red vertiente al sur es más bajo que la del norte. Este condicionante, unido al carácter fisio-estructural asimétrico de la sierra (la línea de cumbres y el eje del anticlinal se encuentran hacia el norte del sector), hace que las mayores descargas deban producirse hacia el borde sur del citado sector (cuenca endorreica del Lago Enriquillo).

Por otra parte, la red de drenaje existente en el sector septentrional de la sierra es, en gran parte, sobreimpuesta al mismo, ya que, con frecuencia, nace en el borde del sector meridional, atravesando el corredor central. Ello hace que sus ríos puedan ser considerados ganadores o perdedores, según atraviesen contactos entre los materiales carbonatados (Ec) y margosos (Mm), o viceversa. Algunos bordes septentrionales de este sector pueden producir descargas directas, aunque, en ningún caso, de la importancia de las del sector meridional.



Figura 6.3 Bloque diagrama de la topografía de La Sierra de Neiba.

## **7. HIDROGEOLOGÍA**

### **7.1. MARCO HIDROGEOLÓGICO**

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 9 : Sierra de Neiba, se emplaza en el suroeste del país y comprende las estribaciones más orientales de esta importante sierra, que se extienden a lo largo de 80 Km, de este a oeste, cubriendo una superficie próxima a los 2500 km<sup>2</sup> (lomas del Valle, Pascuala-Jayaco, Caimoní, Tasajera del Chivito y Monte Bonito), así como las sierras próximas de Peralta y Martín García (situadas en la margen izquierda del río Yaque del Sur), junto con los depósitos cuaternarios comprendidos entre ellas y los conglomerados, areniscas y margas del Mioceno, que, en su totalidad, suponen una superficie adicional de aproximadamente otros 1300 km<sup>2</sup>.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, que alcanzan una superficie total próxima a los 3800 km<sup>2</sup>, habría que destacar una importante superficie aflorante de materiales carbonatados (unos 1340 km<sup>2</sup>), que presentan un proceso de carstificación avanzado, sobre todo en sus subunidades más meridionales, y que constituye un complejo anticlinorio que se hunde, por el norte y el sur, hacia valles de origen tectónico (Valles de San Juan y de Neiba).

En la superficie de la citada unidad se identifica un solo nivel acuífero carbonatado del Terciario (Ec: calizas del Eoceno-Mioceno), aunque es posible que existan algunos niveles carbonatados más en profundidad y no aflorantes, así como materiales conglomeráticos y areniscosos del Mioceno y del Plioceno-Pleistoceno y diversos tipos de depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas fluviales y depósitos de abanicos, sobre todo) 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 carstificación, tanto del tipo abiertos como cerrados, sobre todo en la vertiente meridional de la unidad, entre los que cabría destacar la sima del río Bolos y otras de menor entidad (en la cabecera de la subunidad suroeste), diferentes campos de dolinas y poljes (principalmente en la subunidad centro oriental y en los ejes de las lomas del Aguacate y del Salado) y numerosos manantiales de muro (sobre todo en el sector suroeste de la unidad, entre Boca Cachón, La Descubierta, Los Ríos y Neiba).

## **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 3,811 km<sup>2</sup>, de los cuales el 77.5% (unos 2,953 km<sup>2</sup>) corresponden a formaciones permeables de diferentes tipos (y con permeabilidades variables entre muy alta,

alta y media) y el resto (unos 859 km<sup>2</sup>) a 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 ocho tipos distintos de formaciones permeables o niveles acuíferos y cuatro formaciones de baja permeabilidad, 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 carstificación, 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 prácticamente todo el borde meridional de la unidad (subunidades centro oriental y suroeste), entre Tamayo y Boca Cachón, y ocupan una superficie próxima a los 143 km<sup>2</sup>, que supone el 4.8% de la superficie total de materiales permeables y el 3.75% de la superficie total de la unidad. Constituyen unos excelentes acuíferos detríticos del tipo libre y superficiales sobre las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) o los conglomerados del pleistoceno-Plioceno (Pcg), a los que se le ha asignado una permeabilidad alta por porosidad intersticial, y su productividad y potencialidad de explotación 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 del borde sur de la Sierra de Neiba y de descarga de flujos subterráneos (manantiales de Los Borbollones, Los Ríos, Neiba y Galvan) y superficiales (Marina, Barreras, Manguito, Panzo, Majagual y Guaranate).

**Qa:** compuestos por depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario, que se distribuyen por las depresiones próximas a los cauces del río Yaque del Sur y del arroyo Viajama. En su conjunto alcanzan una superficie total de 199 km<sup>2</sup>, que suponen el 6.7% de la superficie total de materiales permeables y el 5.2% 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 (río Yaque del Sur y arroyo Viajama) y superficiales (zonas de borde).

**Qal:** compuestos por depósitos de aluvial reciente, que se distribuyen, fundamentalmente, por los cauces centrales de los ríos Yaque del Sur, San Juan y Los Baos y arroyo Viajama. En su conjunto alcanzan una superficie total de 89 km<sup>2</sup> que suponen el 3.0% de la superficie total de materiales permeables y el 2.3% 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 (río Yaque del Sur) y superficiales (zonas de borde).

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

**Mcg:** Formación de conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Mioceno, del grupo Sombrerito. Aflora en los flancos norte de las subunidades del noroeste, centro oriental y del sureste, y alcanza una superficie total de 329 km<sup>2</sup>, que suponen el 11% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 8,6% 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 los conglomerados, arenas y calizas del Plioceno), 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 norte de la Sierra de Neiba y de la de Martín García, y de descarga de flujos subterráneos y superficiales.

**Qi:** compuesto por materiales indiferenciados del Cuaternario, que se localizan, fundamentalmente, en la subunidad centro oriental y en los sectores de El Pazo y Gauranate. Ocupan una superficie total próxima a los 178 km<sup>2</sup>, que supone el 6% de la superficie total de materiales permeables y el 4.7% 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 terrazas fluviales del Cuaternario (**Qa**), que se distribuyen, con extensiones limitadas por las depresiones de todo el ámbito de la unidad (sobre todo por las subunidades centro oriental –sectores de Las Palmas, Rancho Copey y Los Charcos- y del noroeste –Los Guineos, Juan Santiago y Pinar Grande-) y los niveles más permeables de algunas formaciones consideradas como no acuíferas, como son los casos de las calcarenitas del Mioceno (**Mm**) y las tobas volcánicas, rocas clásticas estratificadas y aglomerados de las rocas volcano-sedimentarias (**RVS**).

En el caso de los depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario (**Qa**) su única condición desfavorable será la limitación de sus recursos explotables (debido a sus pequeñas extensiones y superficies de recarga individuales), aunque la alta permeabilidad de sus materiales y la mayor lluvia útil que perciben, debido a las altas cotas de sus emplazamientos, si les confieren un cierto interés para la solución de problemas de abastecimiento puntuales o locales.

- 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:**

**Ec:** Formación de caliza arrecifal detrítica, muy carstificada y del Eoceno, conocida como la caliza de Neiba-Plaisance. Ocupa una importante parte de la superficie aflorante de la unidad (unos 1,332 km<sup>2</sup>, que suponen el 45% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 35% de la superficie total de la unidad), y que se extienden, fundamentalmente, por las subunidades del noroeste (Lomas del Valle y Pascuala), Suroeste (Tasajera del Chivo y Monte Bonito) y Sureste (Sierra García). Su espesor (estimativo) parece superar los 1000 m y por su avanzado grado de karstificación se le ha asignado una permeabilidad alta. Constituye un acuífero en buena parte libre (aunque también podría existir, como acuífero confinado, bajo las calizas pliocenas y los conglomerados y areniscas miocenas), y en todos los casos del tipo cárstico y con permeabilidad secundaria por fracturación-carstificación.

Su productividad y potencialidad de explotación será alta (la más importante de toda la unidad), debido al alto grado de carstificación 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:**

**Qc:** compuesto por depósitos marinos cuaternarios del tipo carbonatado. Se identifican en prácticamente todo el borde meridional de la subunidad suroeste, entre Villa Jaragua y El Cachón, donde ocupan (dentro de los límites de esta unidad) una superficie próxima a los 7 km<sup>2</sup>, que supone el 0.2% de la superficie total de materiales permeables y el 0.18% de la superficie total de la unidad. Constituye un nivel acuífero carbonatado, con permeabilidad mixta por fracturación y porosidad intersticial, que tiene continuidad geométrica hacia la unidad del Valle de Neiba.

Su productividad y potencialidad de explotación será muy limitada dentro de los límites de esta unidad, debida a su escasa superficie aflorante, y su interés se concentrará en la limítrofe unidad del Valle de Neiba.

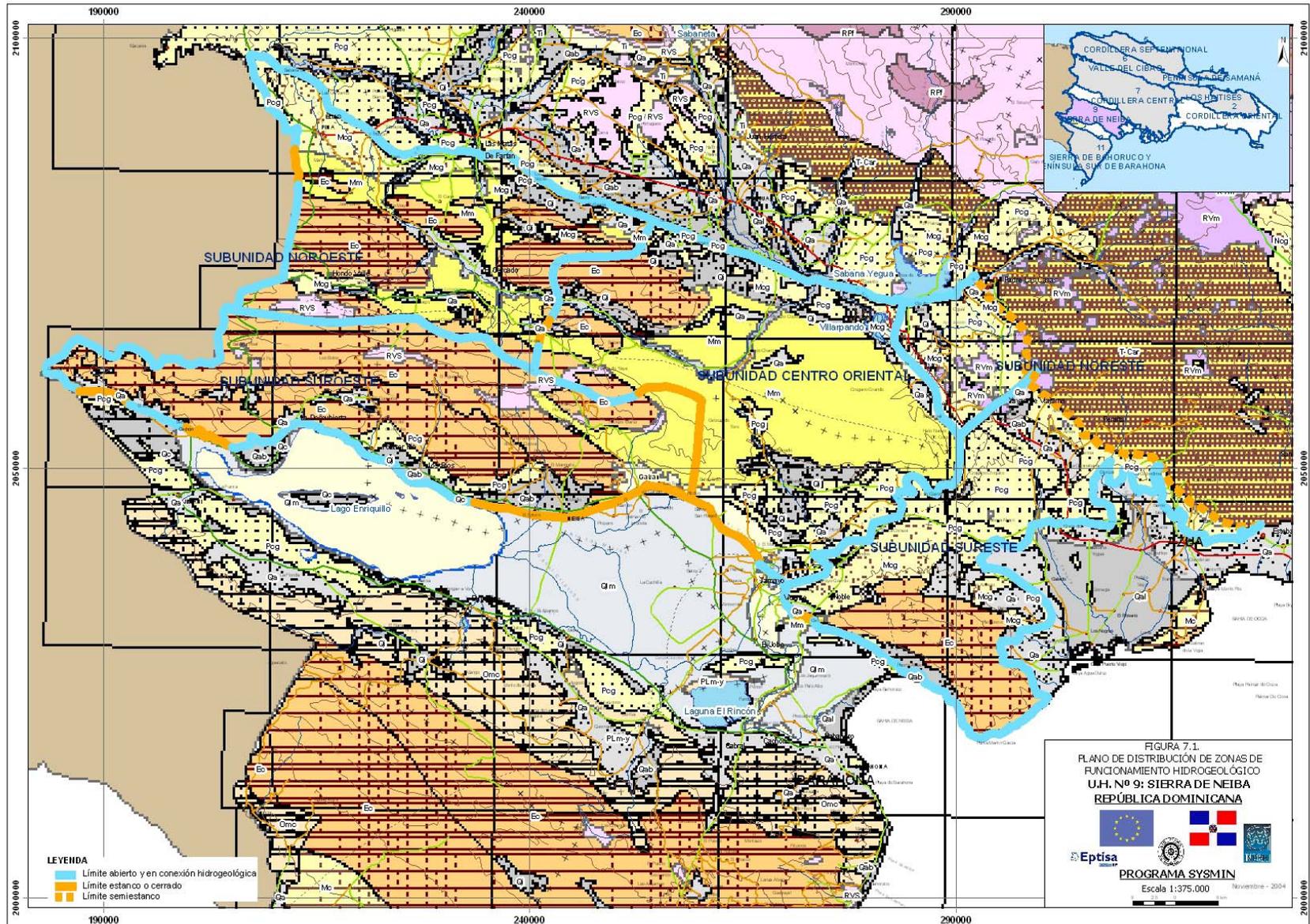
**Formaciones de tipo mixto, con permeabilidad por fisuración y/o por porosidad intersticial:**

**Pcg:** Formación compuesta por depósitos de conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno-Plioceno, que se extienden (aflorantes) por los márgenes de la unidad y, en especial, por las subunidades centro oriental, noreste y sureste. Alcanzan una superficie total de 526 km<sup>2</sup>, que supone el 17.8% de la superficie total de materiales permeables y el 13.8% de la superficie total de la unidad. Sus litologías y su escasa cementación le confieren una permeabilidad media-alta y el que funcionen como un acuífero libre, 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-alto, le confieren una productividad y potencialidad real de explotación de moderada a alta, cuya mayor representación se localiza junto al curso bajo del río Yaque del Sur, que constituye una zona descarga de flujos subterráneos y superficiales desde el norte y sur.

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 volcano-sedimentarias (**RVS**), las rocas volcánicas masivas (**RVm**), las margas con calcarenitas del Mioceno (**Mm**), las margas y yesos del Plioceno (**PLm-y**) y los depósitos lacustres del Cuaternario (**QIm**), cuya extensión total es del orden de los 859 km<sup>2</sup>.

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



Cuadro 7.2.1. Subunidades o sectores de funcionamiento hidrogeológico, dentro de la unidad de la Sierra de Neiba

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
<b>Noroeste</b>	631.0 km <sup>2</sup>	205.8 km <sup>2</sup>	<p>- Norte: en superficie abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) del borde meridional de la unidad del Valle de San Juan. En profundidad probablemente estanco y cerrado, debido al borde fallado y a la aparición de margas miocenas (Mm).</p> <p>- Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) del lado haitiano de la Sierra de Neiba, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Isidro Martín, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Este: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) de la Subunidad Centro Oriental, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Derrumbadero-Batista, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) de la Subunidad Suroeste, con los que existe continuidad geométrica.</p>	<p>- Ec: 313.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 133.5 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 77.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 62.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 4.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 0.003 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 39.7 km<sup>2</sup></p>
<b>Suroeste</b>	840.7 km <sup>2</sup>	88.0 km <sup>2</sup>	- Norte y Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) del borde sur de	- Ec: 670.6 km <sup>2</sup>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>la subunidad Suroeste y del lado haitiano de la Sierra de Neiba, con los que existe continuidad geométrica.</p> <p>- Este: cerrado y estanco en su mayor parte, donde afloran las margas del Mioceno (Mm). Solamente en su sector meridional (Galván-Rodeo) existirá un límite abierto y en conexión con los depósitos de abanicos cuaternarios (Qab).</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) y los cuaternarios de diferentes tipos (abanicos, terrazas fluviales y depósitos marinos), aflorantes en el flanco septentrional de la depresión del Valle de Neiba.</p>	<p>- Mcg: 1.0 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 35.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 39.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 78.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qc: 7.1 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 8.3 km<sup>2</sup></p>
<b>Centro oriental</b>	593.8 km <sup>2</sup>	536.2 km <sup>2</sup>	<p>- Norte: en superficie abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) del borde meridional de la unidad del Valle de San Juan. En profundidad probablemente estanco y cerrado, debido al borde fallado y a la aparición de margas miocenas (Mm).</p> <p>- Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) de la Subunidad Noroeste, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Derrumbadero-Batista, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Este: abierto y en conexión hidráulica con los</p>	<p>- Ec: 143.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 35.05 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 91.2 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 70.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 32.1 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 48.5 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 53.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 119.1 km<sup>2</sup></p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>depósitos de aluvial del río Yaque Grande del Sur (entre la Presa de Sabana Yegua y Hato Nuevo de Cotes).</p> <p>- Sureste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque Grande del Sur (sector del sureste, entre Hato Nuevo de Cotes y Vicente).</p> <p>- Suroeste: cerrado y en contacto estanco con los depósitos lacustres cuaternarios (Qlm) de baja permeabilidad.</p>	
<b>Noreste</b>	151.8 km <sup>2</sup>	21.04 km <sup>2</sup>	<p>- Norte: abierto y en conexión hidráulica directa con el vaso del embalse de Sabana Yegua o con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg), y las terrazas fluviales del flanco sur de dicho embalse.</p> <p>-Este: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur (entre la Presa de Sabana Yegua y Hato Nuevo de Cotes).</p> <p>- Oeste: semiabierto y en contacto cabalgante con las areniscas y margas arenosas (Facies Flysch) del Terciario-Cretácico (T-Car) de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Central.</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica con las terrazas fluviales del arroyo Viajama y con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del</p>	<p>- T-Car: 0.14 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 39.6 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 76.4 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 9.2 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 20.04 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 0.01 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 6.5 km<sup>2</sup></p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			Pleistoceno-Plioceno (Pcg).	
<b>Sureste</b>	735.6 km <sup>2</sup>	7.5 km <sup>2</sup>	<p>- Noroeste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur y del arroyo de Viajama, entre Yayas de Viajama y Vicente.</p> <p>- Noreste: semiabierto y en contacto cabalgante con las areniscas y margas arenosas (Facies Flysch) del Terciario-Cretácico (T-Car) de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Central.</p> <p>- Suroeste: se trata de un límite complejo, con sectores cerrados y en contacto estanco con los depósitos lacustres cuaternarios (Qlm) o margosos del Mioceno (Mm) de baja permeabilidad, y otros sectores abiertos y en contacto con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur (sector de Vicente) o directamente con el mar (entre Puerto Alejandro y la Punta de Martín García).</p> <p>- Sureste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de terrazas fluviales (Qa) y de aluvial (Qa) del río Jura y del arroyo Tavora, de la unidad Hidrogeológica de la planicie de Azua.</p>	<p>- Ec: 203.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 119.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 244.5 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 87.0 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 27.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 19.0 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 27.8 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 4.9 km<sup>2</sup></p> <p>- T-Car: 0.7 km<sup>2</sup></p>
<b>TOTAL</b>	<b>2,952.9 km<sup>2</sup></b>	<b>858.6 km<sup>2</sup></b>	-	<p>- <b>T-Car: 0.9 km<sup>2</sup></b></p> <p>- <b>Ec: 1,331.7 km<sup>2</sup></b></p> <p>- <b>Mcg: 329.03 km<sup>2</sup></b></p> <p>- <b>PLc 525.6 km<sup>2</sup></b></p> <p>- <b>Qa 198.62 km<sup>2</sup></b></p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
				- Qab: 142.6 km <sup>2</sup> - Qal: 88.52 km <sup>2</sup> - Qcg: 169.7 km <sup>2</sup> - Qi: 178.4 km <sup>2</sup> - Qc: 7.1 km <sup>2</sup> -

### **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 Sierra de Neiba 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. Solamente el sector meridional (borde sur de la subunidad el suroeste) y septentrional (borde norte de la subunidad el noroeste) de la unidad se ha dispuesto de alguna información procedente del inventario punto de agua realizado durante el "Estudio Hidrogeológico de la República Dominicana, Fase I" (1998-2000), en las unidades del Valle de Neiba y del Valle de San Juan.

Por otro lado, tampoco se tiene constancia de la existencia de un registro físico de la información (ya sea en papel, o en formato digital) referente al inventario de puntos de agua, con la salvedad de la procedente del citado estudio de 1998-2000. Esto ha generado que la casi totalidad de puntos inventariados dentro de la unidad sean de nueva incorporación.

#### **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).

En total, se han inventariado 88 puntos de agua, de los cuales, 72 se encuentran localizados dentro de los límites de la poligonal definida para esta unidad hidrogeológica, estando el resto de los puntos (16) distribuidos fuera de la poligonal de la Sierra de Neiba, aunque en sectores relacionados con el funcionamiento hidrogeológico de la misma. La distribución geográfica de estos 16 puntos corresponden a la unidad hidrogeológica del Valle de Neiba, aunque dada su proximidad a la unidad hidrogeológica de la Sierra de Neiba y su relación con su funcionamiento hidrogeológico, se han considerado como pertenecientes a la misma a la hora de la realización de este estudio.

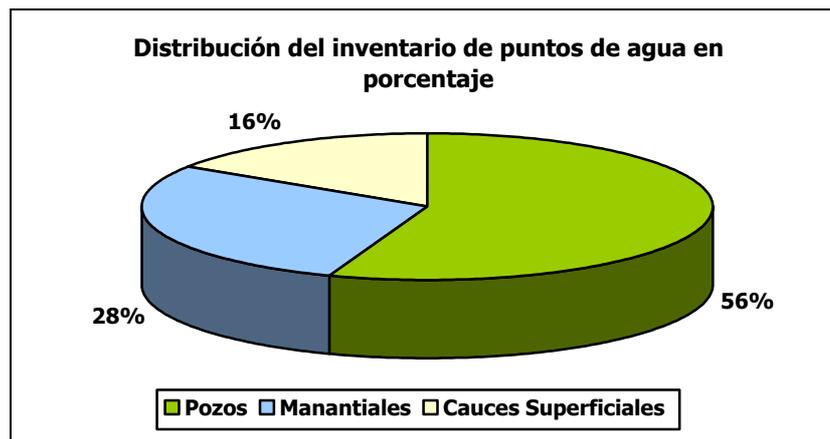
En el plano 6.1 incluido al final de este informe se puede apreciar la distribución espacial del inventario de puntos de agua de la unidad hidrogeológica diferenciando por los puntos por su naturaleza.

La distribución de puntos del inventario realizado en esta zona, según su naturaleza y la unidad hidrogeológica a la que pertenecen, queda resumida en el siguiente cuadro:

Cuadro 7.3.1. Distribución de puntos del inventario

<b>Unidad Hidrogeológica</b>	<b>Pozos</b>	<b>Manantiales</b>	<b>Cauces Superficiales</b>	<b>Total</b>
Sierra de Neiba	49	9	14	72
Valle de Neiba		16		16
<i>Total</i>	49	25	14	88

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 geográfica del inventario de puntos de agua realizado está claramente influenciada por las características fisiográficas propias de esta unidad hidrogeológica, constituida por una elevada zona central de difícil acceso y en la que no existen apenas infraestructuras viarias (carreteras, caminos, etc.), ni zonas agrícolas, ni núcleos de población significativos. Así pues, el inventario de esta unidad hidrogeológica se encuentra localizado mayoritariamente en los bordes de esta sierra central y en los aluviales de los principales cauces que discurren a través de esta.

La mayor parte de los manantiales inventariados en la unidad se encuentran situados en el borde sur de la misma, en el contacto del macizo carbonatado (Ec) con los distintos depósitos cuaternarios del borde del Valle de Neiba.

Por el contrario los pozos se encuentran fundamentalmente en los depósitos de aluvial de los ríos Vallejuelo y Los Baos, y del arroyo Viajama.

La distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50000 es la siguiente:

Cuadro 7.3.2. Distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50000

<b>Nº Hoja</b>	<b>Nombre Hoja</b>	<b>Manantial</b>	<b>Pozo</b>	<b>Cauce Superficial</b>	<b>Total</b>
5871 I	La Descubierta	17	1	2	20
5871 IV	Boca Cachón	8	8	1	17
5872 II	El Cercado		2	1	3
5971 I	Villarpando		9	2	11
5971 IV	Galván		5	4	9
5972 II	San Juan		7	1	8
5972 III	Derrumbadero		5		5
6071 I	San José de Ocoa		1		1
6071 III	Sabana Yegua			1	1
6071 IV	Yayas de Viajama		11		11

En cuanto a la distribución según usos de los puntos de agua inventariados, esta queda de la siguiente manera:

- 19 Abastecimiento doméstico (17 pozos y 2 manantiales)
- 1 Abastecimiento y agricultura (1 pozo)
- 1 Abastecimiento y ganadería (1 pozo)
- 19 Agricultura (13 pozos y 6 manantiales)
- 11 Turismo (11 manantiales)
- 1 Ganadería (1 pozo)
- 1 No se utiliza (1 pozo)
- 35 Desconocido (15 pozos, 6 manantiales y 14 cauces superficiales)

Los dos usos mayoritarios del agua dentro de esta unidad son el abastecimiento doméstico y la agricultura, con un total de 19 puntos destinados a cada uso lo que representan unos porcentajes del 21.5% respectivamente. El tercer uso en importancia es el turístico con 11 puntos destinados a tal fin (en su totalidad manantiales que son aprovechados para hacer

zonas de balnearios) que representan un 12.5% del total. El resto de los usos son minoritarios, existiendo un importante porcentaje de puntos cuyo uso es desconocido (39.7%).

En cuanto a los volúmenes utilizados para cada uno de los usos, no se pueden determinar ya que no se disponen de datos suficientes como para poder estimar los caudales de explotación. La falta de contadores en los puntos de agua, así como el desconocimiento de los propietarios de las características de las bombas (capacidad, potencia, tiempo de utilización, etc.) hace que no sea posible calcular los volúmenes de extracción de los puntos inventariados.

En la siguiente tabla quedan descritas las características más importantes de cada uno de los puntos de agua inventariados en esta unidad. 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 1:50000, naturaleza del punto y uso del mismo.

Cuadro 7.3.3. Puntos de inventario de la Unidad Hidrogeológica

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Nº Hoja 1:50000	Nombre Hoja topográfica	Coord. X	Coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso
587112001	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	220931	2058476	255	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5871140001	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	215254	2054314	-30	MANANTIAL	TURISMO
5871140002	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	215252	2054474	-30	MANANTIAL	TURISMO
5871140003	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211836	2056291	80	POZO	
5871140004	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211857	2055325	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140005	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211879	2055339	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140006	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211928	2055337	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140007	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211931	2055325	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140008	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211918	2055296	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140009	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211858	2055289	20	MANANTIAL	TURISMO
5871140010	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211476	2051020	-33	MANANTIAL	TURISMO
5871140011	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211490	2050991	-35	MANANTIAL	TURISMO
5871140012	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211457	2050916	-35	MANANTIAL	
5871140013	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211423	2050828	-35	MANANTIAL	
5871140014	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211367	2050704	-35	MANANTIAL	
5871140015	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211521	2051105	-35	MANANTIAL	
5871140016	VALLE DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211506	2051018	-35	MANANTIAL	
5871140017	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	211644	2055160		CAUCE SUPERFICIAL	
5871150001	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	227450	2051695		CAUCE SUPERFICIAL	
5871160001	SIERRA DE NEIBA	5871 I	La Descubierta	228617	2048548	-10	MANANTIAL	AGRICULTURA
5871330001	VALLE DE NEIBA	5871 III	Jimani	201998	2047629		POZO	
5871410001	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	191861	2058565		POZO	AGRICULTURA
5871410002	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	191181	2058897		POZO	AGRICULTURA
5871410003	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	190973	2058983	43	POZO	
5871410004	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	187672	2059154		POZO	AGRICULTURA
5871410005	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	187436	2060152		POZO	AGRICULTURA
5871420001	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	193736	2058253	18	POZO	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Nº Hoja 1:50000	Nombre Hoja topográfica	Coord. X	Coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso
5871420002	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	193922	2058264	30	POZO	
5871420003	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	193634	2058597	50	POZO	
587142004	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	192987	2057912	12	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5871450001	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	200958	2053963	-15	MANANTIAL	
5871450002	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	200997	2053928	-18	MANANTIAL	AGRICULTURA
5871450003	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	200818	2054003	-10	MANANTIAL	AGRICULTURA
5871450005	SIERRA DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	200663	2053712		CAUCE SUPERFICIAL	
587145004	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	200804	2054076	-5	MANANTIAL	TURISMO
5871460001	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	202219	2053433	-10	MANANTIAL	AGRICULTURA
5871460002	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	202202	2053416	-20	MANANTIAL	AGRICULTURA
5871460003	VALLE DE NEIBA	5871 IV	Boca Cachon	202371	2053357	-18	MANANTIAL	AGRICULTURA
5872220001	SIERRA DE NEIBA	5872 II	El Cercado	224065	2083546		CAUCE SUPERFICIAL	
5872230001	SIERRA DE NEIBA	5872 II	El Cercado	235466	2080670		CAUCE SUPERFICIAL	
5872240001	SIERRA DE NEIBA	5872 II	El Cercado	213649	2072460	877	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5872240002	SIERRA DE NEIBA	5872 II	El Cercado	213462	2072405		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5971110001	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	265852	2064709	470	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5971110002	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	265907	2064568	494	POZO	
5971110005	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	263626	2061787	544	POZO	
5971110005_D	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	263480	2057148		POZO	AGRICULTURA
5971110006	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	263416	2057162		POZO	AGRICULTURA
5971110007	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	263316	2057197		POZO	AGRICULTURA
5971110008	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	263547	2057205		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5971140001	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	267944	2052393		POZO	AGRICULTURA
5971140002	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	267994	2052350	282	POZO	AGRICULTURA
5971140003	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	266820	2052941		CAUCE SUPERFICIAL	
5971160001	SIERRA DE NEIBA	5971 I	Villarpando	284403	2046933		CAUCE SUPERFICIAL	
5971420001	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	253643	2064752		POZO	NO SE UTILIZA
5971440001	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	241734	2049457		POZO	AGRICULTURA

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Nº Hoja 1:50000	Nombre Hoja topográfica	Coord. X	Coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso
5971440002	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	241800	2049440	189	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5971440003	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	240597	2050864	350	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5971440004	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	241706	2049071	160	POZO	
5971440005	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	246307	2052750		CAUCE SUPERFICIAL	
5971440006	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	241868	2050923		CAUCE SUPERFICIAL	
5971440007	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	246307	2052750		CAUCE SUPERFICIAL	
5971450001	SIERRA DE NEIBA	5971 IV	Galvan	251701	2051831		CAUCE SUPERFICIAL	
5972240001	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	268639	2068700	440	POZO	AGRICULTURA
5972240002	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	267530	2067894	440	POZO	
5972240003	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	267518	2067861	489	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5972240004	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	266937	2066803		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5972240005	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	266867	2066842	458	POZO	
5972240006	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	266837	2066877	475	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5972240007	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	264231	2068793		POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA
5972250001	SIERRA DE NEIBA	5972 II	San Juan	273082	2072250		CAUCE SUPERFICIAL	
5972340001	SIERRA DE NEIBA	5972 III	Derrumbadero	245222	2069695	840	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5972350001	SIERRA DE NEIBA	5972 III	Derrumbadero	251202	2066463		POZO	AGRICULTURA
5972350002	SIERRA DE NEIBA	5972 III	Derrumbadero	251169	2066614		POZO	AGRICULTURA
5972350003	SIERRA DE NEIBA	5972 III	Derrumbadero	247856	2068347		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
5972350004	SIERRA DE NEIBA	5972 III	Derrumbadero	247537	2069085		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
6071210001	SIERRA DE NEIBA	6071 II	Azua	316563	2045930		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
6071320001	SIERRA DE NEIBA	6071 III	Sabana Yegua (Pueblo Viejo)	299788	2043012		CAUCE SUPERFICIAL	
6071410001	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	295460	2058082	290	POZO	
6071410002	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	296040	2057954	305	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
6071410003	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	289399	2055902		CAUCE SUPERFICIAL	
6071410004	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	296530	2058602		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
6071410005	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	295529	2058226	298	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)
6071420001	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	299590	2056257		POZO	GANADERÍA

<b>CodPunto</b>	<b>Unidad Hidrogeológica</b>	<b>Nº Hoja 1:50000</b>	<b>Nombre Hoja topográfica</b>	<b>Coord. X</b>	<b>Coord. Y</b>	<b>Cota</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Uso</b>
6071450001	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	303420	2050325		POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA
6071450002	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	303151	2050083	205	POZO	
6071450003	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	303167	2049738		POZO	
6071450005	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	303650	2050982	221	POZO	
6071450006	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	303757	2050970	558	POZO	
607I4.10003	SIERRA DE NEIBA	6071 IV	Las Yayas de Viajamas	296188	2057876	305	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)

#### **7.4. PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

La información de mayor interés disponible, hasta la fecha, sobre parámetros hidráulicos de la U.H. de la Sierra de Neiba procede de un estudio isotópico e hidrológico realizado entre los años 1984 y 1986 por el INDRHI (J.F. Febrillet y E. Bueno) y el Institut für Radiohydrometrie alemán (K.P. Seiler y W. Stichler). Con excepción del mencionado estudio, no se ha dispuesto de datos sobre ensayos o pruebas de bombeo realizados en ninguno de los materiales de la unidad, salvo las interpretaciones que puedan obtenerse de las formas y del funcionamiento cárstico de la unidad. Las permeabilidades asignadas a los materiales son, por tanto, estimativas (basadas en materiales similares de otras zonas) y relativas (en comparación de unos materiales con otros).

Los objetivos del citado estudio (*"Estudios isotópico e hidrológico en el suroeste de la República Dominicana"*) fueron identificar zonas de recarga, direcciones de flujo, velocidad de reposición, y el potencial y la edad de las aguas subterráneas en las áreas cársticas de la región suroeste del país (sector meridional de la Sierra de Neiba, Sierra de Bahoruco y Península Sur de Barahona), y durante la realización del mismo se muestrearon 101 manantiales, pozos y ríos, de manera repetida entre los años 1984 y 1986, con objeto de determinar el contenido de isótopos estables en los mencionados puntos de agua y en la lluvia.

Como principales resultados y conclusiones de dicho estudio, podrían resaltarse las siguientes:

- La distribución regional de las alturas de recarga, en el sector meridional de la Sierra de Neiba, oscila entre los 1000 y los 1600 m.s.n.m., de acuerdo con la siguiente distribución sectorial:

Cuadro 7.4.1. Distribución sectorial de las alturas de recarga en el sector meridional de la Sierra de Neiba

<b>SUBUNIDAD</b>	<b>SECTORES</b>	<b>ALTURAS DE RECARGA (en m.s.n.m.)</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (en m.s.n.m)</b>
<b>Suroeste</b>	Boca Cachón	1024	± 21
	La Descubierta	1180	± 54
	El Manguito-Neiba	1236	± 35

<b>SUBUNIDAD</b>	<b>SECTORES</b>	<b>ALTURAS DE RECARGA (en m.s.n.m.)</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (en m.s.n.m)</b>
<b>Centro Oriental</b>	El Granado- Guaranate	1654	± 28
<b>Sureste</b>	Quita Coraza- Arroyo Grande	998	± 63
<b>VALORES MEDIOS</b>		<b>1218</b>	<b>± 40</b>

La interpretación hidrogeológica de estas cotas de recarga parecen indicar que podrían existir tres tipos o grupos de flujos subterráneos, condicionados y relacionados con la tectónica de la citada unidad y con áreas de recarga y con recorridos claramente diferentes.

Un primer grupo estaría constituido por flujos de direcciones predominantes O-E y NO-SE relacionados con estructuras y lineamientos tectónicos en dichas direcciones, que corresponden a una zona de dilatación tectónica, en la que se desarrollan sistemas de fracturación-fisuración amplios y con fisuras de cierta entidad. Se trataría de flujos con recorridos relativamente largos y pronunciados, como parece deducirse de los datos de la zona de El Granado y del río Guaranate (en el sector meridional de la subunidad centro oriental) donde los recorridos de los flujos subterráneos podrían llegar a alcanzar distancias comprendidas entre los 30 y 40 km) y proceder de recargas producidas a cotas próximas a los 1600 m.s.n.m. en las lejanas Lomas de Juanico y de La Víbora, próximas a la divisoria de aguas subterráneas entre las subunidades centro oriental, suroeste y noroeste.

El segundo grupo de flujos sería el de direcciones predominantes N-S y NE-SO, que respondería a estructuras y lineamientos tectónicos en dichas direcciones, que corresponden a una zona de compresión tectónica y, por tanto, con sistemas de fracturación-fisuración menos desarrollados y con fisuras más estrechas que en el grupo anterior. Estos flujos tendrían recorridos sustancialmente más cortos que los anteriormente mencionados y parecen proceder de zonas de recarga relativamente próximas a los sectores donde se producen las descargas, no superando, en ninguno de los casos, los 10 y 15 km. Con las cotas indicadas en el citado estudio, las descargas de los manantiales de Boca Cachón y La Descubierta podrían proceder de recargas

producidas en las simas del río Bolos y en otras de menor entidad existentes en el borde sur de la Loma de la Tasajera del Chivito (con cotas de recarga próximas a los 1100 m.s.n.m.), mientras que las del sector del El Manguito-Neiba procederían de recargas producidas a cotas entre 1200 y 1270 del sector de las lomas de El Hato-Monte Bonito y de Sarabanda.

Por último, el tercer grupo de flujos se identifica en el flanco septentrional de la subunidad del sureste y en la margen izquierda del río Yaque del Sur. Se trata de flujos con direcciones predominantes N-S y NO-SE, relacionados, al igual que los del segundo grupo, también con estructuras y lineamientos tectónicos de una zona de compresión tectónica. Sus recorridos serán también relativamente cortos y no parecen que superen los 10 km, estimándose que las descargas analizadas en el sector de Quita Coraza-Arroyo Grande proceden de recargas producidas en cotas próximas a los 1000 m.s.n.m. y en las Lomas Pelada y del Curro, de la próxima Sierra carbonatada de Martín García.

- Por medio de las variaciones estacionales de los isótopos estables contenidos en las aguas subterráneas, con respecto a las variaciones de la lluvia, se obtuvieron, en el mencionado estudio, los tiempos medios de residencia del agua, dando como resultado la existencia de dos grupos de tiempos de residencia, que se asocian con los dos principales tipos o grupos de grandes estructuras y lineamientos tectónicos identificados (de dilatación y de compresión tectónica) y con sus diferentes sistemas de fracturación-fisuración.

El primero de los tipos de tiempos medios de residencia del agua (que representa el 65% de los valores obtenidos) presenta valores medios de  $2.10 \pm 0.93$  años, y corresponde a las zonas longitudinales de la sierra relacionadas con estructuras y lineamientos tectónicos de direcciones predominantes O-E y NO-SE, y con zonas de dilatación tectónica, en las que se desarrollan los sistemas de fracturación-fisuración más amplios (con fisuras más anchas).

El segundo tipo (que representa el 35% de los valores) presenta valores medios de residencia del agua próximos a los 4 años y corresponderá a las zonas transversales de la sierra relacionadas con estructuras y lineamientos tectónicos de direcciones predominantes N-S y NE-SO, y con zonas de compresión tectónica, en las que se desarrollan los sistemas de fracturación-fisuración más estrechos.

Los dos valores de tiempos medios de residencia del agua obtenidos para el acuífero cárstico de la Sierra de Neiba (las calizas arrecifales Ec del Eoceno-Mioceno) indican que

existe un razonable margen temporal para poder explotar y regular sus recursos subterráneos.

- En lo referente al grado de karstificación y al campo de flujo hidrodinámico, el citado estudio realizó un análisis de la curva de recesión de los caudales medidos en períodos sin lluvias y obtuvo tres diferentes valores de  $\alpha$  de regresión de la descarga:

$$\alpha_1 = 4 \times 10^{-1} \text{ d}^{-1}$$

$$\alpha_2 = 4 \times 10^{-2} \text{ d}^{-1}$$

$$\alpha_3 = 4 \times 10^{-3} \text{ d}^{-1}$$

Los valores de  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  se interpretan en los karst de zonas templadas como niveles de calizas con escaso desarrollo cárstico, mientras que los de  $\alpha_1$  como un nivel calizo con un avanzado proceso de karstificación típico de un karst tropical. A la vista de esto, podría pensarse en la existencia de tres niveles carbonatados con distintos grados de karstificación y separados por zonas de transición. El nivel superior (asimilable al valor  $\alpha_1$ ) presentaría el mayor grado de karstificación y el inferior (asimilable al valor  $\alpha_3$ ) el menor, constituyendo la zona de descarga en sentido transversal, representada por los manantiales de muro del sector meridional de la unidad (eje N-S). Finalmente, los valores de  $\alpha_2$  se identificarían con las zonas de descarga en el sentido longitudinal (eje NO-SE).

## **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 del total de puntos inventariados en la unidad hidrogeológica, únicamente existen datos de profundidad de la obra en 18 de ellos, lo cual dificulta la realización de un correcto diseño de la red de control piezométrico.

Los puntos que conforman la red de piezometría han sido agrupados en cinco subsectores dentro de los cuales los niveles piezométricos van a ser similares.

En el siguiente cuadro se incluyen los puntos seleccionados para la red de control piezométrico agrupados según subsectores. Además se incluyen los valores máximos, mínimos y medios tanto del nivel piezométrico ( en metros sobre el nivel del mar), como de los análisis *in situ* (Tª

aire y agua, Conductividad Eléctrica y pH) tomados del total de medidas realizadas durante la realización del presente proyecto.

Cuadro 7.5.1. Resumen de las medidas piezométricas

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (ms.n.m)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (mS/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Medio
Aluvial de Los Baos	5971110001	462,90	458,40	461,73	31	20	25,96	32	18	24,38	1,68	1,26	1,50	9,9	7,1	7,94
	5971110005	530,69	527,78	530,01	31	19	24,45	28	23	24,91	1,3	0,97	1,14	7,9	6,5	6,99
	5972240001	435,93	432,99	434,70	31	18	25,50	28	24	25,75	1,49	1,23	1,36	8,4	8,2	8,30
	5972240002	425,88	425,88	425,88												
	5972240005	450,20	444,63	446,34	31	20	25,82	28	23	24,80	1,6	1,43	1,53	7,7	6,5	6,96
Carrizal-Viajama	6071410001	283,90	282,47	283,22	31	25	27,90	27	19	24,00	0,74	0,64	0,69	8,7	7,1	7,77
	6071410002	297,67	294,57	296,97	31	23	26,92	31	19	25,92	0,75	0,37	0,68	8,9	7	7,96
	6071450002	201,11	199,24	200,35	31	25	27,29	26	25	25,50	0,77	0,77	0,77	7,9	7,9	7,90
	6071450005	217,24	214,64	216,02	31	24	26,50	27	23	24,91	0,91	0,75	0,79	8,7	6,5	7,18
	6071410003	296,93	293,96	296,10	31	23	27,27	28	24	25,75	0,91	0,76	0,82	8,7	6,8	7,53
Aluviales Manguito-Panzo	5971440002	179,00	141,49	150,88	31	23	27,22	25	25	25,00						
	5971440003	335,64	313,42	322,49	32	22	26,50	25	23	24,00	0,77	0,53	0,67	9	7,6	8,27
	5971440004	105,46	98,69	103,77	31	23	27,75	25	25	25,00						
La Descubierta	5871140003	6,06	0,25	2,90	34	23	28,44	28	28	28,00						
Tierra Nueva	5871410003	13,55	12,11	13,00	36	27	30,88	32	24	27,75	0,66	0,6	0,63	8,1	7,5	7,80
	5871420001	6,13	-59,84	0,67	35	24	29,89	29	29	29,00				8	8	8,00
	5871420002	10,43	9,18	10,09	35	22	29,45	29	26	27,63	1,56	1,36	1,45	8,7	7,1	7,76
	5871420003	37,02	19,15	35,37	35	22	29,82	32	26	27,71	0,9	0,77	0,81	8,6	6,8	7,53

En el siguiente cuadro se indican los niveles piezométricos máximos, mínimos y medios agrupados por subsectores, calculados a partir de la lectura de todos los niveles medidos en las sucesivas campañas de piezometría.

Cuadro 7.5.2. Niveles piezométricos agrupados por subsectores

Subsector	Nivel piezométrico (ms.n.m)		
	Máximo	Mínimo	Medio
Aluvial de Los Baos	530,69	425,88	466,19
Carrizal-Viajama	335,64	98,69	194,91
Aluviales Manguito-Panzo	297,67	199,24	260,13
La Descubierta	6,06	0,25	2,90
Tierra Nueva	37,02	-59,84	14,46

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 Aluvial de Los Baos:

Este subsector está controlado por 5 piezómetros situados en el último tramo del río Los Baos, antes de su confluencia con el río San Juan, en la zona central de la unidad hidrogeológica.

Todos los puntos se encuentran situados en el propio aluvial del río, constituido por depósitos detríticos de elevada permeabilidad por porosidad intersticial y gran productividad. Se trata de pozos relativamente someros (entre 15 y 20 metros de profundidad), con niveles freáticos que oscilan entre 2 y 14 metros de profundidad, que se traducen en niveles piezométricos de entre 530 y 425 m.s.n.m. según estén en el tramo más alto o más bajo del río.

Subsector Carrizal-Viajama:

Este subsector está localizado en la zona oriental de la unidad hidrogeológica. Este subsector agrupa cinco puntos de control, situados todos ellos sobre depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial, con una alta permeabilidad por porosidad intersticial y buena productividad.

Se trata de pozos superficiales, siendo todos inferiores a 20 metros, por lo que probablemente ninguno de ellos esté captando los materiales del Pleistoceno/Plioceno infrayacentes.

El nivel piezométrico en este subsector oscila entre 200 y 300 m.s.n.m. Los niveles más altos se encuentran en las inmediaciones de la localidad de Yayas de Viajama, mientras que los más bajos están en el sector sureste de la subzona.

En general, los gráficos de evolución de niveles muestran dos periodos de aguas altas en los meses de marzo y noviembre, con oscilaciones de hasta 3 metros entre los niveles máximos y mínimos de cada punto.

#### Subsector Aluviales Manguito-Panzo:

Este subsector se sitúa a lo largo del cauce del río Panzo. La piezometría de este subsector se controla por medio de tres pozos de profundidad intermedia (entre 30 y 70 metros).

Los tres puntos se encuentran emboquillados en el contacto entre las calizas del Eoceno-Mioceno y los abanicos aluviales cuaternarios. Ambas formaciones son consideradas muy productivas y permeables, siendo las calizas permeables por fisuración y carstificación, y los abanicos aluviales por porosidad intersticial.

Los niveles piezométricos existentes varían enormemente de un punto a otro por tratarse de una zona montañosa de fuerte pendiente. Así los niveles más altos se encuentran por encima de los 350 m.s.n.m., mientras que los más bajos están en torno a los 100 m.s.n.m. lo que conlleva la existencia de un gradiente hidráulico elevado.

Las oscilaciones del nivel freático de cada uno de los puntos de control pueden ser importantes tal y como se aprecia en los gráficos de evolución incluidos en el Anexo 4 de este informe así como en el Plano 7.1. Piezometría.

#### Subsector La Descubierta:

Este subsector se encuentra situado junto a la localidad de La Descubierta. Únicamente se ha considerado un punto de control. Se trata de un pozo de casi 100 metros de profundidad emboquillado sobre materiales detríticos del Cuaternario pero que está captando las calizas del Eoceno-Mioceno. Estos materiales presentan una alta permeabilidad por fisuración y carstificación y son muy productivos.

El nivel piezométrico de este subsector se encuentra entre 0,6 y 3 m.s.n.m., apreciándose un periodo mínimo en agosto, con una posterior recuperación en los meses siguientes.

Subsector Tierra Nueva:

Este subsector se encuentra situado en la zona más occidental de la unidad, al noroeste de la localidad de Boca Cachón. El nivel piezométrico está controlado por medio de 4 puntos de control, todos ellos emboquillados sobre depósitos detríticos del Cuaternario, aunque probablemente estén captando algún nivel de calizas del Eoceno-Mioceno, ya que estos puntos superan los 25 metros de profundidad.

Los niveles piezométricos medidos en el subsector oscilan entre 5 y 37 m.s.n.m. y en general, los niveles freáticos presentan pequeñas variaciones mensuales.

En los gráficos de evolución de niveles para cada uno de los puntos de control de la red piezométrica, incluidos en el Anexo 4, se pueden observar las tendencias que han sufrido dichos niveles en cada uno de los subsectores a lo largo del año hidrológico.

En general, la tendencia de los niveles piezométricos es similar para los cinco subsectores, apreciándose dos periodos de recuperación de niveles, con máximos durante los meses de noviembre-diciembre y marzo.

Las mayores oscilaciones de nivel se dan en los puntos de control del subsector Aluviales Manguito-Panzo, con variaciones que pueden superar los 30 metros. Estos puntos de control presentan profundidades de entre 30 y 70 metros con lo que probablemente estén captando los materiales carbonatados que constituyen la Sierra de Neiba.

En el resto de los subsectores estas oscilaciones son mucho menores y no suelen superar los 3 metros de diferencia entre niveles máximos y mínimos.

## **7.6. RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS**

De acuerdo con la distribución de unidades o zonas hidrogeológicas establecidas por el PLANIACAS (1989), las zonas o unidades hidrogeológicas limítrofes con la U.H. nº 9: Sierra de Neiba, son las siguientes (Figura 7.2):

- Sector meridional de la U.H. nº 8: Valle de San Juan.
- Sector suroriental de la U.H. nº 7: Cordillera Central.

- Sector oriental de la U.H. nº 13: Planicie de Azua.
- Sector septentrional de la U.H. nº 10: Valle de Neiba.
- Sector occidental de la Sierra de Neiba, integrado dentro de los límites territoriales de la República de Haití.

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 Sierra de Neiba con las citadas Zonas o UU.HH. limítrofes es la siguiente:

- Todo el borde norte de la unidad (subunidades noroeste, centro oriental y noreste) se encuentra conectado superficialmente con el borde meridional de la Zona o U.H. del Valle de San Juan. Se trata de un borde en superficie abierto hidráulicamente, debido al contacto geométrico existente entre los conglomerados del Mioceno (Mcg) y del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) o entre diversos tipos de depósitos cuaternarios (abanicos, terrazas fluviales, aluviales, etc.) de ambas unidades. Existirá, por tanto, intercambio hídrico entre ambas unidades, en el sentido de aportaciones subterráneas (sobre todo en años hidrológicamente húmedos) desde los conglomerados miocenos del borde de la Sierra de Neiba a los pleistocenos-pleiocenos del Valle de San Juan, así como infiltraciones desde los cauces superficiales procedentes de dicha sierra a los depósitos cuaternarios del citado valle.

En profundidad la conexión es más improbable, al tratarse de un frente fallado y hundido, que no facilita la conexión de las calizas eocenas y miocenas (Ec) con los materiales permeables del Valle de San Juan y que ha propiciado la aparición de un tramo margoso del Mioceno (Mm) de baja permeabilidad que actuará, en casi todos los sectores, como límite estanco.

- Por su borde oriental, la unidad en estudio (en concreto sus subunidades noreste y sureste) se encuentra en contacto mecanizado con el borde suroccidental de la unidad de la Cordillera Central mediante un límite semiabierto entre dos formaciones de permeabilidad media o media-alta, según sectores, y formado por los conglomerados, arenas y molasas del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) y el flysch arenoso, margo arenoso y de pequeños bancos de caliza del Terciario y Cretácico (T-Car). Existirá una conexión hídrica de origen subterráneo limitada y sectorial, en el sentido de pequeñas y puntuales aportaciones desde los niveles más permeables del Flysch de la Cordillera Central (bancos de calizas, areniscas y conglomerados) hacia los conglomerados

pleistocenos y pliocenos del borde oriental de la Sierra de Neiba, así como, sobre todo, de infiltraciones desde los cauces superficiales procedentes de dicha unidad (sector de Monte Bonito, Vijama y Peralta) a los citados conglomerados pleistocenos y pliocenos (Pcg). La totalidad de las citadas aportaciones (subterráneas y superficiales) solamente tendrán relación con las subunidades más orientales de esta unidad (subunidades noreste y sureste) al existir la barrera hidráulica que supone el cauce del río Yaque del Sur.

- Por el borde sureste, la unidad presenta un límite totalmente abierto y en conexión hidráulica con los depósitos cuaternarios de la de la U.H. nº 13: Planicie de Azua (todos ellos de alta permeabilidad), e incluso con el mar. Existirá, por tanto, una aportación de recursos hídricos subterráneos (aunque con flujos no muy profundos) desde los conglomerados pliocenos-pleistocenos (Pcg) y miocenos (Mcg) del borde sureste de la unidad con los citados depósitos cuaternarios de la Planicie de Azua, así como desde determinados sectores de las calizas eocenas y miocenas (Ec) de la Sierra de Martín García hacia el mar, entre Puerto Alejandro y la Boca del Zapato.
- El borde meridional de la unidad presenta una relación no homogénea con la unidad limítrofe nº 10, del Valle de Neiba, con comportamientos diferenciados por sectores. Todo el sector más oriental y centro oriental, comprendido entre la Bahía de Neiba (Puerto Alejandro) y los pueblos de Neiba y El Estero, presenta un límite semi estanco en los tramos superficiales, al entrar en contacto los conglomerados del Mioceno (Mcg) y del Plioceno (Pcg) y los depósitos de abanicos cuaternarios (Qab) del borde meridional de la Sierra de Neiba, con depósitos lacustres de escasa permeabilidad (Qlm) del Valle de Neiba. Solamente existirá una clara conexión hidráulica a través de los depósitos de aluvial del propio cauce bajo del río Yaque del Sur, en el sector de Tamayo y Vicente. En dicho sector oriental y centro oriental existirá una aportación de recursos hídricos procedentes de las subunidades del suroeste y centro oriental (en su mayor parte de los manantiales de Las Clavellinas, aguas arriba del pueblo del mismo nombre, del Manguito, Panzo y Las Marías, aguas arriba de Neiba, Majagual, aguas arriba de Galván, y Guaranate, aguas arriba de El Granado), que se incorporarán a la red de drenaje superficial del Valle de Neiba.

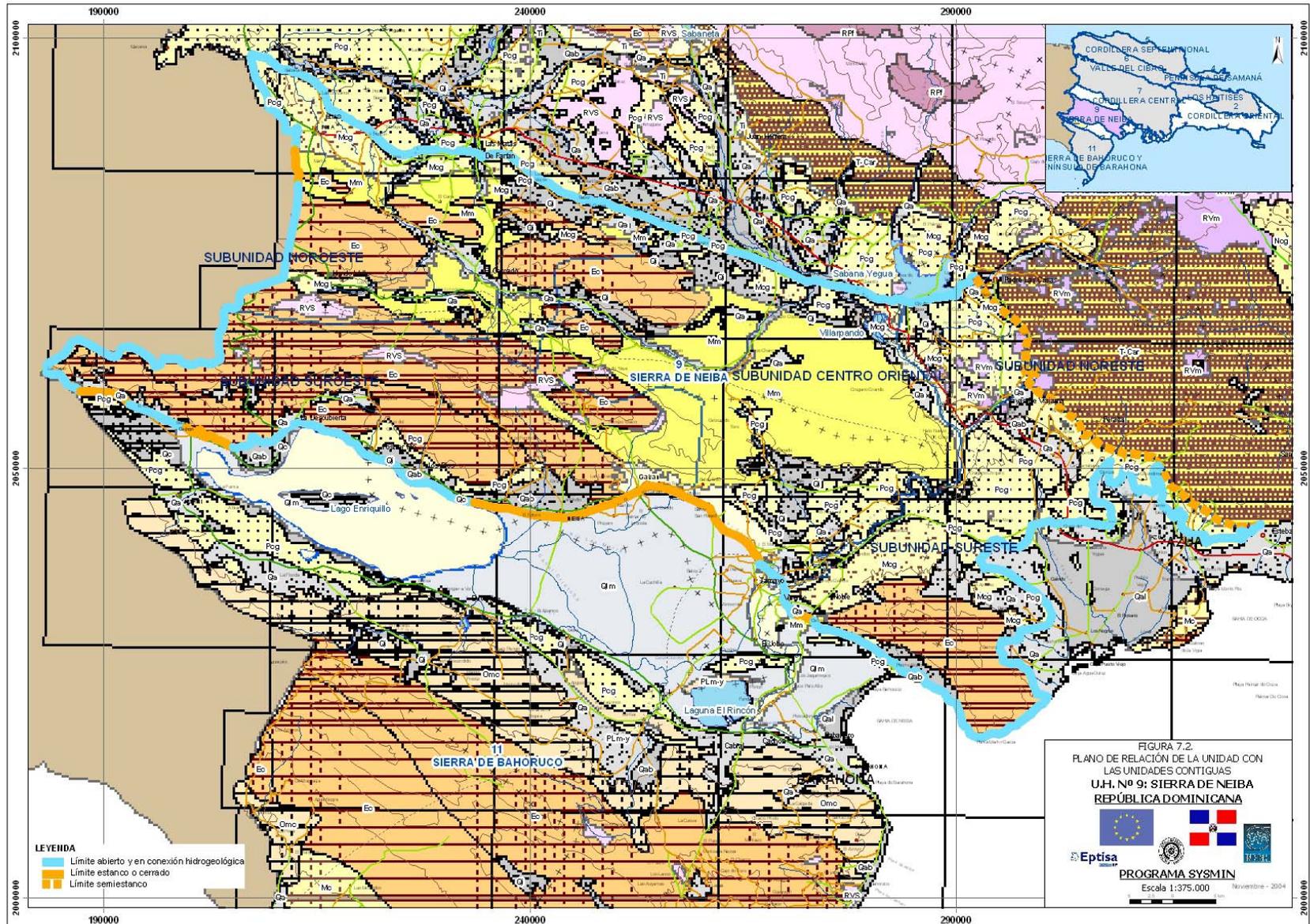
El sector centro occidental y occidental de dicho borde puede considerarse prácticamente abierto, al estar en contacto casi directo con el límite norte del Lago Enriquillo. Por dicho borde se producirán los aportes de los manantiales de Barreras, aguas arriba de Los Ríos, Las Barías, aguas arriba de La Descubierta, El Borbollón y el

Bebedero, en Boca de Cachón, que constituyen manantiales de muro entre los niveles más karstificados y permeables de las calizas del Eoceno-Mioceno (Ec) del borde meridional de la Sierra de Neiba y los depósitos lacustres o de abanicos de la unidad del Valle de Neiba.

También es probable que exista por este sector algún tipo de conexión profunda desde las calizas de la Sierra de Neiba al Valle de Neiba, mediante flujos profundos ascendentes, que solamente parece que funcionen (en volúmenes de cierta importancia) en años hidrológicamente húmedos, siendo prácticamente nulos en los años secos y medios.

- Finalmente, la unidad de la Sierra de Neiba presenta un límite occidental totalmente abierto y en conexión hidráulica con la parte de dicha sierra que se integra dentro del territorio haitiano. En principio, y con los escasos datos disponibles sobre la parte haitiana de dicha sierra, parece desprenderse que existirá unos pequeños sectores de la subunidades del noreste y del sureste que podrían aportar recursos subterráneos y superficiales al territorio haitiano (casos de las lomas El Hoyazo, de La Bestia, Palo de Burro y de Platón Ciquen, que suponen una superficie de recarga total próxima a los 60 km<sup>2</sup>), así como, por el contrario, otros sectores de recarga en el lado haitiano que aportarían recursos al lado dominicano (caso de los Mornes Aux Pieges y Hautte, que suponen una superficie de recarga total próxima a los 75 km<sup>2</sup>).

No obstante, la disposición estructural general de los materiales permeables calizos (con dirección predominante NO-SE y buzamiento hacia el Sur y Norte), parece indicar que la mayor parte de los flujos serán en dichas direcciones N-S y S-N (y dentro del territorio dominicano) y solamente en casos muy excepcionales de dirección E-O y transfronterizos.



### **7.7. RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES**

Como ya se ha venido comentado en apartados anteriores, la unidad hidrogeológica de la Sierra de Neiba 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 el sector o subunidad del noroeste se identifica un eje de descarga de distribución predominante S-N y SE-NO, en el cual los cauces fluviales tienen su origen en las aportaciones procedentes de los materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno (Ec). Suelen corresponder a ríos drenantes o ganadores, con respecto a los materiales permeables a los que atraviesan, sobre todo en sus tramos más bajos, y terminan descargando, fuera ya de la unidad (en el Valle de San Juan), en el río Macasía (por su margen izquierda), tributario, también por su margen izquierda, del río Artibonito.

El más significativo de los citados cauces dentro del ámbito de la unidad es el río Caña-Vallejuelo, existiendo otros pequeño arroyos de circulación discontinua y estacional, como el Comendador, Alonzo y Seco-La Ceiba, cuyo caudal conjunto (estimado con los datos procedentes de los aforos realizados durante el presente proyecto), podría ser del orden de los 3200 l/s, lo cual supondría un volumen medio de unos 100 hm<sup>3</sup>/año (para año húmedo), que se reducirían a una cuarta parte en años medios.

- En las subunidades más orientales (centro oriental, noreste y sureste) se identifica el importante eje de descarga NO-SE y NE-SO (con sus redes secundarias de dirección O-E y SO-NE), que constituye la principal red de descarga de la unidad, tanto superficial como subterránea, y, por tanto, la relación hídrica más importante entre esta unidad con los cauces fluviales relacionados con la misma.

Este eje de descarga, constituido, fundamentalmente, por el río Yaque del Sur, actuaría como drenante o ganador con respecto a la unidad de la Sierra de Neiba, al recoger los flujos subterráneos relacionados con las estructuras y lineamientos tectónicos de direcciones NO-SE y O-E, que corresponden a una zona de dilatación tectónica, en la que se desarrollan sistemas de fracturación-fisuración amplios y con fisuras de cierta entidad. Con los datos disponibles (principalmente procedentes de los aforos realizados durante el presente proyecto), podría estimarse que las salidas subterráneas de la unidad por este cauce son del orden de los 1500 l/s, lo cual supondría un volumen medio de unos 45-50 hm<sup>3</sup>/año (para año húmedo), que se reducirían a la mitad en años medios.

Además de este cauce principal (río Yaque del Sur) existen otros ríos y arroyos de menor entidad, que discurren, fundamentalmente, sobre conglomerados y areniscas Mcg) y margas (Mm) del Mioceno, y que descargan hacia los ríos San Juan y Yaque del Sur. El más significativo de los citados cauces es el río Vallejuelo-Los Baos, existiendo otros pequeño arroyos de circulación discontinua (Arroyos Blanco I y II, y Cañada Naranjal). En su conjunto sus caudales medios anuales no superarán los 500 l/s, lo cual supone un volumen medio de unos 16 hm<sup>3</sup>/año. Todos ellos descargan recursos subterráneos procedentes, fundamentalmente, de manantiales de borde emplazados en el contacto de las calizas del Eoceno-Mioceno (Ec) con las margas (Mm) del Mioceno, y superficiales generados sobre las áreas de baja permeabilidad.

- Por último, en el sector suroeste de la unidad (zonas de La Descubierta, Neiba y Galván) se identifican una serie de pequeños ríos y arroyos, con trazados de dirección predominante N-S y que discurren, fundamentalmente, sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno (Ec). Proceden, en su mayor parte, de descargas de flujos subterráneos de direcciones predominantes N-S y NE-SO, que responden a estructuras y lineamientos tectónicos en dichas direcciones y a una zona de compresión tectónica, que se manifiestan como manantiales de muro de las calizas eocenas (Ec).

Como cauces continuos cabría destacar los ríos Barreras, El Manguito, Colorado-Panzo y Majagual, y como discontinuos o estacionales las cañadas de Los Murciélagos, Penitente, Yerda y el Mión). Todos ellos parecen proceder de zonas de recarga relativamente próximas, que no superarán, muy posiblemente, los 10-15 km y, en su conjunto, suponen unos 800 l/s (unos 25 hm<sup>3</sup>/año), los cuales terminan descargando hacia la cuenca endorreica del Lago Enriquillo o derivándose hacia el Valle de Neiba para riego.

## **8. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA**

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 09. Sierra de Neiba se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas, en enero de 2004 (primera campaña) y en mayo de 2004 (segunda campaña).

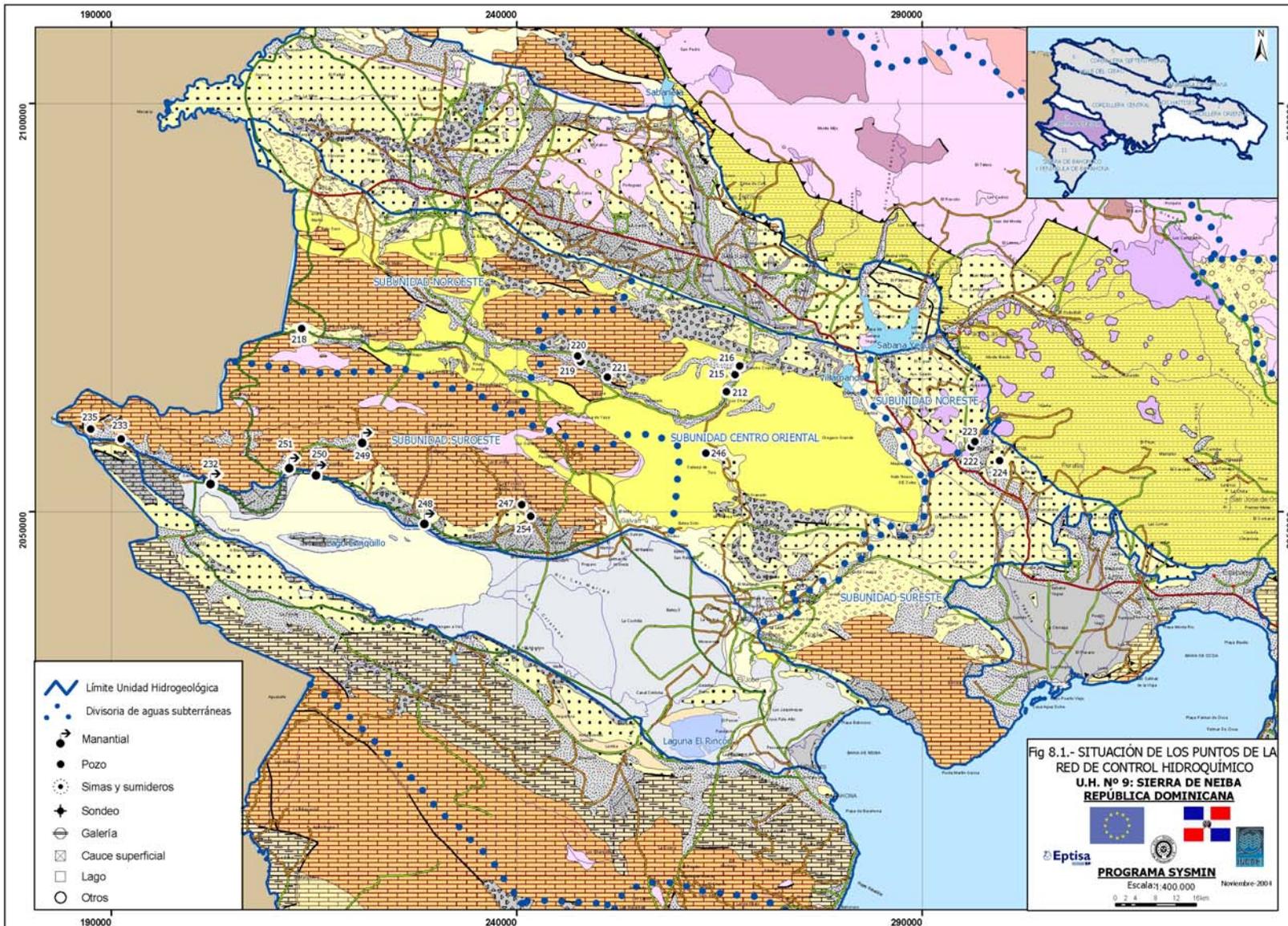
### **8.1. DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

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 25 puntos de agua en la unidad, que corresponden a pozos y a descargas a través de manantiales.

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 aguas procedentes de los puntos de control seleccionados.



Cuadro 8.1.1 Puntos de la red de control hidroquímico en Sierra de Neiba.

Nº asignado	Codigo	Paraje	Municipio	Naturaleza	Prof.	Nivel estático
212	5971110001	El Capa	San Juan De La Maguana	Pozo	14,35	8,33
214	5972240006	El Copy	San Juan De La Maguana	Pozo		
215	5972240004	El Copsy	San Juan De La Maguana	Pozo		
216	5972240003	El Carril	San Juan De La Maguana	Pozo		
217	5872240001	El Barrero	Hondo Valle	Pozo		
218	5872240002	El Barrero	Hondo Valle	Pozo		
219	5972350003	Pil Cano	Vallejuelo	Pozo		
220	5972350004	Pil Cana	Vallejuelo	Pozo		
221	5972350001	Pedro Sanchez	Vallejuelo	Pozo		
222	6071410002		LAS YAYAS DE VIAJAMA	POZO	16,19	10,43
223	6071410004		LAS YAYYA DE VIAJAMAS	POZO		
224	6071420001	Aniama Gomez	Azua	Pozo	41,11	
231	5871460003	Boca Cachon	Jimani	Manantial		
232	5871460001	Boca Cachon	Jimani	Manantial		
233	5871410002	Tierra Nueva	Jimani	Pozo		
235	5871410005	Las Lajas	Jimani	Pozo		
246	5971110007	Cabeza De Toro	Tamayo	Pozo		
247	5971440003	Pie De La Loma	Duverge	Pozo	32,6	23,11

<b>Nº asignado</b>	<b>Codigo</b>	<b>Paraje</b>	<b>Municipio</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Prof.</b>	<b>Nivel estático</b>
248	5871160001	Las Clavellinas	Neiba	Manantial		
249	587112001	Guayabal P. Rio	Independencia	Manantial		
250	5871140002		LA DESCUBIERTA	MANANTIAL		
251	5871140004		LA DESCUBIERTA	MANANTIAL		
252	5871140008		LA DESCUBIERTA	MANANTIAL		
253	5871140007		LA DESCUBIERTA	MANANTIAL		
254	5971440001	El Manguito Plaza Cacique	Neiba	Pozo		

## **8.2. CAMPAÑA 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 en 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 390 y 2450 microS/cm. El valor más alto corresponde a la muestra nº 224, procedente de un pozo situado en el municipio de Azua. El valor mínimo se registra en las muestras números 251, 252 y 253, procedentes del municipio de La Descubierta, en el sector suroeste de la unidad.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 20 y 26 °C, con un valor mínimo en las muestras números 251 y 252, y máximo en distintas muestras de los sectores centro oriental (212, 215, 216 y 246) y sureste (223 y 224).

Por último, los valores de pH oscilan entre 7.3 y 8.7. El valor mínimo se ha registrado en las muestras números 212, 214 y 246 en el sector centro oriental. Por su parte, el valor máximo corresponde a la muestra nº 224 procedente de un pozo muestreado en el paraje denominado Aniana Gómez dentro del municipio de Azua.

Cuadro 8.2.1. Resultados de los análisis "in situ" de la primera campaña (UH. 09. Sierra de Neiba)

Nº lab	CodPunto	Paraje	Municipio	Propietario/empresa	Fecha de muestreo	Temp °C		Conduc (mS/cm)	pH	Observaciones
						Aire	Agua			
212	5971110001	EL CAPA	SAN JUAN DE LA MAGUANA	PUBLICO	19/01/2004	28	26	1,77	7,3	
214	5972240006	EL COPY	SAN JUAN DE LA MAGUANA	PUBLICO	19/01/2004	27	25	1,66	7,3	MANUAL FABRICA DE QUESO
215	5972240004	EL COPPY	SAN JUAN DE LA MAGUANA	PUBLICO	19/01/2004	29	26	1,56	7,4	MANUAL
216	5972240003	EL CARRIL	SAN JUAN DE LA MAGUANA	PUBLICO	19/01/2004	29	26	1,56	7,4	
217	5872240001	EL BARRERO	HONDO VALLE	PUBLICO	20/01/2004	23	22	0,98	7,5	MANUAL
218	5872240002	EL BARRERO	HONDO VALLE	PUBLICO	20/01/2004	22	23	1,44	8,4	
219	5972350003	PIL CANO	VALLEJUELO	PUBLICO	20/01/2004	25	22	1,17	8	
220	5972350004	PIL CANA	VALLEJUELO	PUBLICO	20/01/2004	27	25	0,83	7,8	
221	5972350001	PEDRO SANCHEZ	VALLEJUELO	IAD	20/01/2004	30	22	0,59	8,1	
222	6071410002		LAS YAYAS DE VIAJAMA	INAPA	20/01/2004	25	25	0,81	7,7	
223	6071410003		LAS YAYYA DE VIAJAMAS	INAPA	20/01/2004	26	26	0,91	7,6	
224	6071420001	ANIAMA GOMEZ	AZUA	JOSE CAMINERO	20/01/2004	29	26	2,45	8,7	
231	5871460003	BOCA CACHON	JIMANI		22/01/2004	28	23	1,28	7,6	PROL. 13 PIES (TURBINA)
232	5871460001	BOCA CACHON	JIMANI		22/01/2004	28	24	1,37	7,6	
233	5871410002	TIERRA NUEVA	JIMANI	IAD	22/01/2004	29	25	0,68	7,8	POZO SURGENTE
235	5871410005	LAS LAJAS	JIMANI	IAD	22/01/2004	26	24	0,81	7,8	
246	5971110008 (S)	CABEZA DE TORO	TAMAYO	PUBLICO	24/01/2004	27	26	1,09	7,3	
247	5971440003	PIE DE LA LOMA	DUVERGE	PUBLICO	24/01/2004	31	25	0,85	7,8	MALACATE
248	5871160001	LAS CLAVELLINAS	NEIBA		24/01/2004	28	25	1,94	7,6	
249	587112001	GUAYABAL P. RIO	INDEPENDENCIA	INAPA	24/01/2004	29	21	0,53	7,6	
250	5871140002		LA DESCUBIERTA		24/01/2004	28	21	0,53	7,6	

Nº lab	CodPunto	Paraje	Municipio	Propietario/empresa	Fecha de muestreo	Temp °C		Conduc (mS/cm)	pH	Observaciones
						Aire	Agua			
251	5871140004		LA DESCUBIERTA		24/01/2004	27	20	0,39	7,9	
252	5871140008		LA DESCUBIERTA		24/01/2004	27	20	0,39	8,2	MANUAL PROXIMO CAÑADA
253	5871140007		LA DESCUBIERTA		24/01/2004	26	21	0,39	8,3	
254	5971440001	EL MANGUITO PLAZA CACIQUE	NEIBA	INDRHI	25/01/2004	22	24	0,52	7,7	

### 8.2.2. Segunda campaña

La segunda campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en mayo 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 8.2.2. Resultados de los análisis "in situ" de la segunda campaña (UH. 09. Sierra de Neiba)

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Conduc (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
5871120001	Guayabal P. Rio	Independencia	26/05/2004	25	20	0,55	6,9
6071410003		LAS YAYYA DE VIAJAMAS	24/05/2004	22	24	0,85	6,9
5871140002		LA DESCUBIERTA	26/05/2004	35	26	4,16	6,9
5871140004		LA DESCUBIERTA	26/05/2004	32	23	0,37	7,5
5871140007		LA DESCUBIERTA	26/05/2004	26	19	0,36	7,4
5871140008		LA DESCUBIERTA	26/05/2004	26	20	0,37	7,4
5871160001	Las Clavellinas	Neiba	26/05/2004	34	26	2,12	7
5871410002	Tierra Nueva	Jimani	26/05/2004	26	25	0,37	7,2
5871410005	Las Lajas	Jimani	26/05/2004	26	26	0,86	7,9
5871460001	Boca Cachon	Jimani	26/05/2004	27	24	1,39	7,1
5871460003	Boca Cachon	Jimani	26/05/2004	27	23	1,35	7,4
5872240001	El Barrero	Hondo Valle	25/05/2004	26	22	1,14	2,7
5872240002	El Barrero	Hondo Valle	25/05/2004	25	24	1,5	7,3
5971110001	El Capa	San Juan De La Maguana	25/05/2004	29	27	1,91	7,3
5971110008 (S)	Cabeza De Toro	Tamayo	26/05/2004	26	25	0,95	7,2
5971440001	El Manguito Plaza Cacique	Neiba	26/05/2004	25	23	0,57	7,1
5971440003	Pie De La Loma	Duverge	26/05/2004	26	25	0,91	7,4
5972240003	El Carril	San Juan De La Maguana	25/05/2004	27	25	1,43	7
5972240004	El Coppy	San Juan De La Maguana	25/05/2004	27	26	1,85	6,7
5972240006	El Copy	San Juan De La Maguana	25/05/2004	27	26	1,76	6,7
5972350001	Pedro Sanchez	Vallejuelo	25/05/2004	25	23	0,62	7,5
5972350003	Pil Cano	Vallejuelo	25/05/2004	22	22	1,13	6,8
5972350004	Pil Cana	Vallejuelo	25/05/2004	23	22	0,37	6,6
6071410002		Las Yayas De Viajama	24/05/2004	24	20	0,82	6,9
6071420001	Aniama Gomez	Azua	24/05/2004	24	25	3,28	8

### **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 0.08 y 119.38 % en la primera campaña (Cuadro 8.3.1) y entre 0.02 y 12.85 % 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

Se observa que en la muestra n° 221 (primera campaña) el error analítico es extremadamente elevado (119.38 %) y por tanto, dicha muestra no se considera en la interpretación posterior de los resultados, únicamente, se incluyen los valores proporcionados por el laboratorio, en los cuadros y anexos correspondientes.

Cuadro 8.3.1. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas de la primera campaña (UH. 09. Sierra de Neiba)

No. Orden Asignado	Código	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Error analítico (%)
212	5971110001	1458	-9,89
214	5972240006	1362	-5,92
215	5972240004	1370	-0,61
216	5972240003	1287	-2,86
217	5872240001	765	-4,69
218	5872240002	1203	0,27
219	5972350003	961	-6,01
220	5972350004	683	-1,08
221	5972350001	491	119,38
222	6071410002	666	-0,49
223	6071410004	746	1,12
224	6071420001	2110	1,38
231	5871460003	1052	-2,12
232	5871460001	1135	-3,33
233	5871410002	555	-4,51
235	5871410005	663	-4,94
246	5971110007	890	-0,40
247	5971440003	702	-0,79
248	5871160001	1724	-0,08
249	587112001	450	-1,71
250	5871140002	3740	-6,38
251	5871140004	339	-2,91
252	5871140008	336	-1,45
253	5871140007	336	-5,08
254	5971440001	432	-5,19

Cuadro 8.3.2. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas de la segunda campaña (UH. 09. Sierra de Neiba)

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Error
212	165	5971110001	25/05/2004	1473	-12,85
214	163	5972240006	25/05/2004	1304	-10,83
215	164	5972240004	25/05/2004	1384	-8,55
217	158	5872240001	25/05/2004	812	-1,86
218	159	5872240002	25/05/2004	1119	-7,42
219	160	5972350003	25/05/2004	830	-9,51

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	Error
220	161	5972350004	25/05/2004	639	-5,96
221	162	5972350001	25/05/2004	458	-0,85
222	156	6071410002	24/05/2004	594	-6,28
224	155	6071420001	24/05/2004	1402	-6,44
231	177	5871460003	26/05/2004	985	-6,08
232	178	5871460001	26/05/2004	1026	-7,20
235	180	5871410005	26/05/2004	623	-7,54
247	170	5971440003	26/05/2004	650	-9,21
248	171	5871160001	26/05/2004	1578	-8,07
249	172	587112001	26/05/2004	402	1,58
250	173	5871140002	26/05/2004	3340	-1,86
251	174	5871140004	26/05/2004	281	-3,82
252	175	5871140008	26/05/2004	280	-1,87
253	176	5871140007	26/05/2004	280	-1,24
254	169	5971440001	26/05/2004	414	-5,87
258	157	6071410001	24/05/2004	561	-7,52
259	167	5972240001	25/05/2004	1050	-2,94
260	168	5971110008	26/05/2004	699	-8,97
261	179	5871410003	26/05/2004	525	-0,02

#### **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 trimestral se presenta la interpretación de los resultados dentro de la UH. 09. Sierra de Neiba.

#### **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 336 y 3740 microS/cm (primera campaña) y entre 280 y 3340 microS/cm (segunda campaña).

En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 29 y 537 mg/l de  $\text{HCO}_3^-$  en la primera campaña (entre 146 y 476 en la segunda); los sulfatos varían entre 2 y 377 mg/l de  $\text{SO}_4^-$  en la primera campaña (entre 1 y 237 en la segunda) y, los cloruros oscilan entre 7 y 1056 mg/l de  $\text{Cl}^-$  en la primera campaña (entre 7 y 939 en la segunda).

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 20 y 122 mg/l de  $\text{Ca}^{++}$  en la primera campaña (entre 25 y 125 en la segunda); el sodio, por su parte, varía entre 2 y 644 mg/l de  $\text{Na}^+$  en la primera campaña (entre 3 y 567 en la segunda); el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 1.4 y 118 mg/l de  $\text{K}^+$  en la primera campaña (entre 0.0 y 26 en la segunda) y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 3 y 61 mg/l de  $\text{Mg}^{++}$  en la primera campaña (entre 4 y 55 en la segunda).

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 1 y 37 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  en la primera campaña (entre 0 y 32 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, inferiores a 45 mg/l de nitratos. Las concentraciones más altas, comprendidas entre 26 y 44 mg/l corresponden a los municipios de Hondo Valle en la Subunidad Noroeste y a San Juan de la Maguana en la Subunidad Centro Oriental.

Cuadro 8.4.1 Resultados analíticos de laboratorio de la primera campaña (UH. 09. Sierra de Neiba). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Nº. asignado	Código	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
212	5971110001	1458	6.8	102.6	35.28	142	1.73	0	500.2	190.3	91.7	16	0.01	<LD
214	5972240006	1362	6.9	102	27	120	14.13	0	427.0	101.5	165.5	23	0.01	<LD
215	5972240004	1370	7	105.8	37.68	134	3.45	0	494.1	94.1	163.7	14	0.05	0.05
216	5972240003	1287	7	121.6	24.6	102.1	8.64	0	445.3	92.3	134.3	27	0.02	<LD
217	5872240001	765	6.5	107.8	15.24	23.8	2.91	0	451.4	16.7	6.4	7	0.05	0.25
218	5872240002	1203	7.9	29	9	253.9	8.77	0	536.8	129.2	17.7	37	0.04	0.75
219	5972350003	961	6.6	111.8	21.12	40.1	7.99	0	427.0	68.2	31.3	17	<LD	<LD
220	5972350004	683	6.6	98	17.64	13.1	4.01	0	378.0	16.3	13.4	10	0.02	0.28
221	5972350001	491	7.2	68.6	17.64	10.8	3.72	0	28.7	14.9	9.6	18	0.02	<LD
222	6071410002	666	6.9	78.4	17.64	26.2	5.9	0	317.2	24.1	24.4	19	0.04	0.24
223	6071410004	746	6.7	90.2	19.92	27	2.89	0	341.6	31.2	24.0	21	0.01	<LD
224	6071420001	2110	7.9	19.6	29.4	378.2	18.67	0	335.5	474.3	55.8	<LD	<LD	0.47
231	5871460003	1052	7	72.6	27.84	99.2	14.08	0	311.1	182.8	23.6	4	0.05	<LD
232	5871460001	1135	6.8	68.6	27	115.9	19.27	0	305.0	208.7	27.2	7	0.03	<LD
233	5871410002	555	6.9	70.56	16.44	12.7	4.95	0	292.8	25.9	6.5	9	0.03	<LD
235	5871410005	663	6.8	74.4	18.84	26.7	8.02	0	305.0	62.5	8.0	3	0.02	<LD
246	5971110007	890	6.9	78.4	29.4	59.1	15.5	0	433.1	36.9	49.8	10	0.01	<LD
247	5971440003	702	7.3	58.8	21.12	49.3	14.5	0	347.7	38.7	15.8	8	0.01	<LD
248	5871160001	1724	7.5	58.8	38.76	243.5	5.74	0	359.9	338.0	63.9	7	<LD	<LD
249	587112001	450	7.3	74.4	8.28	3.05	1.39	0	256.2	11.0	3.5	4	0.01	<LD
250	5871140002	3740	7.2	79	61.32	644	118.3	0	298.9	1055.9	376.9	7	0.04	0.00
251	5871140004	339	7.3	53	6.96	1.76	1.67	0	189.1	7.1	3.3	4	0.02	0.88
252	5871140008	336	7.5	58.8	3.48	1.83	1.7	0	183.0	7.5	3.5	7	0.02	<LD
253	5871140007	336	7.3	53	5.88	4.49	1.75	0	195.2	7.1	2.4	6	0.30	0.00
254	5971440001	432	7.3	58.8	14.16	2.92	3.49	0	244.0	12.8	8.2	1	<LD	<LD

LD.: Límite detección

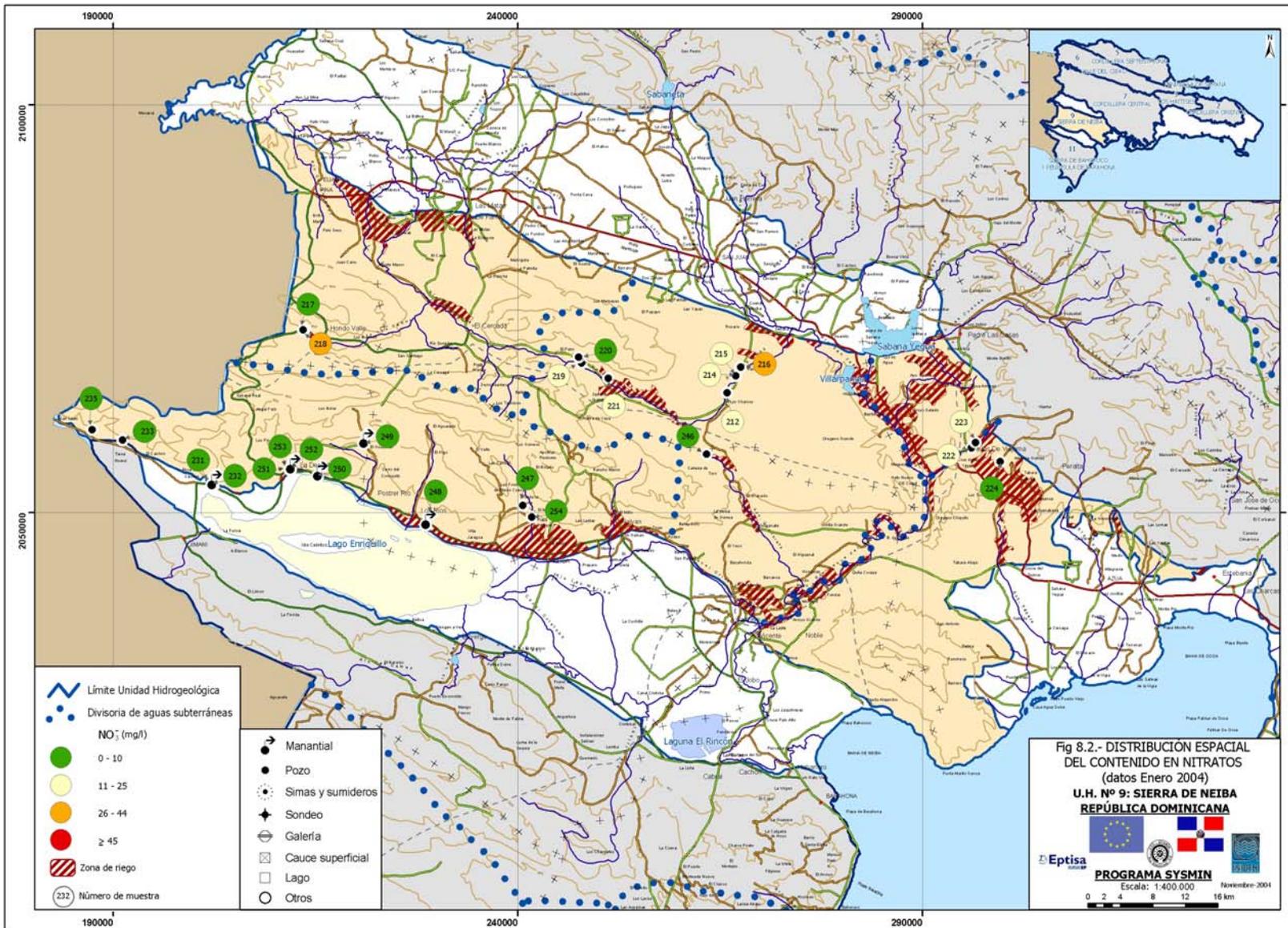
N/A.: No analizado

Cuadro 8.4.2 Resultados analíticos de laboratorio de la segunda campaña (UH. 09. Sierra de Neiba). Datos en mg/l, excepto conductividad (microS/cm) y pH.

Nº orden asignado	Nº lab 2ª c	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
212	165	5971110001	25/05/2004	1473	7,4	106	39	117	4,1	0,0	415	127	237	17	0,00	<LD
214	163	5972240006	25/05/2004	1304	7,0	100	29	131	4,3	0,0	409	108	224	17	<LD	<LD
215	164	5972240004	25/05/2004	1384	7,0	125	25	127	4,4	0,0	421	108	228	32	0,00	<LD
217	158	5872240001	25/05/2004	812	6,3	125	23	8	1,0	0,0	451	28	14	11	0,03	<LD
218	159	5872240002	25/05/2004	1119	7,3	58	12	182	2,7	0,0	476	151	14	22	0,07	<LD
219	160	5972350003	25/05/2004	830	7,0	58	42	38	3,0	0,0	366	60	29	32	0,04	<LD
220	161	5972350004	25/05/2004	639	7,0	92	16	6	2,1	0,0	342	15	16	17	0,00	<LD
221	162	5972350001	25/05/2004	458	7,4	61	13	14	1,7	0,0	244	17	11	8	<LD	<LD
222	156	6071410002	24/05/2004	594	6,8	71	20	18	2,3	0,0	305	22	27	11	0,02	0,17
224	155	6071420001	24/05/2004	1402	7,7	25	54	184	12,5	0,0	464	238	29	4	0,10	5,54
231	177	5871460003	26/05/2004	985	6,7	69	28	88	4,3	0,0	293	169	28	7	0,00	<LD
232	178	5871460001	26/05/2004	1026	6,7	67	27	101	5,9	0,0	305	179	33	8	<LD	<LD
235	180	5871410005	26/05/2004	623	7,1	77	18	19	2,7	0,0	299	49	17	8	0,02	0,06
247	170	5971440003	26/05/2004	650	6,7	61	18	29	3,1	0,0	293	37	22	11	0,02	0,04
248	171	5871160001	26/05/2004	1578	6,8	61	33	229	14,1	0,0	305	324	155	8	0,01	<LD
249	172	587112001	26/05/2004	402	6,7	67	8	11	0,8	0,0	244	15	2	<LD	<LD	<LD
250	173	5871140002	26/05/2004	3340	6,8	77	55	567	25,8	0,0	311	939	130	3	0,00	0,40
251	174	5871140004	26/05/2004	281	7,1	48	7	3	0,3	0,0	171	9	2	7	0,03	<LD
252	175	5871140008	26/05/2004	280	7,0	46	7	3	0,3	0,0	171	7	1	0	0,00	<LD
253	176	5871140007	26/05/2004	280	7,0	45	4	3	0,0	0,0	146	7	2	7	0,00	<LD
254	169	5971440001	26/05/2004	414	6,6	58	14	5	1,4	0,0	232	15	9	8	0,00	<LD
258	157	6071410001	24/05/2004	561	6,6	77	17	10	2,7	0,0	293	22	28	13	0,07	<LD
259	167	5972240001	25/05/2004	1050	7,0	83	28	90	4,3	0,0	317	75	158	8	<LD	0,03
260	168	5971110008	26/05/2004	699	6,3	67	29	16	3,1	0,0	317	32	40	12	0,03	<LD
261	179	5871410003	26/05/2004	525	6,7	67	20	4	1,6	0,0	262	17	11	11	0,01	<LD

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 224, 232, 248 y 250) y una muestra (la nº 231) de carácter mixto clorurada-bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica o sódica, si bien se observan varias muestras de carácter mixto cálcico-sódico.

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 que presentan una variación composicional desde términos bicarbonatados cálcicos de baja salinidad (con relaciones iónicas  $rNa/rCa$  y  $rCl/rHCO_3$  inferiores a 0.5) hasta términos bicarbonatados-clorurados cálcico-sódicos de salinidad media (con relaciones iónicas  $rNa/rCa$  y  $rCl/rHCO_3$  superiores a 1).

Corresponden a muestras del sector suroeste, situadas en el borde norte y noroeste del Lago Enriquillo, que drenan, en el primer caso, las formaciones *Ec* (calizas y calcarenitas con nódulos e intercalaciones de pedernal), y, en el segundo caso, las formaciones *Ec* y *Q* (materiales cuaternarios, con influencia de sales).

En la figura 8.5. se incluyen dos muestras de agua que corresponden al sector centro-oriental, y drenan los materiales de la formación *Mm* (margas con intercalaciones de calcarenitas). Se trata de aguas de composición bicarbonatada cálcico-sódica de salinidad media, con relaciones iónicas  $rCl/rHCO_3$  y  $rSO_4/rHCO_3$  del orden de 0.4 y  $rNa/rCa$  de 1.

Por su parte, la figura 8.6. recoge la composición química de las muestras de agua relacionadas con depósitos salinos de manantiales próximos al Lago Enriquillo en el sector suroeste, o de aquellos muestreados en el sector sureste, en Yayas de Viajama. Se trata de aguas cloruradas sódicas de elevada salinidad con relaciones iónicas  $rNa/rCa$  superiores a 3.5 y  $rCl/rHCO_3$  mayores de 1.6.

Por último en la figura 8.7. se incluye una única muestra de agua, de composición bicarbonatada sódica, procedente del sector noroeste, que drena los materiales de la formación *RVS*, constituida por rocas volcánicas submarinas.

Figura 8.3. Diagrama de Piper (UH. 09. Sierra de Neiba)

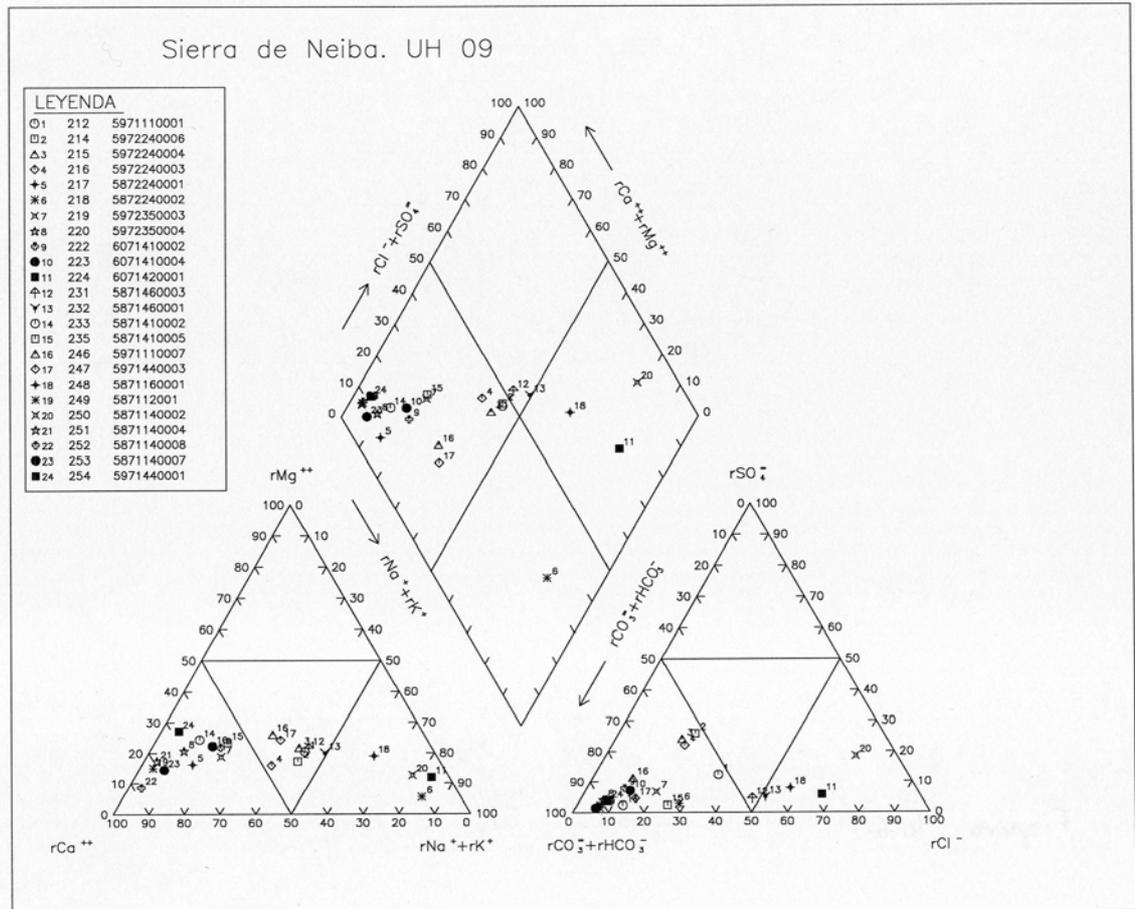


Figura 8.4. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 231, 232, 233, 235, 249, 251, 252 y 254 (UH. 09. Sierra de Neiba).

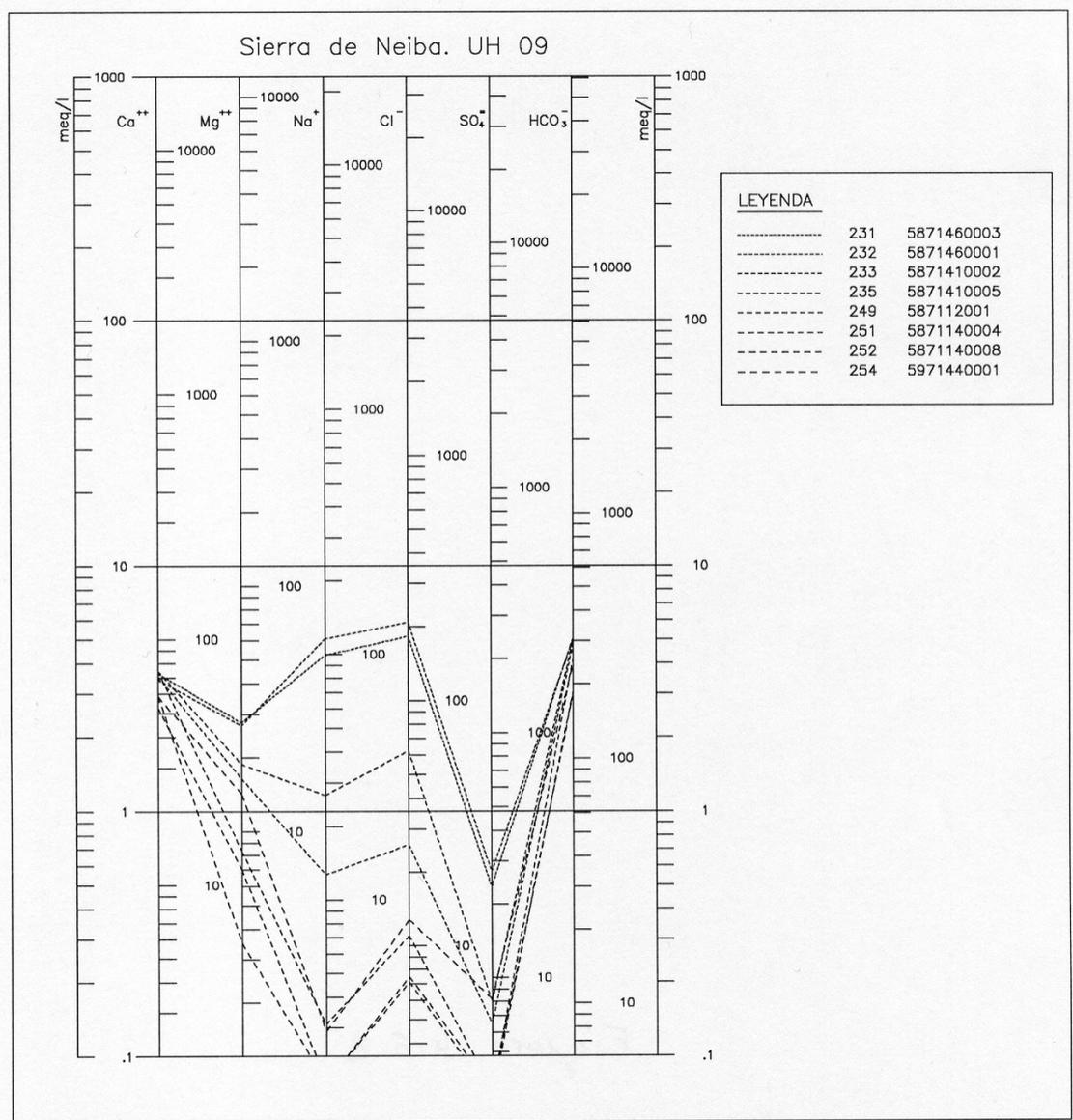


Figura 8.5. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 214 y 215 (UH. 09. Sierra de Neiba)

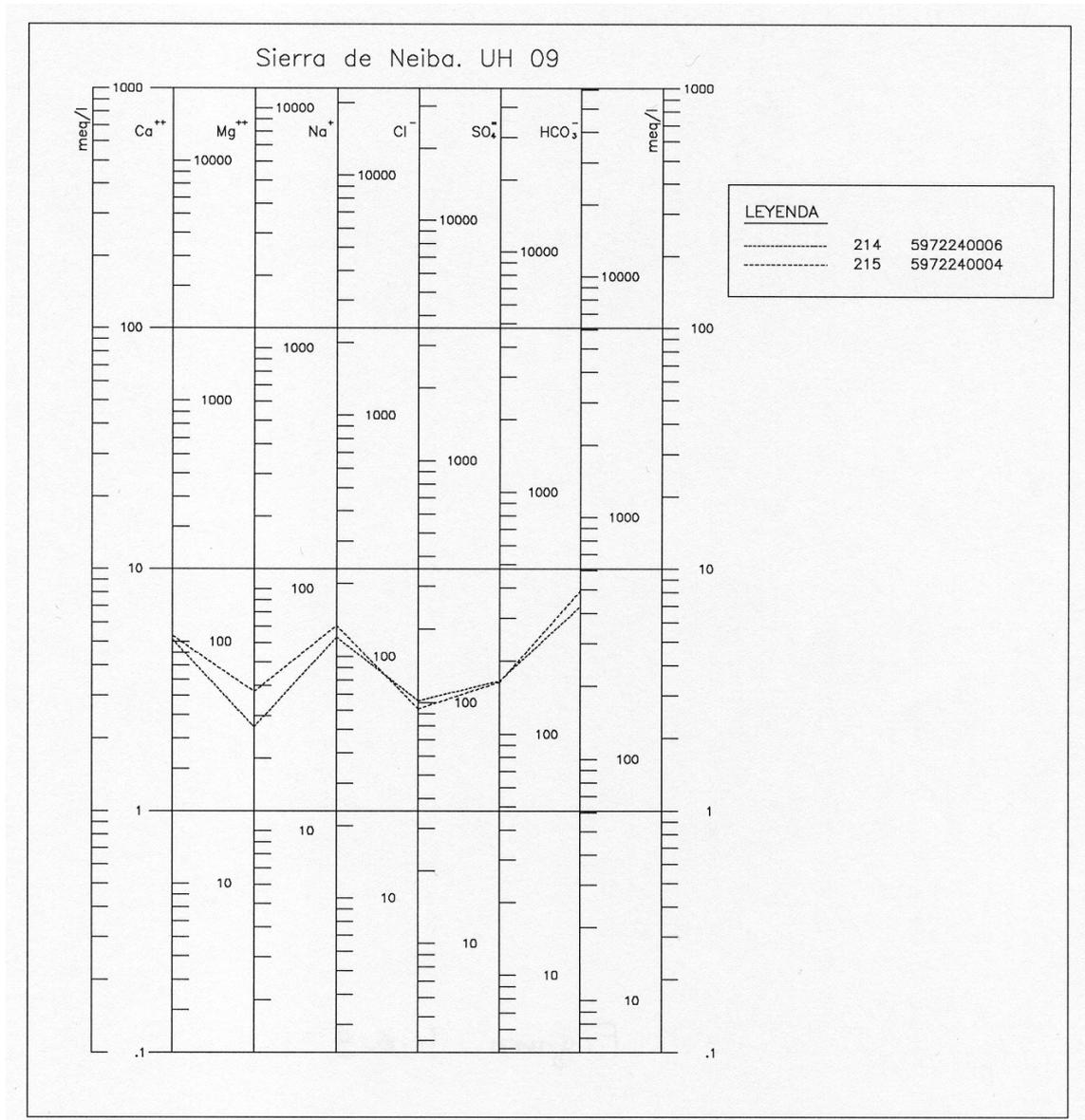


Figura 8.6. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 224, 248 y 250 (UH. 09. Sierra de Neiba)

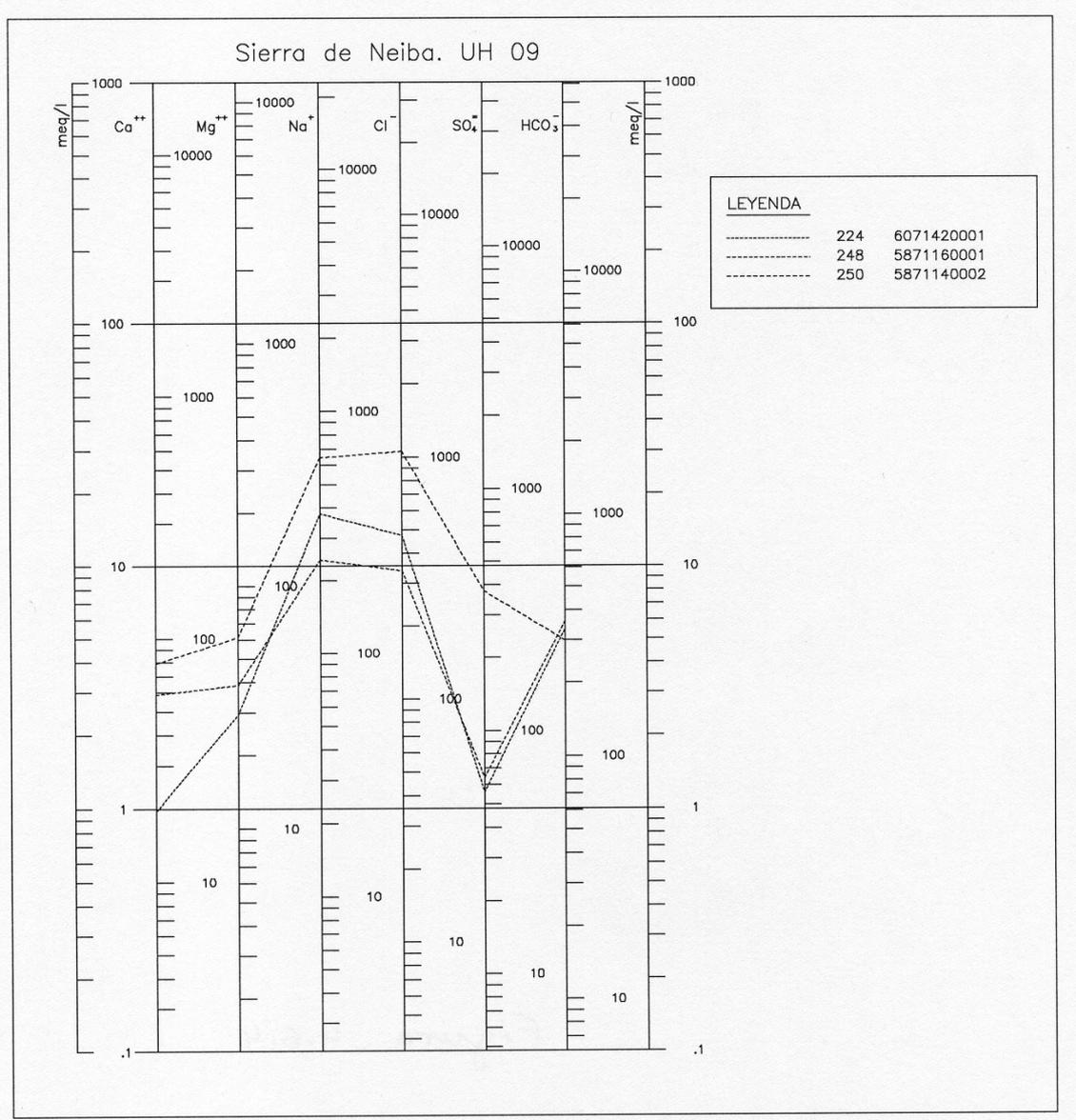
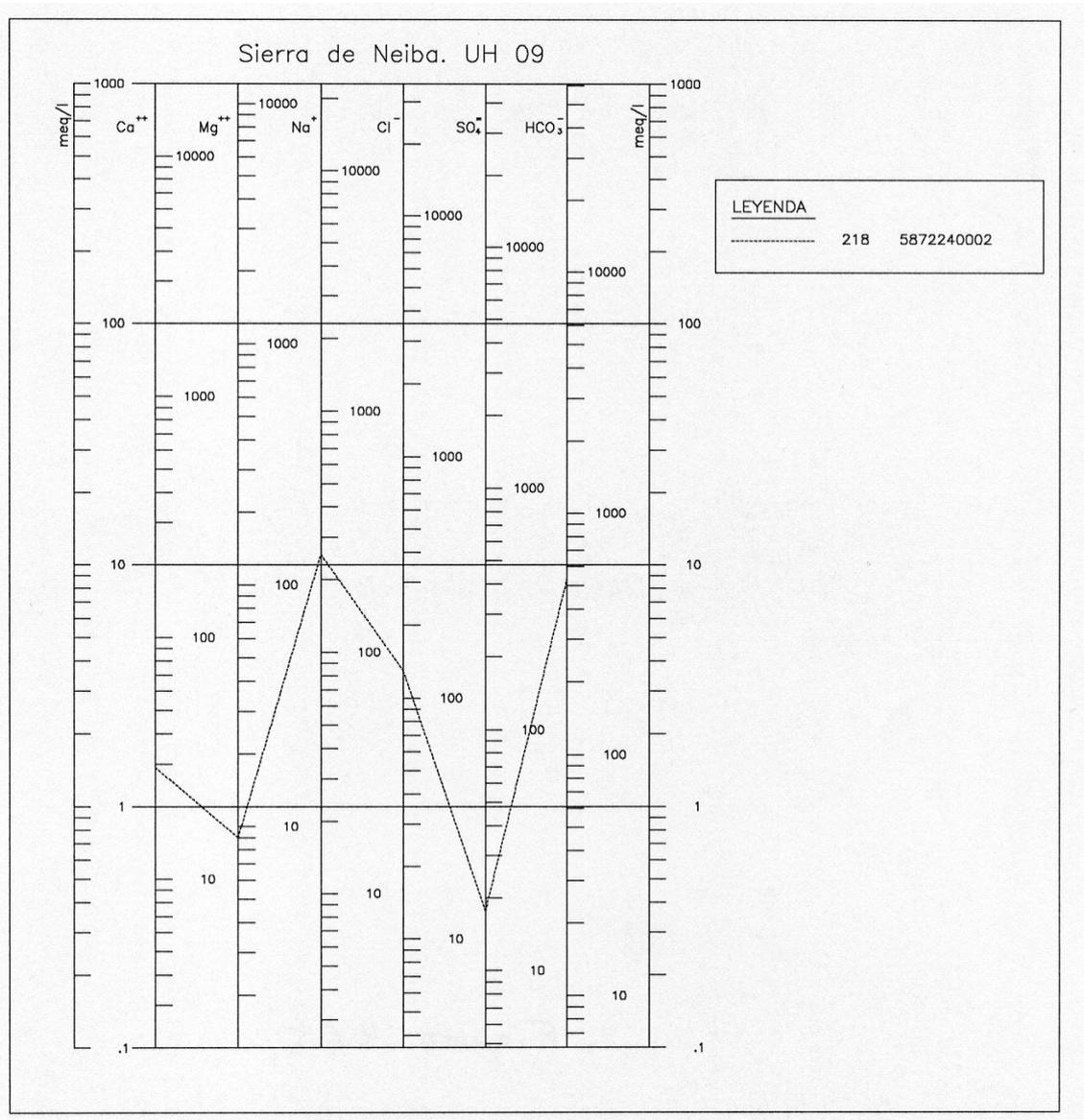


Figura 8.7. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de la muestra número 218 (UH. 09. Sierra de Neiba)



## **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 Sierra de Neiba indican que las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos en distintos parámetros (Cuadro 8.5.1 y Cuadro 8.5.2.). Así, en la primera campaña se superan los límites para el sodio en cuatro de las muestras (números 218, 224, 248 y 250) y para cloruros y total de sólidos disueltos se superan los límites en la muestra nº 250. Por su parte, en la segunda campaña se superan los límites para sodio en dos muestras (números 248 y 250), para cloruros y total de sólidos disueltos en la muestra número 250, y para amonio en la muestra número 224. 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. 09. Sierra de Neiba para abastecimiento humano.

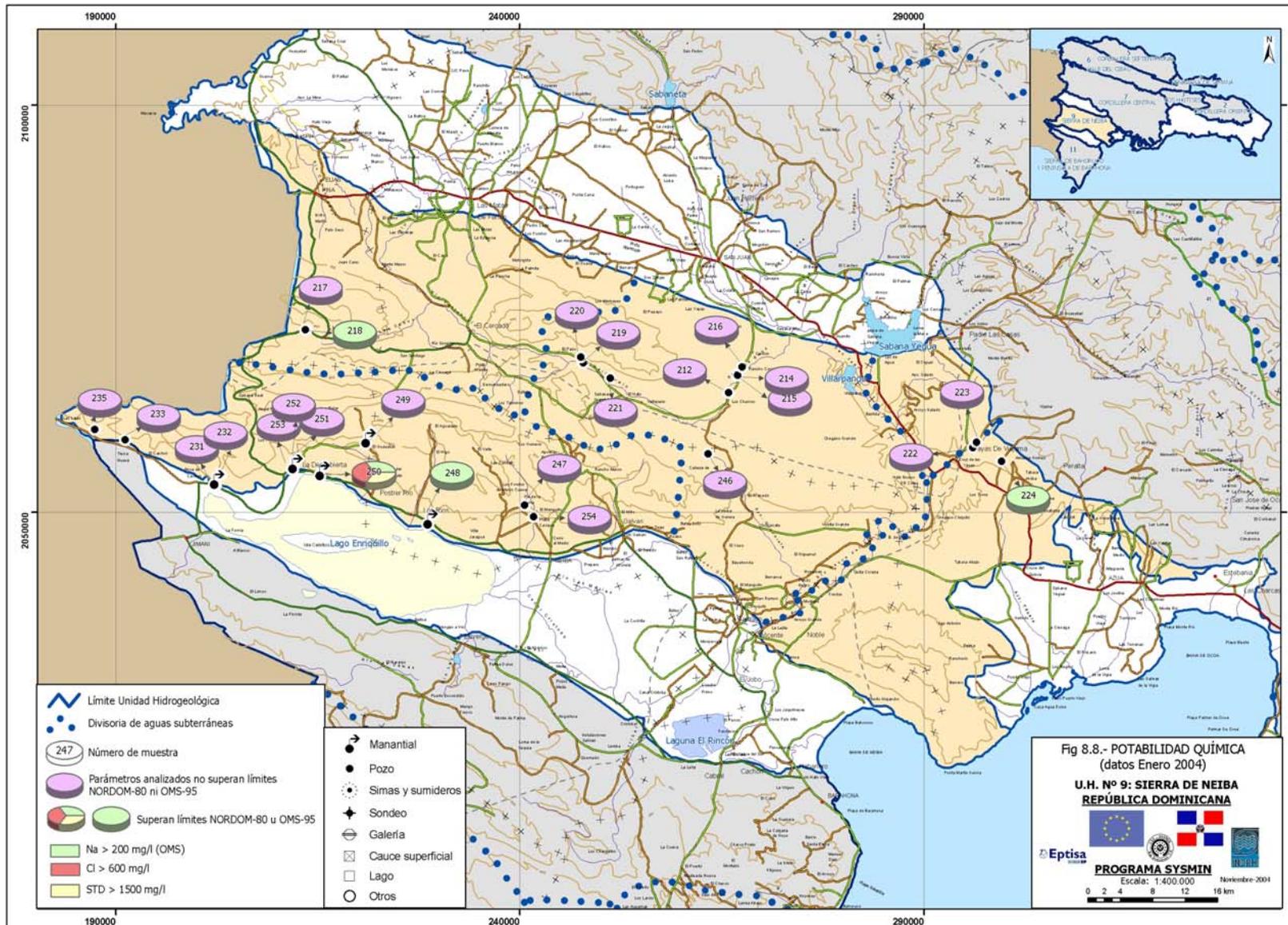
Límites NORDOM-80 u OMS-95			9,2	200	150	200 (OMS)	600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500	1500		
No. Asignado	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	STD (mg/l)	
212	5971110001	19/01/2004	1458	6,8	103	35	142	190	92	16	0,01	<LD	407	938	
214	5972240006	19/01/2004	1362	6,9	102	27	120	102	165	23	0,01	<LD	368	893	
215	5972240004	19/01/2004	1370	7	106	38	134	94	164	14	0,05	0,05	422	883	
216	5972240003	19/01/2004	1287	7	122	25	102	92	134	27	0,02	<LD	407	861	
217	5872240001	20/01/2004	765	6,5	108	15	24	17	6	7	0,05	0,25	333	469	
218	5872240002	20/01/2004	1203	7,9	29	9	254	129	18	37	0,04	0,75	110	752	
219	5972350003	20/01/2004	961	6,6	112	21	40	68	31	17	<LD	<LD	368	608	
220	5972350004	20/01/2004	683	6,6	98	18	13	16	13	10	0,02	0,28	319	429	
221	5972350001	20/01/2004	491	7,2	69	18	11	15	10	18	0,02	<LD	245	250	
222	6071410002	20/01/2004	666	6,9	78	18	26	24	24	19	0,04	0,24	270	346	
223	6071410004	20/01/2004	746	6,7	90	20	27	31	24	21	0,01	<LD	309	428	
224	6071420001	20/01/2004	2110	7,9	20	29	378	474	56	<LD	<LD	0,47	172	1154	
231	5871460003	22/01/2004	1052	7	73	28	99	183	24	4	0,05	<LD	284	658	
232	5871460001	22/01/2004	1135	6,8	69	27	116	209	27	7	0,03	<LD	284	690	
233	5871410002	22/01/2004	555	6,9	71	16	13	26	7	9	0,03	<LD	245	294	
235	5871410005	22/01/2004	663	6,8	74	19	27	62	8	3	0,02	<LD	265	360	
246	5971110007	24/01/2004	890	6,9	78	29	59	37	50	10	0,01	<LD	319	501	
247	5971440003	24/01/2004	702	7,3	59	21	49	39	16	8	0,01	<LD	235	432	
248	5871160001	24/01/2004	1724	7,5	59	39	244	338	64	7	<LD	<LD	309	984	
249	587112001	24/01/2004	450	7,3	74	8	3	11	4	4	0,01	<LD	221	260	
250	5871140002	24/01/2004	3740	7,2	79	61	644	1056	377	7	0,04	0,00	456	2040	
251	5871140004	24/01/2004	339	7,3	53	7	2	7	3	4	0,02	0,88	162	182	
252	5871140008	24/01/2004	336	7,5	59	3	2	7	4	7	0,02	<LD	162	193	
253	5871140007	24/01/2004	336	7,3	53	6	4	7	2	6	0,30	0,00	157	229	
254	5971440001	25/01/2004	432	7,3	59	14	3	13	8	1	<LD	<LD	206	296	
			<b>Min</b>	<b>336</b>	<b>6,5</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>110</b>	<b>182</b>
			<b>Max</b>	<b>3740</b>	<b>7,9</b>	<b>122</b>	<b>61</b>	<b>644</b>	<b>1056</b>	<b>377</b>	<b>37</b>	<b>0,30</b>	<b>0,88</b>	<b>456</b>	<b>2040</b>

	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. 09. Sierra de Neiba 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)	
212	165	5971110001	25/05/2004	1473	7,4	106	39	117	127	237	17	0,00	<LD	427	979	
214	163	5972240006	25/05/2004	1304	7,0	100	29	131	108	224	17	<LD	<LD	370	908	
215	164	5972240004	25/05/2004	1384	7,0	125	25	127	108	228	32	0,00	<LD	418	908	
217	158	5872240001	25/05/2004	812	6,3	125	23	8	28	14	11	0,03	<LD	408	584	
218	159	5872240002	25/05/2004	1119	7,3	58	12	182	151	14	22	0,07	<LD	192	713	
219	160	5972350003	25/05/2004	830	7,0	58	42	38	60	29	32	0,04	<LD	317	546	
220	161	5972350004	25/05/2004	639	7,0	92	16	6	15	16	17	0,00	<LD	298	417	
221	162	5972350001	25/05/2004	458	7,4	61	13	14	17	11	8	<LD	<LD	207	302	
222	156	6071410002	24/05/2004	594	6,8	71	20	18	22	27	11	0,02	0,17	259	385	
224	155	6071420001	24/05/2004	1402	7,7	25	54	184	238	29	4	0,10	5,54	288	793	
231	177	5871460003	26/05/2004	985	6,7	69	28	88	169	28	7	0,00	<LD	288	635	
232	178	5871460001	26/05/2004	1026	6,7	67	27	101	179	33	8	<LD	<LD	279	623	
235	180	5871410005	26/05/2004	623	7,1	77	18	19	49	17	8	0,02	0,06	269	363	
247	170	5971440003	26/05/2004	650	6,7	61	18	29	37	22	11	0,02	0,04	231	417	
248	171	5871160001	26/05/2004	1578	6,8	61	33	229	324	155	8	0,01	<LD	298	958	
249	172	587112001	26/05/2004	402	6,7	67	8	11	15	2	<LD	<LD	<LD	202	260	
250	173	5871140002	26/05/2004	3340	6,8	77	55	567	939	130	3	0,00	0,40	423	2148	
251	174	5871140004	26/05/2004	281	7,1	48	7	3	9	2	7	0,03	<LD	149	177	
252	175	5871140008	26/05/2004	280	7,0	46	7	3	7	1	0	0,00	<LD	144	175	
253	176	5871140007	26/05/2004	280	7,0	45	4	3	7	2	7	0,00	<LD	132	177	
254	169	5971440001	26/05/2004	414	6,6	58	14	5	15	9	8	0,00	<LD	202	246	
258	157	6071410001	24/05/2004	561	6,6	77	17	10	22	28	13	0,07	<LD	264	387	
259	167	5972240001	25/05/2004	1050	7,0	83	28	90	75	158	8	<LD	0,03	322	662	
260	168	5971110008	26/05/2004	699	6,3	67	29	16	32	40	12	0,03	<LD	288	448	
261	179	5871410003	26/05/2004	525	6,7	67	20	4	17	11	11	0,01	<LD	250	281	
				<b>Min</b>	<b>280</b>	<b>6,3</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>132</b>	<b>175</b>
				<b>Max</b>	<b>3340</b>	<b>8</b>	<b>125</b>	<b>55</b>	<b>567</b>	<b>939</b>	<b>237</b>	<b>32</b>	<b>0,10</b>	<b>5,54</b>	<b>427</b>	<b>2148</b>

	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 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 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.

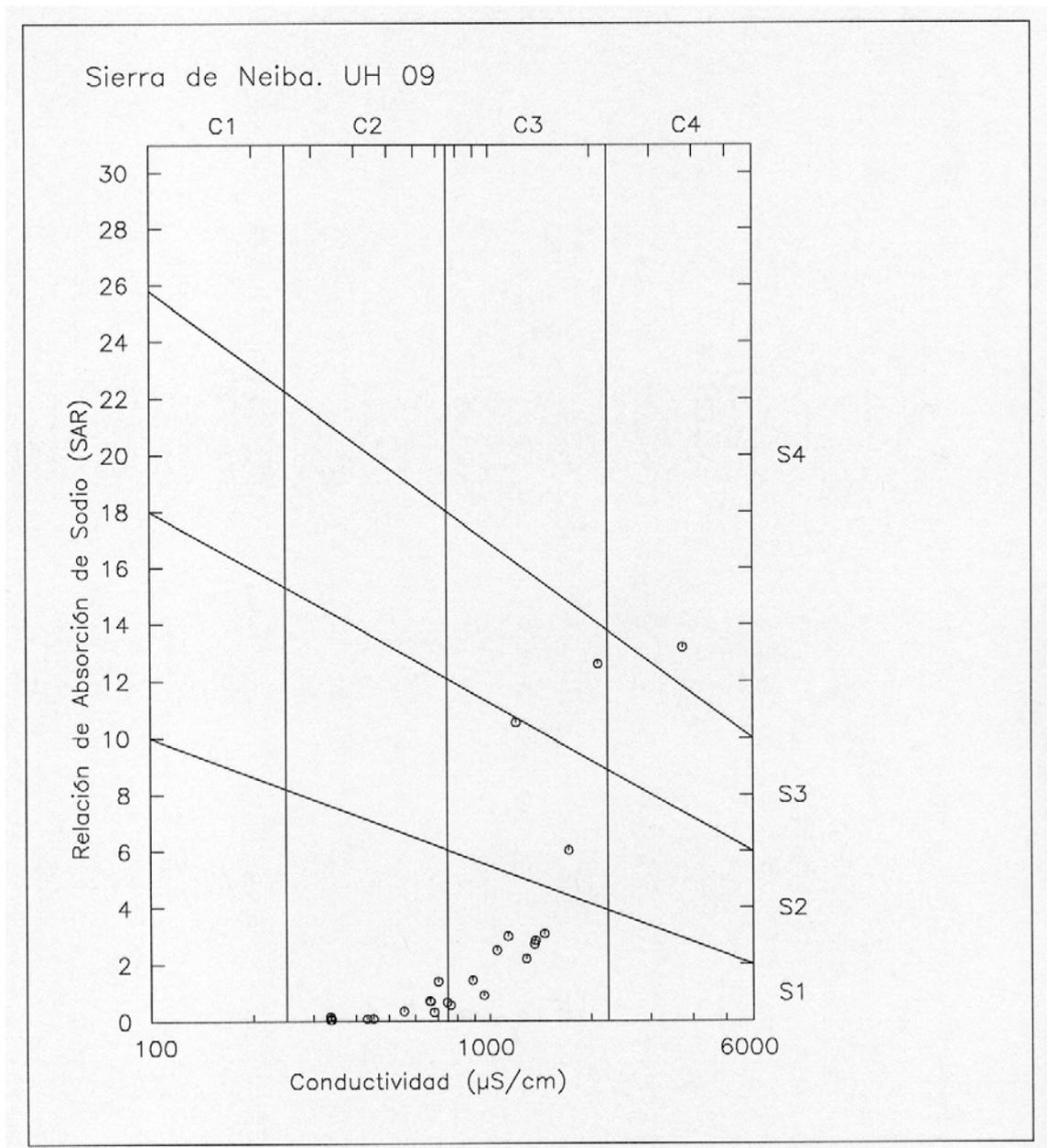
Las aguas de la clase S2 son aguas de concentración media en sodio. Pueden representar un peligro en condiciones de lavado deficientes, en terrenos de textura fina con elevada capacidad de cambio catiónico si no contienen yeso.

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 la 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.

La mayor parte de las muestras analizadas corresponden al sector suroeste, con un porcentaje elevado de muestras situadas en la descarga hacia el Valle de Neiba, en el borde norte del Lago Enriquillo.

En la Plano 8.1. se observan aguas de distinta naturaleza, tanto en lo que se refiere a la salinidad que presentan, como a las facies hidroquímicas reflejadas, si bien existe un predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas o cálcico-sódicas dentro de la unidad hidrogeológica.

Las muestras de agua de menor salinidad y composición bicarbonatadas cálcicas se registran en La Descubierta (muestras números 251, 252 y 253) y corresponden a descargas de niveles carbonatados, en el contacto con materiales de menor permeabilidad.

Por su parte, en el sector centro-oriental, se observan aguas de naturaleza mixta bicarbonatada cálcico-sódica, de salinidad media (muestras números 212, 214, 215 y 246) que explotan los niveles *Mm* constituidos por margas con intercalaciones de calcarenitas.

En el sector noroeste se observa una muestra de facies bicarbonatada sódica (nº 218), en las proximidades de Haití. Se trata de un pozo perforado en la zona de Hondo Valle, que explota el nivel *RVS*, de rocas volcánicas submarinas.

Las aguas de mayor salinidad y facies cloruradas sódicas se registran en manantiales muestreados en el borde norte del Lago Enriquillo (muestras números 248 y 250), relacionados con niveles cuaternarios y afectados por los depósitos de evaporitas existentes en la cuenca lacustre formada alrededor del lago.

Las oscilaciones del nivel del lago provocan la salinización de los suelos existentes en sus inmediaciones, por invasión del terreno con aguas hipersalinas (el agua del lago registra un contenido salino del orden de 40 g/l), o por evaporación intensa que se produce en los suelos,

una vez que desciende el nivel del lago, dando lugar a la formación de costras de naturaleza evaporítica. Las surgencias muestreadas en el contacto entre los niveles *Ec* (calizas, margas y calcarenitas) y los depósitos cuaternarios de la cuenca lacustre presentan un aumento de salinidad por disolución de evaporitas.

Este tipo de aguas se registra también en el sector sureste, en las proximidades de Yayas de Viajama (muestra nº 224), y cabe pensar que responda al mismo tipo de procesos de disolución de materiales salinos, si bien el nivel de detalle de la cartografía disponible no permite corroborar esta hipótesis.

## **9. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO**

### **9.1. RECARGA**

La recarga de la Zona o U.H. de la Sierra de Neiba 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, como es en el caso del sumidero del río Bolos y de otros pequeños arroyos próximos de escasa entidad).
- Entradas laterales procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes.

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 (2953 km<sup>2</sup>), como detrítico (1614 km<sup>2</sup>). 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 del Eoceno-Mioceno) 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 cárstico, con abundantes formas de absorción (cerradas o dolinas, y abiertas o simas).

Con estas condiciones, ha podido desarrollarse un carst 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 Plioceno, 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 cársticos, pero que presentarán una circulación más lenta y, por tanto, con un mayor efecto regulador.

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

Cuadro 9.1.1. Distribución de las superficies de recarga por subunidades

<b>SUBUNIDADES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO</b>	<b>SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES CARBONATADOS (en km<sup>2</sup>)</b>	<b>SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES DETRÍTICOS (en km<sup>2</sup>)</b>
<b>NOROESTE</b>	313	318
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	144	450
<b>NORESTE</b>	0	152
<b>SURESTE</b>	204	532
<b>SUROESTE</b>	678	163
<b>TOTALES</b>	<b>1339</b>	<b>1614</b>

En lo referente a la estimación del volumen de recarga por infiltración directa del agua de la lluvia, este 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 km<sup>2</sup>) 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 Sierra de Neiba de 2953 km<sup>2</sup>, que suponen el 78% de la superficie total de la unidad (3812 km<sup>2</sup>).

- 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 123 mm, lo cual representa el 13% de la precipitación anual media (920 mm), de 532 mm para año húmedo (44% de los 1220 mm de precipitación media de año húmedo), y de 22 mm para año seco (3.5% de los 630 mm de precipitación media de año seco).
- Asimismo, de la estimación de la componente subterránea de dicha lluvia útil 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 (Conuguitos, Los Guineos, Puertecito, Vallejuelo, Villarpando y Palo Alto), de los que se desprende entre un 16% de aportación mínima y en un 50% de aportación máxima), resultando una componente subterránea comprendida entre 20 y 62 mm para año medio y entre 35 y 110 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 km<sup>2</sup>, lo cual supone un volumen anual renovable para año medio del orden de los 105 hm<sup>3</sup> para año medio y de 364 hm<sup>3</sup> para año húmedo.

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

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

<b>SUBUNIDAD</b>	<b>COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)</b>	<b>SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm<sup>3</sup>)</b>
<b>NOROESTE</b>	51	631.0	32
<b>SUROESTE</b>	62	840.7	52
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	30	593.8	18
<b>NORESTE</b>	20	151.8	3
<b>SURESTE</b>	25	735.6	18
<b>TOTALES/MEDIAS</b>	<b>42</b>	<b>2952.9</b>	<b>123</b>

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

Cuadro 9.1.3. 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 <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm <sup>3</sup> )
NOROESTE	201	631.0	127
SUROESTE	284	840.7	239
CENTRO ORIENTAL	91	593.8	54
NORESTE	99	151.8	15
SURESTE	140	735.6	103
<b>TOTALES/MEDIAS</b>	<b>182</b>	<b>2952.9</b>	<b>538</b>

#### Recarga por retorno de riego e infiltración desde canales

El segundo tipo de recarga de la unidad de la Sierra de Neiba, 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 apartado 1.3., 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 28262 Ha, cuya distribución, por distritos, zonas y sistemas de riego, es la siguiente:

Cuadro 9.1.4. Distribución de la superficie actual de riego dentro de todo el ámbito de la unidad

DISTRITOS DE RIEGO	ZONAS DE RIEGO	SISTEMAS DE RIEGO	SUPERFICIE IRRIGADA (en Ha)	FUENTE DE SUMINISTRO DEL AGUA
<b>Valle de San Juan</b>	San Juan	Vallejuelo I, Sabana Alta/Guanito-Los Burros, Carón y Los Bancos	2590	Río Los Baos (sumidero) y río San Juan
	Las Matas de Farfán	El Llano, Caña Matayaya, Las Matas de Farfán, El Cercado/Pinar I y Pinar II y Barrero	4788	Ríos Caño, Macasía, Vallejuelo y Barrero

DISTRITOS DE RIEGO	ZONAS DE RIEGO	SISTEMAS DE RIEGO	SUPERFICIE IRRIGADA (en Ha)	FUENTE DE SUMINISTRO DEL AGUA
<b>Valle de Azua</b>	Azua	Los Corzos, Los Corrales, Periquito, Villarpando, Batida, Orégano Grande, Magueyal, Hato Nuevo, Monte Grande, Biafara, Las Hormigas, José Ovalle, Cortos, Irabón y Estebanía/Las Charcas	8113	Ríos Yaque del Sur, Irabón y Grande.
	Padre Las Casas	Padre Las Casas I y II y Yayas de Viajama.	3550	Ríos Las Cuevas y arroyo Viajama
<b>Yaque del Sur</b>	Barahona	Vuelta Grande, El Bao, Quita Coraza, Honduras, Fondo Negro, Barranca, San Ramón, Arroyo Grande, Las Lajitas 2 y Santana	3420	Ríos Yaque del Sur y aguas subterráneas.
	Neiba	Cambronal, Las Lajitas, Las Canitas, Panzo-Las Marías, Plaza Cacique, Sonador, Los Río-Clavellina, Cabeza de Toro y Granado Guaranate.	5623	Ríos Majagual, Cachón Las Marías, El Manguito, Cachón Mamey, Barrero y aguas subterráneas.
	Duvergé	Cristóbal 3	42	Laguna Rincón
	Jimaní	Granadero, Los Habitantes y Las Barías.	138	Cachón Las Barías
<b>TOTALES</b>			<b>28262</b>	

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 apartado 1.3. 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 6162 y 14329 m<sup>3</sup>/Ha/año (ver apartado 1.3), el volumen total de agua aplicada en riego dentro del ámbito de la unidad es del orden de 295 hm<sup>3</sup>/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 43 y los 60 hm<sup>3</sup>/año.

La distribución de dichos recursos por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.1.5. Distribución de recursos por subunidades

<b>SUBUNIDAD</b>	<b>SUPERFICIE DE RIEGO (en Ha)</b>	<b>VOLUMEN ANUAL DE AGUA APLICADA (en Hm<sup>3</sup>/a)</b>	<b>VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR RETORNOS DE RIEGO (en hm<sup>3</sup>)</b>
<b>NOROESTE</b>	4,788	33	5-7
<b>SUROESTE</b>	5,235	74	11-15
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	6,309	49	7-10
<b>NORESTE</b>	5,777	43	6-9
<b>SURESTE</b>	6,152	96	14-19
<b>TOTALES</b>	<b>28,262</b>	<b>295</b>	<b>43-60</b>

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 únicamente se ha identificado en dos sectores muy localizados de la unidad, aunque no se ha considerado a efectos del balance hídrico, al tratarse de recursos generados dentro de la unidad que ya se contabilizan dentro del término de recarga por infiltración de la lluvia.

Estos dos sectores son los siguientes:

- Cabecera de la Subunidad del Suroeste, donde se identifican el sumidero del río Bolos y otros próximos de menor entidad, en el flanco sur de la loma de la Tasajera del Chivito, entre Ángel Félix y el citado río Bolos. Todos estos sumideros se emplazan a cotas topográficas próximas a los 1,100 m.s.n.m. y se desarrollan sobre las calizas arrecifales del Eoceno-Mioceno (Ec)
- Sector centro occidental de la subunidad del Sureste, donde se identifica la sima de Las Lagunas, en el contacto entre las citadas calizas arrecifales de la Loma de Juan Caño y

las margas miocenas (Mm). La infiltración se produce a cota 800 m.s.n.m. y vuelve a emerger unos 500 m aguas abajo y en dirección norte.

Esta mínima recarga por infiltración desde cauces superficiales se debe al hecho de que 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.

### **Recarga por entradas laterales procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes**

La recarga por entradas laterales procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes se producirá, únicamente, por el sector oriental de la unidad y de las subunidades del Noreste y del Sureste, donde podría existir una posible aportación subterránea procedente de las areniscas y margas arenosas (Facies Flysch) del Terciario-Cretácico (T-Car) de la Zona o Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Central. A efectos del balance hídrico se considera de escasa entidad y no cuantificable, debido a la reducida permeabilidad de dichos materiales y al hecho de que la heterogeneidad y escasa continuidad geométrica de los niveles permeables de esta formación hacen que la mayor parte de sus descargas (pequeños manantiales y surgencias de muro) se produzcan dentro del ámbito de dicha unidad.

## **9.2. DESCARGA**

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

- Drenajes por cauces superficiales.
- Salidas por manantiales y emergencias de distintos tipos, tanto subaéreas, como submarinas (solamente en el caso del afloramiento carbonatado de la Sierra de Martín García, en la subunidad del Sureste) y, dentro de las primeras, en sus distintas versiones de surgentes por encima del nivel de los cauces epigeos, surgentes a nivel de los cauces epigeos y de surgentes bajo los talwegs de los citados cauces epigeos.
- 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 Sierra de Neiba 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 y con los procedentes del estudio de la Fase I. Los datos obtenidos 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.

El caso más significativo es el del río Yaque del Sur, el que se producen emergencias bajo los talweg del citado cauces epigeo, dentro del agua y a través de circulación forzada y con emergencia a presión. Pueden catalogarse, por tanto, como surgencias o emergencias ascendentes, la mayor parte de los casos no visibles por manar a poca presión, que solamente se identifican "de visu" cuando aparecen en zonas tranquilas del río.

En el citado cauce del Yaque del Sur las emergencias aparecen a lo largo de todo su talweg fluvial, entre cotas próximas a los 200 m.s.n.m. (sector de Villarpando, en la entrada de dicho cauce a la unidad) y los 40 m.s.n.m. (sector de Vicente Noble, en la salida de dicho cauce a la unidad). Esto hace que este cauce actúe, en prácticamente todo su recorrido, como un río ganador o drenante con respecto a la unidad, por el que se producen descargas del orden de los 18 hm<sup>3</sup>/año procedentes de la sierra de Neiba en un año hidrológicamente medio, y de 45 hm<sup>3</sup> en un año hidrológicamente húmedo, de acuerdo con los datos manejados. El resto de las ganancias en dicho sector (hasta 130-150 hm<sup>3</sup>/año) corresponderán a escorrentías superficiales o de otras unidades contiguas.

Algo parecido ocurre en cauce del río Caña, por el que se drenan una buena parte de los afloramientos calizos de la subunidad de Noroeste. Este cauce es drenante en su recorrido entre El Cercado y Monte Mayor, y entre cotas de 560 y de 470 m.s.n.m., y por él se descargan del orden de 20 hm<sup>3</sup> en un año hidrológicamente medio, y de 100 hm<sup>3</sup> en un año hidrológicamente húmedo, según estimaciones realizadas con los datos disponibles.

### **Salidas por manantiales y emergencias de distintos tipos**

Junto con el importante drenaje a través de cauces superficiales, las formas de emisión más típicas en esta unidad son los manantiales cársticos, que responden al concepto básico de emergencias o salidas al exterior de aguas cársticas, una vez que han circulado a través de la masa de caliza (las calizas arrecifales del Eoceno-Mioceno).

Sus tipologías son muy variadas y en una primera clasificación podrían dividirse en manantiales subaéreos, existentes en el ámbito de la unidad y en prácticamente todas sus subunidades, y manantiales submarinos, los cuales se identifican, únicamente, en el sector meridional de la subunidad del sureste, y, dentro de esta, en la zona costera de la sierra de Martín García.

Dentro de los subaéreos, que son los más abundantes y representativos en la unidad, se han identificado de tres subtipos:

- Surgentes por encima del nivel de los cauces epigeos.
- Surgentes a nivel de los cauces epigeos.
- Surgentes bajo los talwegs de los cauces epigeos.

En lo referente a los primeros tipos de manantiales subaéreos, **los surgentes por encima del nivel de los cauces epigeos**, los más representativos de la unidad se identifican en el borde sur de la subunidad del Sureste y en el norte de las subunidades del Noroeste y Centro Oriental.

En el borde sur de la subunidad del Sureste se localizan más de una veintena de manantiales o emergencias de muro, con estructura de contacto o de nivel de base, situados a cotas comprendidas entre los 250 y los -20 m.s.n.m. y coincidentes con el contacto entre la base de las calizas arrecifales (Ec) y los depósitos cuaternarios de la depresión de Neiba. Su circulación suele ser libre (típicos de karst superficiales y muy evolucionados) y con emergencias múltiples o poliemergencias, que indican fisuración muy apretada.

Dentro de este importante grupo de emergencias, cabría destacar las siguientes:

Cuadro 9.2.1. Emergencias más destacables

MANANTIAL	COTA DE DESCARGA (en m.s.n.m.)	VOLUMEN DE DESCARGA MEDIA (en Hm <sup>3</sup> /año, para el año hidrológico 2003/2004)
Boca Cachón	-20	10
Marina (Descubierta)	5	29
Barreras (Los Ríos)	200	22
Manguito (Neiba)	200	13
Panzo (Neiba)	250	9
Majagual (Galván)	100	19
<b>TOTAL</b>	<b>entre -20 y 250</b>	<b>102</b>

Estas surgencias, que, en su conjunto, serán del orden de los 50 hm<sup>3</sup> en años medios, y de los 150 en años húmedos, es muy probable que actúen como emergencias intermitentes del tipo rebosadero de fuentes permanentes ("trop pleins"), que, en los años secos, llegarán a reducirse importantemente, no llegando a superar los 2 hm<sup>3</sup>/año. Parece tratarse, por tanto, de una zona de descarga situada por encima o sobre la misma surgencia, que actúan como antecesores de los manantiales, abandonados por descensos del nivel de base o por pérdida de caudal.

En el borde norte de las subunidades del Noroeste y Centro Oriental se localizan al menos otras tres importantes surgencias que dan origen a los ríos Caño, Macasía y Los Baos. También corresponden a emergencias de muro, con estructura de contacto o de nivel de base, situados a cotas comprendidas entre los 800 y los 600 m.s.n.m. y coincidentes con el contacto entre la base de las calizas arrecifales (Ec) y las margas con calcarenitas del Mioceno (Mm), que actúan como nivel de base. Su circulación suele ser libre (típicos de karst superficiales y muy evolucionados) y con emergencias múltiples o poliemergencias, que indican fisuración muy apretada.

La cuantificación de dichas descargas, con los datos procedentes del presente proyecto, indican unos volúmenes comprendidos entre 25 y 100 hm<sup>3</sup> en años medios y húmedos, respectivamente, que se distribuyen por el río Caña (ya cuantificados en el apartado de descargas por ríos drenantes), la cabecera del río Macasía y el río Los Baos.

De los del segundo tipo de manantiales subaéreos, los **surgentes a nivel de los cauces epigeos**, éstos se producen, fundamentalmente, a lo largo de todo el borde norte de las subunidades del Noroeste y Centro Oriental. En su mayoría responden a pequeñas emergencias

situadas a favor del contacto entre los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) y los depósitos pleistocenos, pliocenos y cuaternarios del borde meridional del Valle de San Juan. Su cuantificación es difícil, por ausencia de información al respecto, aunque no se considera de gran importancia a la hora de establecer el balance hídrico de la unidad.

En lo referente a las **surgencias producidas bajo los talwegs de los cauces epigeos**, estas ya han sido comentadas y valoradas en el apartado de drenajes por cauces superficiales, al efectuarse dentro de los propios cauces y a través de circulación forzada y con emergencia a presión bajo el agua circulante por los citados cauces.

### **Extracciones por bombeos.**

Por último, las extracciones por bombeos se distribuyen, fundamentalmente, por las zonas de borde de la unidad y por las depresiones y valles centrales, 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 Eoceno-Mioceno.

En cuanto a las extracciones para usos humanos, la población abastecida con aguas subterránea se estima (para el año 2004) en 228046 habitantes dentro del ámbito de esta unidad hidrogeológica, y el volumen total extraído anualmente para dichos usos, según los datos aportados por el INAPA para las ZONAS II y VIII es de 10.13 hm<sup>3</sup>/año, aplicando una dotación media de 308 l/habitante/día, con unas extracciones de aguas subterráneas del 39.52% del total, cuya distribución por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.2.2. Distribución de las extracciones por bombeos, por subunidades

<b>SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS</b>	<b>NÚMERO DE HABITANTES ABASTECIDOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>	<b>DOTACIÓN POR HABITANTE (en l/habitante/día)</b>	<b>VOLUMEN DE EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS PARA USOS HUMANOS (en hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>NOROESTE</b>	75508	308	3.35
<b>SUROESTE</b>	44611	308	1.98
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	44746	308	1.99
<b>NORESTE</b>	21347	308	0.95
<b>SURESTE</b>	41834	308	1.86

<b>TOTALES</b>	<b>228046</b>	<b>308</b>	<b>10.13</b>
----------------	---------------	------------	--------------

En cuanto a las extracciones para usos agrícolas, en el ámbito de la unidad se riegan con recursos subterráneos únicamente 658.22 Ha, que corresponden a los Sistemas de Riego de Cabeza de Toro y Granado Guaranate (pertenecientes a Zona de Neiba y al Distrito de Riego del Lago Enriquillo) y Estebanía-Las Charcas (perteneciente a Zona de Azua y al Distrito de Riego de Valle de Azua).

Estimándosele unas dotaciones medias de agua entre 8300 y 8600 m<sup>3</sup>/año/ha, los volúmenes extraídos para dicho uso deben ser del orden de los 5.5 hm<sup>3</sup>/año, los cuales se distribuyen entre las subunidades Centro Oriental (4.73 hm<sup>3</sup>/año) y Sureste (0.75 hm<sup>3</sup>/año).

Por consiguiente, las extracciones totales por bombes dentro de la unidad se estiman entre 14 y 18 hm<sup>3</sup>/año, cuya distribución, por subunidades de funcionamiento, es la siguiente:

Cuadro 9.2.3. Distribución de las extracciones totales, por subunidades

<b>SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS</b>	<b>BOMBES PARA USOS HUMANOS (en hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>BOMBES PARA USOS AGRÍCOLAS (en hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>VOLUMEN DE EXTRACCIONES SUBTERRÁNEAS TOTALES POR BOMBES (en hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>NOROESTE</b>	3.35	-	3.35
<b>SUROESTE</b>	1.99	-	6.72
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	0.95	4.73	0.95
<b>NORESTE</b>	1.86	-	2.61
<b>SURESTE</b>	1.98	0.75	1.98
<b>TOTALES</b>	<b>10.13</b>	<b>5.8</b>	<b>15.61</b>

### Descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas

Como ya se comentó en el apartado de relaciones con Unidades Contiguas, se producirán una serie de descargas laterales por determinadas subunidades y sectores de las mismas, cuyas principales características y cuantificaciones son las siguientes:

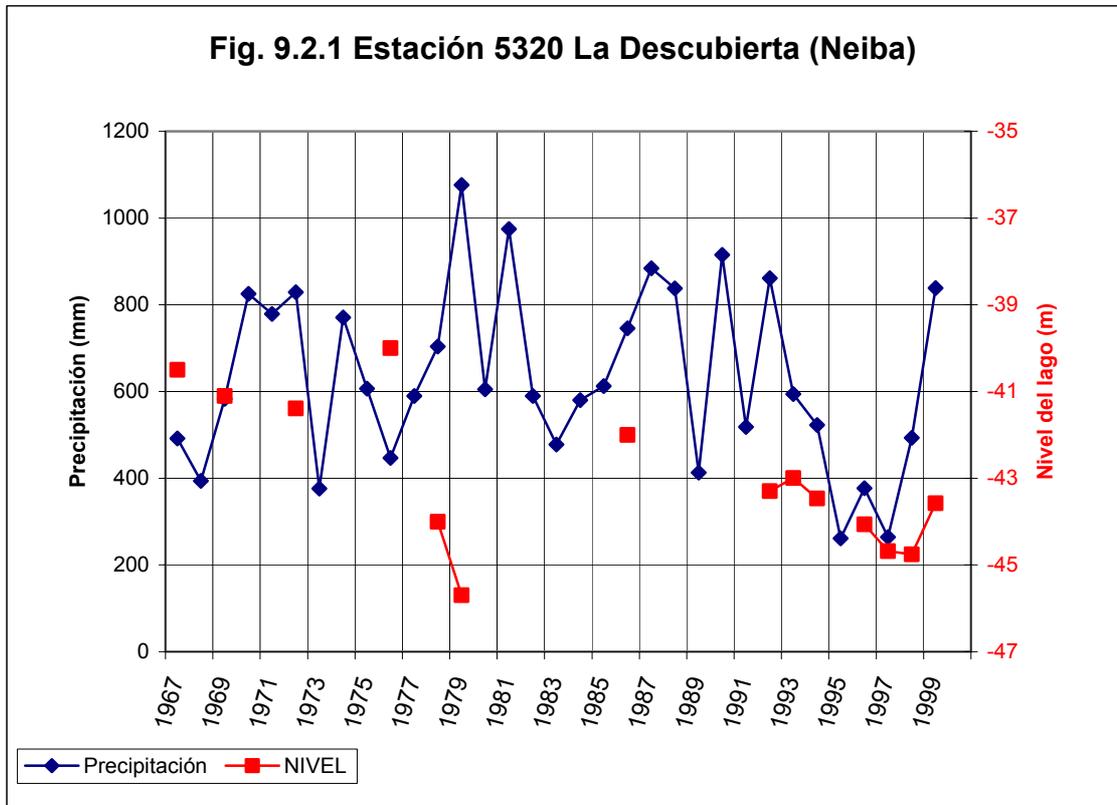
Por el borde norte de la unidad (subunidades noroeste, centro oriental y noreste) se producirán descargas subterráneas (sobre todo en años hidrológicamente húmedos) desde los conglomerados miocenos (Mcg) del borde de la Sierra de Neiba a los pleistocenos-pleiocenos (Pcg) del Valle de San Juan o entre diversos tipos de depósitos cuaternarios (abanicos, terrazas

fluviales, aluviales, etc.) de ambas unidades, cuya cuantificación se ha estimado en unos 10 hm<sup>3</sup> para años húmedos y en volúmenes despreciables (en términos del balance hídrico) o nulos para años medios y secos.

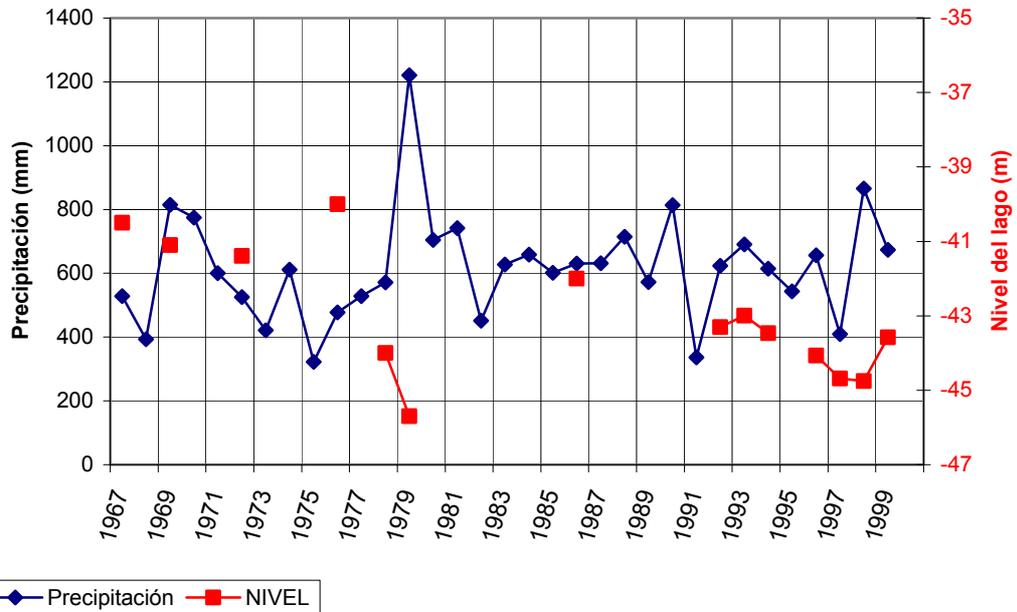
Por el borde sureste de la unidad existirá una aportación de recursos hídricos subterráneos (aunque con flujos no muy profundos) desde los conglomerados pliocenos-pleistocenos (Pcg) y miocenos (Mcg) de dicho borde con los depósitos cuaternarios de la unidad de la Planicie de Azua (todos ellos de alta permeabilidad), así como desde determinados sectores de las calizas eocenas y miocenas (Ec) de la Sierra de Martín García hacia el mar, entre Puerto Alejandro y la Boca del Zapato. Su cuantificación se ha estimado en unos 15 hm<sup>3</sup> para años húmedos y en volúmenes despreciables (en términos del balance hídrico) o nulos para años medios y secos.

Por su borde meridional la unidad presenta una relación no homogénea con la unidad limítrofe nº 10, del Valle de Neiba, con comportamientos diferenciados por sectores. Las posibles conexiones laterales con dicho valle se producirán por el sector centro occidental y occidental de dicho borde, que se encuentra en contacto casi directo con el límite norte del Lago Enriquillo. Por dicho borde, y aparte de los aportes de los manantiales de Barreras, aguas arriba de Los Ríos, Las Barías, aguas arriba de La Descubierta, El Borbollón y el Bebedero, en Boca de Cachón (ya cuantificados en el apartado de salidas por manantiales y emergencias de distintos tipos), muy posiblemente se producirá una conexión profunda desde las calizas de la Sierra de Neiba al Valle de Neiba, mediante flujos profundos subverticales ascendentes, que solamente parece que funcionen (en volúmenes de cierta importancia, que se estiman en unos 15 hm<sup>3</sup>) en años hidrológicamente húmedos, siendo prácticamente nulos en los años secos y medios.

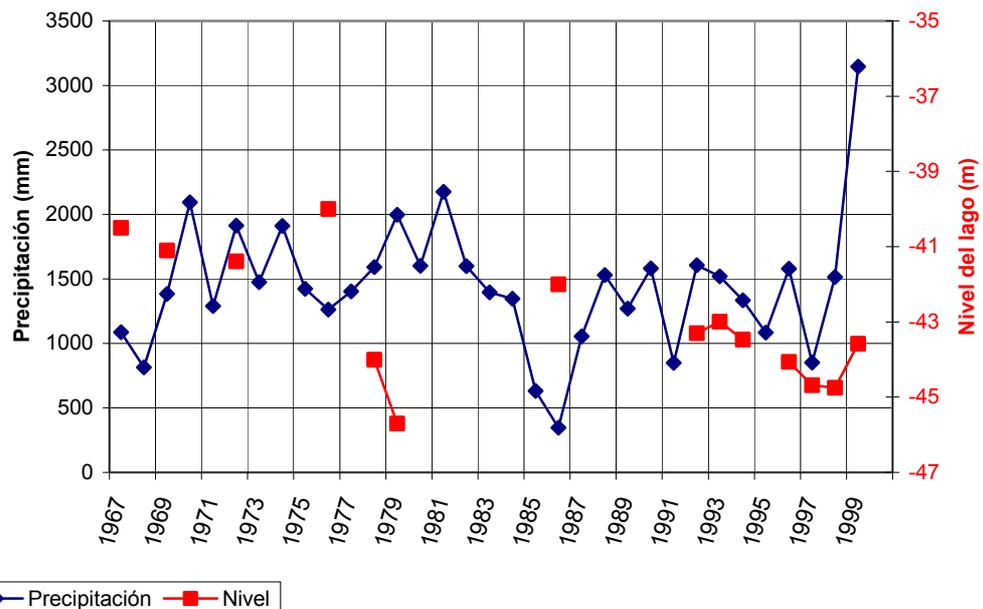
Este hecho parece comprobarse, en cierta medida, con la comparación de la evolución de los niveles de la lámina de agua en el lago Enriquillo y de las precipitaciones registradas en las estaciones climatológicas de la zona próxima al lago (estaciones nº 5307: Los Bolos, y nº 5320: La Descubierta, situadas ambas en las proximidades de Neiba). Los datos de los últimos diez años reflejan relativamente bien la relación entre las puntas de las precipitaciones y los ascensos en la lámina de agua del lago, las cuales se deberán en una parte a los citados flujos profundos, aunque en otras importantes partes a aportes desde los manantiales y surgencias del borde de la sierra y por aumento de las escorrentías superficiales en dicho borde. Las respuestas en los niveles del lago a las precipitaciones parecen ser muy rápidas, lo cual es totalmente acorde con el funcionamiento de las descargas en un sistema cárstico como el de la sierra de Neiba. (ver Figuras 9.2.1, 9.2.2 y 9.2.3).



**Fig. 9.2.2. Estación 5302 Puerto escondido (Bahoruco)**



**Fig. 9.2.3. Estación 5307 Los Bolos (Neiba)**



En lo referente a la distribución de las citadas conexiones laterales por subunidades, se estima que esta podría ser de la siguiente manera:

Cuadro 9.2.4. Distribución de las conexiones laterales por subunidades

<b>SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS</b>	<b>VOLUMEN DE CONEXIONES LATERALES ESTIMADOS (en hm<sup>3</sup>/año)</b>		
	<b>Año seco</b>	<b>Año medio</b>	<b>Año húmedo</b>
<b>NOROESTE</b>	-	-	10
<b>SUROESTE</b>	-	-	15
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	-	-	5
<b>NORESTE</b>	-	-	-
<b>SURESTE</b>	-	-	15
<b>TOTALES</b>	-	-	<b>45</b>

### **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 Sierra de Neiba 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 de dos tipos:

- **Interanuales:** para intervalos de varios años hidrológicos tipos de la serie histórica disponible (años secos, medios y húmedos).
- **Anual:** para el año hidrológico concreto de control del estudio (octubre de 2003 a septiembre de 2004).

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 climatológicas 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 775 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 LATERALES (QAC)	ENTRADAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	4	0	7	-	11
<b>SUROESTE</b>	10	0	15	-	25
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	3	0	10	-	13
<b>NORESTE</b>	1	0	9	-	10
<b>SURESTE</b>	4	0	19	-	23
<b>TOTALES</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>82</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/año

Salidas:

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

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	MANANTIALES (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	4.9	2	-	4.1	11
<b>SUROESTE</b>	7.5	15	-	2.5	25
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	3.8	2	-	7.2	13
<b>NORESTE</b>	8.8	0	-	1.2	10
<b>SURESTE</b>	16	4	-	3.0	23
<b>TOTALES</b>	<b>41</b>	<b>23</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>82</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/año

**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 775 y 950 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 LATERALES (QAC)	ENTRADAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	32	-	6	-	38
<b>SUROESTE</b>	52	-	13	-	65
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	18	-	8.5	-	26.5
<b>NORESTE</b>	3	-	7.5	-	10.5
<b>SURESTE</b>	18	-	16.5	-	34.5
<b>TOTALES</b>	<b>123</b>	<b>-</b>	<b>51.5</b>	<b>-</b>	<b>174.5</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/año

Salidas:

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

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	MANANTIALES (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	24.5	10	-	3.5	38
<b>SUROESTE</b>	18	45	-	2	65
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	11.5	8	-	7	26.5
<b>NORESTE</b>	9.5	0	-	1	10.5
<b>SURESTE</b>	24	8	-	2.5	34.5
<b>TOTALES</b>	<b>87.5</b>	<b>71</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>174.5</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/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 950 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 LATERALES (QAC)	ENTRADAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	127	-	5	-	132
<b>SUROESTE</b>	239	-	11	-	250
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	54	-	7	-	61
<b>NORESTE</b>	15	-	6	-	21
<b>SURESTE</b>	103	-	14	-	117
<b>TOTALES</b>	<b>538</b>	<b>-</b>	<b>43</b>	<b>-</b>	<b>581</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/año

Salidas:

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

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	MANANTIALES (QM)	CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIÓN BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	95.2	24	10**	2.8	132
<b>SUROESTE</b>	83	150	15**	1.6	250
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	45	5	5**	6.3	61
<b>NORESTE</b>	20	-	-	0.8	21
<b>SURESTE</b>	95	5	15**	2.2	117
<b>TOTALES</b>	<b>338</b>	<b>184</b>	<b>45**</b>	<b>14</b>	<b>581</b>

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

\*\* 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**

#### **Situación e información de partida**

La unidad hidrogeológica de la Sierra de Neiba en estudio se sitúa al suroeste de la República Dominicana, entre los valles de San Juan y de Neiba, y en el límite con la frontera de Haití, constituyendo una unidad transfronteriza compartida entre ambos países.

El sector oriental de dicha unidad, situado dentro de la República Dominicana (la parte comprendida en el presente estudio), incluye la denominada Sierra de Neiba y la Sierra de Martín García, separada de la Cordillera Central por el Valle de San Juan y de la Sierra de Bahoruco por el Valle de Neiba, alcanza una superficie total de unos 3800 km<sup>2</sup>, que se distribuye en su totalidad por las provincias de Elías Piña, San Juan y Azua en la mitad septentrional, e Independencia, Bahoruco y Barahona (en la mitad meridional) y, dentro de estas, en 13 términos municipales y 5 distritos municipales, que comprenden un total de 62 secciones y 463 paraje.

La población del área de estudio es de 177481 habitantes (según la información del censo de 1993 publicado por la Oficina nacional de Estadística del Gobierno Dominicano), que supone una densidad de población baja (60 hab/km<sup>2</sup>), comparada con la media de todo el país (182 hab/km<sup>2</sup>), debido al relieve abrupto de la mayor parte de la zona. La distribución de los citados habitantes por municipios, secciones y parajes es la siguiente:

Cuadro 10.1.1. Distribución de provincias, municipios, secciones y parajes, dentro del área de estudio y la población por provincias según el censo de la ONE 1993

<b>PROVINCIA</b>	<b>TERMINOS MUNICIPALES</b>	<b>DISTRITOS MUNICIPALES</b>	<b>Nº de SECCIONES</b>	<b>Nº de PARAJES</b>	<b>POBLACIÓN (1993)</b>
Elías Piña	Comendador		3	71	13 446
	El Llano		3	29	5 435
	Hondo Valle		5	59	9 532
		Juan Santiago	5	18	5 130
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>33 543</i>
San Juan	El Cercado		4	91	25 223
	Vallejuelo		3	23	14 091
	San Juan		1	3	1 821
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>41 162</i>
Azua	Padre las Casas		1	6	5 142
		Tabara de Arriba	5	13	14 621

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº de SECCIONES	Nº de PARAJES	POBLACIÓN (1993)
		Las Yayas de Viajama	6	14	11 472
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>31 235</i>
Independencia	La Descubierta		3	25	6 111
	Póster Río		3	26	2 366
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>8 477</i>
Bahoruco	Neiba		2	2	5 696
		Galván	6	32	13 834
	Tamayo		3	11	18 912
		Los Ríos	4	14	6 141
	Villa Jaragua		2	2	571
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>4 5154</i>
Barahona	Vicente Noble		4	27	17 937
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>17 937</i>
<b><i>Total población en la unidad</i></b>					<b><i>177 481</i></b>

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 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 (Valles de San Juan y de Neiba), 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). Asimismo, se ha

dispuesto de un estudio regional, pero de cierto detalle, sobre investigación ambiental con isótopos que contempla el ámbito de esta unidad hidrogeológica (Sierra de Neiba) y la próxima de la Sierra de Bahoruco (*"Investigación Ambiental con isótopos de la Región Sudoeste y el Río Sonador, Yasica"*, en el que se aporta información sobre el funcionamiento hídrico y el grado de karstificación de esta unidad, basada en ensayos isotópicos y en muestreo de manantiales realizados entre los años 1984 y 1985).

### **Demandas de agua para riego**

El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 294.47 hm<sup>3</sup>/año, aunque tan solo 5.48 hm<sup>3</sup>/año (el 1.9% del total demandado para riego) proceden de extracciones de agua subterránea, que se aplican en tres sistemas de riego de las subunidades Centro Oriental y Sureste, como se recoge en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.2. Extracciones de aguas subterráneas para riego

<b>Subunidad</b>	<b>Distrito de riego</b>	<b>Zona de riego</b>	<b>Sistema de riego</b>	<b>Superficie regada (ha)</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>/ha/año)</b>	<b>Total extracciones (hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>Centro oriental</b>	Yaque del Sur	Neiba	Cabeza de Toro	227.49	8,295	1.88
			Granado Guaranate	343.13	8,295	2.84
	<b>TOTAL</b>			<b>570.62</b>	<b>8,295</b>	<b>4.73</b>
<b>Sureste</b>	Valle de Azua	Azua	Estebania/las Charcas	87.60	8,611	0.75
			<b>TOTAL</b>			<b>87.60</b>
<b>TOTAL</b>					<b>8,611</b>	<b>5.48</b>

### **Climatología e Hidrología Superficial**

El estudio climatológico de la unidad hidrogeológica 09 Sierra de Neiba se ha llevado a cabo a partir de una selección de estaciones climatológicas procedentes del INDRHI. Estas estaciones quedan relegadas en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.3. Estaciones climatológicas seleccionadas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	CL	18° 45' 27"	71° 09' 02"	378
4915	VALLEJUELO	CL	18° 39' 27"	71° 20' 22"	660
5301	NEYBA	CL	18° 30' 17"	71° 26' 15"	100
5307	LOS BOLOS	LD	18° 37' 53"	71° 39' 05"	1 100
5313	GUAYABAL-POSTRER	CL	18° 35' 40"	71° 38' 15"	225
5314	LOS GUINEOS	LD	18° 35' 28"	71° 26' 30"	740
5320	LA DESCUBIERTA (MET)	LD	18° 34' 00"	71° 44' 00"	9
5322	MAJAGUAL	LD	18° 34' 09"	71° 18' 59"	740
5401	MATAYAYA	CL	18° 53' 00"	71° 35' 18"	430

(\*) LD: estación pluviométrica; CL: estación climática

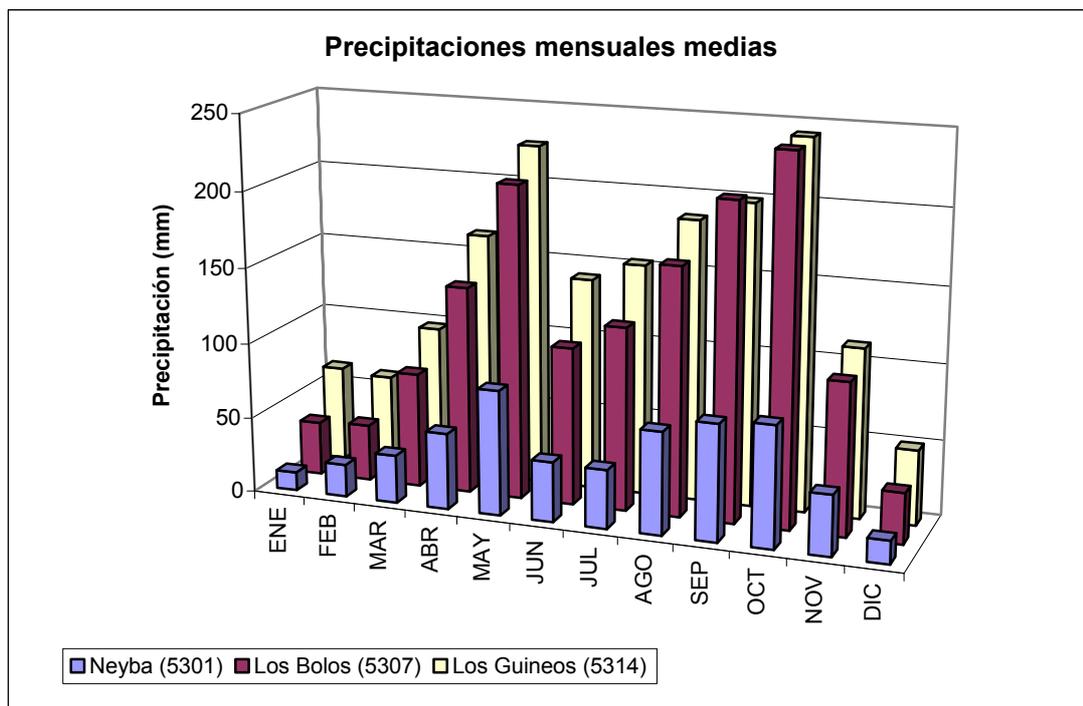
*Análisis de precipitación:*

La serie de años utilizada para el análisis de precipitación es de 34 años, entre 1967 y 2000. Los valores anuales de precipitación, en mm, para los años tipo de cada estación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.4. Valores anuales de precipitación, en mm

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	416.2	683.9	919.3
4915	VALLEJUELO	571.6	849.2	1093.1
5301	NEYBA	387.2	556.9	752.5
5307	LOS BOLOS	839.8	1466.2	2203.1
5313	GUAYABAL-POSTRER	638.3	908.8	1188.7
5314	LOS GUINEOS	1251.0	1692.9	2017.8
5320	LA DESCUBIERTA (MET)	419.8	630.0	861.5
5322	MAJAGUAL	313.0	505.8	711.5
5401	MATAYAYA	850.0	1003.5	1242.3
	MEDIA	631.9	921.9	1221.1

En el siguiente gráfico se representa la distribución mensual de la precipitación, para año medio, de tres de las estaciones, seleccionadas como representativas de las distintas altitudes de la zona:



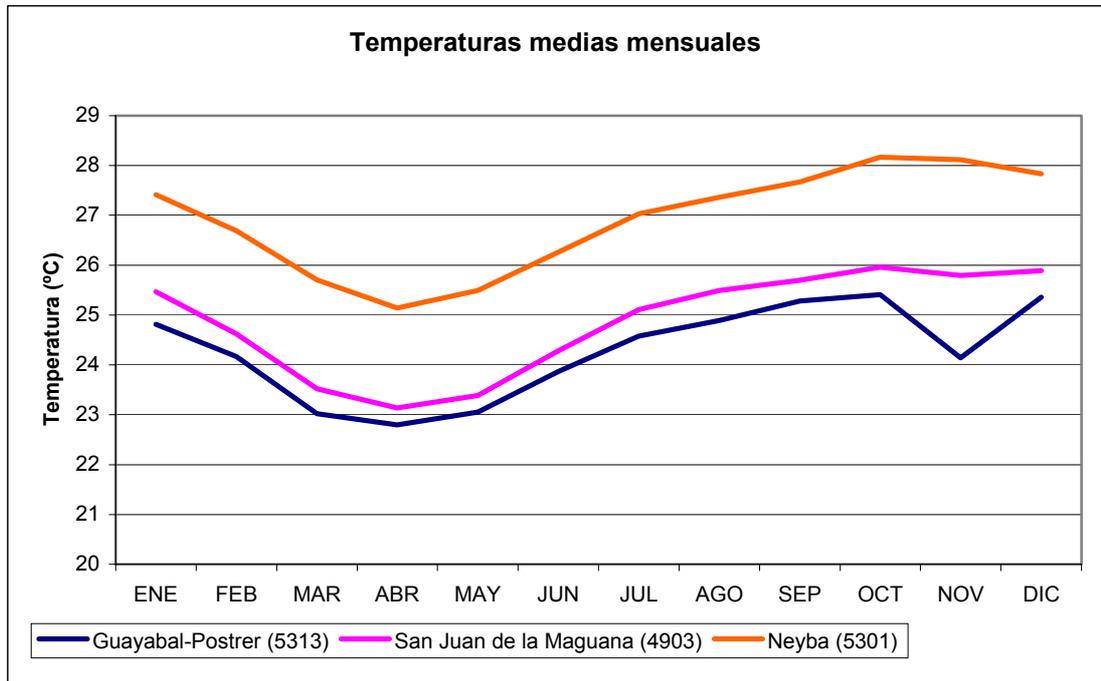
*Análisis de Temperatura:*

La serie de años utilizada para el análisis de temperatura en las tres estaciones seleccionadas es de 20 años, entre 1968 y 1987. Los datos de temperatura media anual quedan reflejados en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.5. Datos de temperatura media anual en las estaciones seleccionadas

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)</b>
4903	SAN JUAN DE LA MAGUANA	24.9
4915	VALLEJUELO	23.6
5301	NEYBA	26.9
5313	GUAYABAL-POSTRER	24.3
5401	MATAYAYA	23.6
	MEDIA	24.7

La distribución mensual de las temperaturas medias para tres de las 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 10.1.6. Valores de lluvia útil, en mm

Subunidades	Año medio	Año húmedo	Año seco
<i>Centro Oriental</i>	30	91	5
<i>Noreste</i>	20	98	6
<i>Noroeste</i>	50	201	6
<i>Sureste</i>	24	140	5
<i>Suroeste</i>	62	284	12
MEDIA DE LA UNIDAD (*)	42	180	7

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

En cuanto a las características hidrológicas, dentro de la unidad se diferencian tres grandes zonas o ejes de descarga superficial, relacionados con los principales sistemas de facturación de la unidad y con drenaje final a tres cuencas hidrográficas distintas:

- El eje de distribución predominante S-N y SE-NO, localizado en el sector noroeste de la unidad, en el cual los cauces fluviales discurren sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y por conglomerados y areniscas del Mioceno. Estos cauces terminan descargando hacia el Norte, fuera ya de la unidad (en el Valle de San Juan), y hacia la margen izquierda el río Macasía, tributario, por su margen izquierda, del río Artibonito. El más significativo de los citados cauces es el río Caña-Vallejuelo, existiendo otros pequeño arroyos de circulación discontinua y estacional, como el Comendador, el Alonzo y el Seco-La Ceiba.
- El eje de distribución predominante NO-SE y secundarios N-S y SO-NO, localizado en el sector centro-oriental de la unidad, en el cual la red hidrográfica discurre, fundamentalmente, sobre depósitos fluviales cuaternarios y conglomerados y areniscas del Mioceno. La descarga se produce, en su mayor parte, hacia los cauces principales de los ríos Yaque del Sur (que atraviesa la unidad por su sector oriental) y San Juan (fuera de los límites de la unidad), siendo el más significativo de los cauces secundarios el río Vallejuelo-Los Baos. También existen otros pequeño arroyos de circulación discontinua, como son el Blanco I y el Blanco II, y la Cañada Naranjal.
- El eje de distribución predominante N-S, localizado en el sector suroeste de la unidad (zonas de La Descubierta-Neiba-Galván), en el cual los cauces fluviales discurren, fundamentalmente, sobre materiales carbonatados del Eoceno-Mioceno y descargan hacia la cuenca endorreica del Lago Enriquillo. Como cauces continuos cabría destacar los ríos Barreras, El Manguito, Colorado-Panzo y Majagual, y como discontinuos o estacionales las cañadas de Los Murciélagos, Penitente, Yerda y el Mión.

La red de aforos diseñada esta compuesta por un total de 13 puntos, de los cuales 9 se sitúan en el borde Sur, por ser, previsiblemente, ésta la zona donde se van a producir las mayores descargas.

Además, se han propuesto dos puntos de control en el río Yaque del Sur, con objeto de realizar un aforo diferencial a la entrada y a la salida del acuífero carbonatado, ya que, posiblemente, este río esté drenando el acuífero en su cota más baja.

El resto de los puntos de aforo se han propuesto en el borde Norte de la unidad, sobre los principales cursos fluviales. Con esta red de aforos se controla aproximadamente el 70-75% de las salidas de la unidad a través de cauces superficiales.

En la siguiente tabla quedan descritas las principales características de los puntos de control propuestos para la red foronómica de esta unidad:

Cuadro 10.1.7. Características principales de los puntos de control propuestos para la red foronómica de la unidad Sierra de Neiba

PUNTO DE AFORO	TIPO DE ACUÍFERO	PERMEABILIDAD ESTIMADA	OBSERVACIONES
BARRERAS-1	CARBONATADO	MEDIA - ALTA	Salida Sur de la Unidad
BOCA CACHON-1	CARBONATADO	MEDIA - ALTA	Aforo en manantial
CAÑO-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Noroeste de la Unidad
GUARANATE-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Sur de la Unidad
LOS BAOS-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Noreste de la Unidad. Controla acuífero carbonatado aunque el punto de aforo está sobre detríticos.
MACASÍA	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Noroeste de la Unidad
MAJAGUAL-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Sur de la Unidad
MANGUITO-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Sur de la Unidad
MARIANA	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Sur de la Unidad
PANZO-1	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Salida Sur de la Unidad
TABARA-1	DETRÍTICO	MEDIA	Salida Sureste de la Unidad
YAQUE DEL SUR-2	CARBONATADO	MEDIA – ALTA	Aforo diferencial antes de la entrada en calizas
YAQUE DEL SUR-3	CARBONATADO	MEDIA - ALTA	Aforo diferencial después de la entrada en calizas

### **Extracciones y Usos**

El volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Neiba en el año 2004, para los distintos tipos de usos, está comprendido entre 14 y 18 hm<sup>3</sup>/año, cuya distribución por tipos de usos se incluye en el siguiente cuadro:

Por tipos de usos, el volumen total de origen subterráneo utilizado para abastecimiento o uso urbano es de 8.32 a 12.48 hm<sup>3</sup>/año, y para agricultura 5.48 hm<sup>3</sup>/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.

Cuadro 10.1.8. Distribución de volúmenes de agua subterránea utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de Sierra de Neiba

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm <sup>3</sup> /año)	Industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Ganadero (hm <sup>3</sup> /año)	Agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	TOTAL (hm <sup>3</sup> /año)
Noreste	2.76 – 4.13	0	0	0	2.76 – 4.13
Centro Oriental	1.63 – 2.45	0	0	4.73	6.36 – 7.18
Noreste	0.78 – 1.17	0	0	0	0.78 – 1.17
Sureste	1.52 – 2.29	0	0	0.75	2.27 – 3.04
Suroeste	1.63 – 2.44	0	0	0	1.63 – 2.44
<b>Total U.H. Sierra de Neiba</b>	<b>8.32 – 12.48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.48</b>	<b>13.80 – 17.96</b>

### Hidrogeología

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 9 : Sierra de Neiba, se emplaza en el suroeste del país y comprende las estribaciones más orientales de esta importante sierra, que se extienden a lo largo de 80 Km, de este a oeste, cubriendo una superficie próxima a los 2500 km<sup>2</sup> (lomas del Valle, Pascuala-Jayaco, Caimoní, Tasajera del Chivito y Monte Bonito), así como las sierras próximas de Peralta y Martín García (situadas en la margen izquierda del río Yaque del Sur), junto con los depósitos cuaternarios comprendidos entre ellas y los conglomerados, areniscas y margas del Mioceno, que, en su totalidad, suponen una superficie adicional de aproximadamente otros 1300 km<sup>2</sup>.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, que alcanzan una superficie total próxima a los 3800 km<sup>2</sup> (de los cuales el 77.5%, unos 2950 km<sup>2</sup>, corresponden a formaciones permeables de diferentes tipos y el resto, unos 860 km<sup>2</sup>, a formaciones de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico), habría que destacar una importante superficie aflorante de materiales carbonatados (unos 1340 km<sup>2</sup>), que presentan un proceso de karstificación avanzado, sobre todo en sus subunidades más meridionales, y que constituye un complejo anticlinorio que se hunde, por el norte y el sur, hacia valles de origen tectónico (Valles de San Juan y de Neiba).

En la superficie de la citada unidad se identifica un solo nivel acuífero carbonatado del Terciario (Ec: calizas del Eoceno-Mioceno), aunque es posible que existan algunos niveles carbonatados más en profundidad y no aflorantes, así como materiales conglomeráticos y areniscosos del Mioceno y del Plioceno-Pleistoceno y diversos tipos de depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas fluviales y depósitos de abanicos, sobre todo) que constituirán importantes acuíferos

detríticos y mixtos con permeabilidad variable entre media y muy alta (según los tipos de materiales) por porosidad intersticial.

Con criterios de funcionamiento hidrogeológico se han diferenciado, dentro de los límites de esta unidad, cinco subzonas y ocho tipos distintos de formaciones permeables o niveles acuíferos y cuatro formaciones de baja permeabilidad, cuyas principales características son las siguientes:

Cuadro 10.1.9. Principales características de las formaciones diferenciadas

<b>FORMACIONES DE PRIMER ORDEN</b>	<b>FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN</b>	<b>TIPO DE MATERIALES PERMEABLES</b>	<b>SUPERFICIE (en Km<sup>2</sup>)</b>
Formaciones con permeabilidad por porosidad intersticial	Formaciones porosas con permeabilidad y productividad elevadas	Qab: depósitos de abanicos del Cuaternario	143
		Qa: depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario	199
		Qal: depósitos de conglomerados, arenas y molasas continentales del Cuaternario-Pleistoceno.	89
	Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad media	Mcg: conglomerados poligénicos, areniscas y margas del Mioceno	329
		Qi: materiales indiferenciados del Cuaternario.	178
	Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad baja	Mm: calcarenitas del Mioceno.	
RVS: tobas volcánicas, rocas clásticas estratificadas y aglomerados de las rocas volcano-sedimentarias			
Formaciones fisuradas con permeabilidad por fisuración-kárstificación	Formaciones fisuradas de gran extensión superficial y alta permeabilidad y productividad	Ec: calizas arrecifales detríticas, muy kárstificadas y de edad Eoceno.	1 332

<b>FORMACIONES DE PRIMER ORDEN</b>	<b>FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN</b>	<b>TIPO DE MATERIALES PERMEABLES</b>	<b>SUPERFICIE (en Km<sup>2</sup>)</b>
	Formaciones fisuradas de extensión superficial limitada (local o discontinua) y permeabilidad y productividad moderada o variable	Qc: depósitos marinos cuaternarios del tipo carbonatado.	7

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. Delimitación de subunidades de funcionamiento hidrogeológico y de las formaciones y niveles acuíferos que se integran en ellas

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
<b>Noroeste</b>	631.0 km <sup>2</sup>	205.8 km <sup>2</sup>	<p>- Norte: en superficie abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) del borde meridional de la unidad del Valle de San Juan. En profundidad probablemente estanco y cerrado, debido al borde fallado y a la aparición de margas miocenas (Mm).</p> <p>- Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) del lado haitiano de la Sierra de Neiba, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Isidro Martín, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Este: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) de la Subunidad Centro Oriental, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Derrumbadero-Batista, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) de la Subunidad Suroeste, con los que existe continuidad geométrica.</p>	<p>- Ec: 313.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 133.5 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 77.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 62.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 4.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 0.003 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 39.7 km<sup>2</sup></p>
<b>Suroeste</b>	840.7 km <sup>2</sup>	88.0 km <sup>2</sup>	<p>- Norte y Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) del borde sur de la subunidad Suroeste y del lado haitiano de la Sierra de Neiba, con los que existe continuidad geométrica.</p>	<p>- Ec: 670.6 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 1.0 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 35.7 km<sup>2</sup></p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>- Este: cerrado y estanco en su mayor parte, donde afloran las margas del Mioceno (Mm). Solamente en su sector meridional (Galván-Rodeo) existirá un límite abierto y en conexión con los depósitos de abanicos cuaternarios (Qab).</p> <p>- Sur: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) y los cuaternarios de diferentes tipos (abanicos, terrazas fluviales y depósitos marinos), aflorantes en el flanco septentrional de la depresión del Valle de Neiba.</p>	<p>- Qa: 39.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 78.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qc: 7.1 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 8.3 km<sup>2</sup></p>
<b>Centro oriental</b>	593.8 km <sup>2</sup>	536.2 km <sup>2</sup>	<p>- Norte: en superficie abierto y en conexión hidráulica con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg) del borde meridional de la unidad del Valle de San Juan. En profundidad probablemente estanco y cerrado, debido al borde fallado y a la aparición de margas miocenas (Mm).</p> <p>- Oeste: abierto y en conexión hidráulica con las calizas arrecifales del Eoceno (Ec) y los conglomerados y areniscas del Mioceno (Mcg) de la Subunidad Noroeste, con los que existe continuidad geométrica. Solamente será cerrado y estanco en el sector de Derrumbadero-Batista, donde afloran las margas del Mioceno (Mm).</p> <p>- Este: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque Grande del Sur (entre la Presa de Sabana Yegua y Hato Nuevo de Cotes).</p> <p>- Sureste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque Grande del Sur (sector del sureste,</p>	<p>- Ec: 143.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 35.05 km<sup>2</sup></p> <p>- Pcg: 91.2 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa: 70.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 32.1 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 48.5 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 53.3 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 119.1 km<sup>2</sup></p>

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			entre Hato Nuevo de Cotes y Vicente). - Suroeste: cerrado y en contacto estanco con los depósitos lacustres cuaternarios (Qlm) de baja permeabilidad.	
<b>Noreste</b>	151.8 km <sup>2</sup>	21.04 km <sup>2</sup>	- Norte: abierto y en conexión hidráulica directa con el vaso del embalse de Sabana Yegua o con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg), y las terrazas fluviales del flanco sur de dicho embalse. -Este: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur (entre la Presa de Sabana Yegua y Hato Nuevo de Cotes). - Oeste: semiabierto y en contacto cabalgante con las areniscas y margas arenosas (Facies Flysch) del Terciario-Cretácico (T-Car) de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Central. - Sur: abierto y en conexión hidráulica con las terrazas fluviales del arroyo Viajama y con los depósitos conglomeráticos, arenosos y carbonatados del Pleistoceno-Plioceno (Pcg).	- T-Car: 0.14 km <sup>2</sup> - Mcg: 39.6 km <sup>2</sup> - Pcg: 76.4 km <sup>2</sup> - Qa: 9.2 km <sup>2</sup> - Qal: 20.04 km <sup>2</sup> - Qcg: 0.01 km <sup>2</sup> - Qi: 6.5 km <sup>2</sup>
<b>Sureste</b>	735.6 km <sup>2</sup>	7.5 km <sup>2</sup>	- Noroeste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur y del arroyo de Viajama, entre Yayas de Viajama y Vicente. - Noreste: semiabierto y en contacto cabalgante con las areniscas y margas arenosas (Facies Flysch) del Terciario-Cretácico (T-Car) de la Unidad Hidrogeológica de la	- Ec: 203.9 km <sup>2</sup> - Mcg: 119.9 km <sup>2</sup> - Pcg: 244.5 km <sup>2</sup> - Qa: 87.0 km <sup>2</sup>

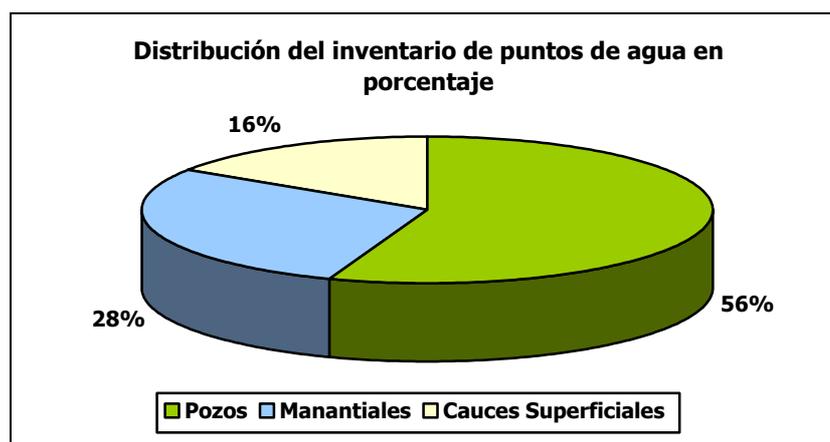
SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
			<p>Cordillera Central.</p> <p>- Suroeste: se trata de un límite complejo, con sectores cerrados y en contacto estanco con los depósitos lacustres cuaternarios (Qlm) o margosos del Mioceno (Mm) de baja permeabilidad, y otros sectores abiertos y en contacto con los depósitos de aluvial del río Yaque del Sur (sector de Vicente) o directamente con el mar (entre Puerto Alejandro y la Punta de Martín García).</p> <p>- Sureste: abierto y en conexión hidráulica con los depósitos de terrazas fluviales (Qa) y de aluvial (Qa) del río Jura y del arroyo Tavora, de la unidad Hidrogeológica de la planicie de Azua.</p>	<p>- Qab: 27.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 19.0 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 27.8 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 4.9 km<sup>2</sup></p> <p>- T-Car: 0.7 km<sup>2</sup></p>
<b>TOTAL</b>	<b>2952.9 km<sup>2</sup></b>	<b>858.6 km<sup>2</sup></b>		<p>- T-Car: 0.9 km<sup>2</sup></p> <p>- Ec: 1.331.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Mcg: 329.03 km<sup>2</sup></p> <p>- PLc 525.6 km<sup>2</sup></p> <p>- Qa 198.62 km<sup>2</sup></p> <p>- Qab: 142.6 km<sup>2</sup></p> <p>- Qal: 88.52 km<sup>2</sup></p> <p>- Qcg: 169.7 km<sup>2</sup></p> <p>- Qi: 178.4 km<sup>2</sup></p> <p>- Qc: 7.1 km<sup>2</sup></p>

En cuanto al inventario de puntos de agua de esta unidad, en total se han inventariado 88 puntos, de los cuales, 72 se encuentran localizados dentro de los límites de la poligonal definida para esta unidad hidrogeológica, estando el resto de los puntos (16) distribuidos fuera de la poligonal de la Sierra de Neiba, aunque en sectores relacionados con el funcionamiento hidrogeológico de la misma. La distribución geográfica de estos 16 puntos corresponden a la unidad hidrogeológica del Valle de Neiba, aunque dada su proximidad a la unidad hidrogeológica de la Sierra de Neiba y su relación con su funcionamiento hidrogeológico, se han considerado como pertenecientes a la misma a la hora de la realización de este estudio.

La distribución de puntos del inventario realizado en esta zona, según su naturaleza y la unidad hidrogeológica a la que pertenecen, queda resumida en el siguiente cuadro:

<b>Unidad Hidrogeológica</b>	<b>Pozos</b>	<b>Manantiales</b>	<b>Cauces Superficiales</b>	<b>Total</b>
Sierra de Neiba	49	9	14	72
Valle de Neiba		16		16
<i>Total</i>	<i>49</i>	<i>25</i>	<i>14</i>	<i>88</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 1:50000 es la siguiente:

Cuadro 10.1.11. Distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50000

<b>Nº Hoja</b>	<b>Nombre Hoja</b>	<b>Manantial</b>	<b>Pozo</b>	<b>Cauce Superficial</b>	<b>Total</b>
5871 I	La Descubierta	17	1	2	20
5871 IV	Boca Cachón	8	8	1	17
5872 II	El Cercado		2	1	3
5971 I	Villarpando		9	2	11
5971 IV	Galván		5	4	9
5972 II	San Juan		7	1	8
5972 III	Derrumbadero		5		5
6071 I	San José de Ocoa		1		1
6071 III	Sabana Yegua			1	1
6071 IV	Yayas de Viajama		11		11

En cuanto a la distribución según usos de los puntos de agua inventariados, esta queda de la siguiente manera:

- 19 Abastecimiento doméstico (17 pozos y 2 manantiales)
- 1 Abastecimiento y agricultura (1 pozo)
- 1 Abastecimiento y ganadería (1 pozo)
- 19 Agricultura (13 pozos y 6 manantiales)
- 11 Turismo (11 manantiales)
- 1 Ganadería (1 pozo)
- 1 No se utiliza (1 pozo)
- 35 Desconocido (15 pozos, 6 manantiales y 14 cauces superficiales)

La piezometría de la unidad está controlada por 19 puntos de control piezométrico. En el siguiente cuadro se indican los niveles piezométricos máximos, mínimos y medios agrupados por subsectores, calculados a partir de la lectura de todos los niveles medidos en las sucesivas campañas de piezometría.

Cuadro 10.1.12. Niveles piezométricos agrupados por subsectores

Subsector	Nivel piezométrico (ms.n.m)		
	Máximo	Mínimo	Medio
Aluvial de Los Baos	530,69	425,88	466,19
Carrizal-Viajama	335,64	98,69	194,91
Aluviales Manguito-Panzo	297,67	199,24	260,13
La Descubierta	6,06	0,25	2,90
Tierra Nueva	37,02	-59,84	14,46

En general, la tendencia de los niveles piezométricos es similar para los cinco subsectores, apreciándose dos periodos de recuperación de niveles, con máximos durante los meses de noviembre-diciembre y marzo.

### **Hidroquímica**

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 09. Sierra de Neiba se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas en enero de 2004 (primera campaña) y en mayo de 2004 (segunda campaña), en 25 puntos de agua, que corresponden a pozos y a descargas a través de manantiales.

Las aguas analizadas presentan una mineralización que varía desde baja a elevada con conductividades que oscilan entre 336 y 3740 microS/cm (primera campaña) y entre 280 y 3340 microS/cm (segunda campaña), y valores de nitratos que oscilan entre 1 y 37 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  (primera campaña) y entre 0 y 32 mg/l (segunda campaña).

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 y una muestra de carácter mixto clorurada-bicarbonatada.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición cálcica o sódica, si bien se observan varias muestras de carácter mixto cálcico-sódico.

Las muestras de agua de menor salinidad y composición bicarbonatadas cálcicas se registran en La Descubierta y corresponden a descargas de niveles carbonatados, en el contacto con materiales de menor permeabilidad.

Las aguas de mayor salinidad y facies cloruradas sódicas se registran en manantiales muestreados en el borde norte del Lago Enriquillo. Su composición refleja la influencia de los depósitos de evaporitas existentes en la cuenca lacustre formada alrededor del lago. Las oscilaciones del nivel del lago provocan la salinización de los suelos existentes en sus inmediaciones, por invasión del terreno con aguas hipersalinas (el agua del lago registra un contenido salino del orden de 40 g/l), o por evaporación intensa que se produce en los suelos, una vez que desciende el nivel del lago, dando lugar a la formación de costras de naturaleza evaporítica. Las surgencias muestreadas en el contacto entre los niveles *Ec* (calizas, margas y calcarenitas) y los depósitos cuaternarios de la cuenca lacustre presentan un aumento de salinidad por disolución de evaporitas.

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 Sierra de Neiba indican que en algunas muestras de aguas subterráneas se superan los límites establecidos en distintos parámetros (sodio, cloruros, amonio y 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 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 de la U.H. de la Sierra de Neiba se produce, fundamentalmente, por infiltración directa del agua de la lluvia precipitada sobre los afloramientos permeables, retornos de riego e infiltración desde canales, infiltración desde cauces superficiales y entradas laterales procedentes de zonas o unidades hidrogeológicas colindantes..

La distribución de las recargas totales para un año medio, estimadas por las distintas subzonas definidas, es la siguiente:

Cuadro 10.1.13. Distribución de las recargas totales para un año medio, por subzonas

SUBZONA	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA Y DESDE CAUCES SUPERFICIALES (en hm <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR RETORNO DE RIEGO(en hm <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL DE RECARGA ANUAL (en hm <sup>3</sup> )
<b>NOROESTE</b>	51	631.0	32	5-7	37-39
<b>SUROESTE</b>	62	840.7	52	11-15	63-67
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	30	593.8	18	7-10	25-28
<b>NORESTE</b>	20	151.8	3	6-9	9-12
<b>SURESTE</b>	25	735.6	18	14-19	32-37
<b>TOTALES</b>	42	<b>2 952.9</b>	<b>123</b>	<b>43-60</b>	<b>166-183</b>

\* Nota: Las recargas por entradas laterales procedentes de zonas o unidades hidrogeológicas colindantes se consideran no cuantificables a efectos del balance, debido a su escasa entidad.

Estas recargas anuales pueden llegar a dividirse por dos (unos 80 hm<sup>3</sup>) en años secos y a multiplicarse por tres (unos 580 hm<sup>3</sup>) en años húmedos

Por su parte las descargas de la unidad se producen, básicamente, por tres vías preferenciales: drenajes por cauces superficiales, manantiales y emergencias de distintos tipos, en sus distintas versiones de surgentes por encima del nivel de los cauces epigeos, surgentes a nivel de los cauces epigeos y de surgentes bajo los talwegs de los citados cauces epigeos, y, finalmente, extracciones por bombeos y descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas.

De acuerdo con dichos datos, las descargas más importantes (del orden de 88 hm<sup>3</sup>/año medio) se producen por descargas a través de cauces superficiales (ríos Yaque del Sur y Caño, fundamentalmente), seguidas de las manantiales y surgencias (unos 71 hm<sup>3</sup>/año) que se concentran en las subunidades Suroeste, Noreste, Centro Oriental y Sureste. Por último, las descargas por extracciones (entre 14 y 18 hm<sup>3</sup>/año, según tipos de años) suponen algo menos del 10% de las descargas totales.

La distribución de los diferentes tipos de descargas por las subzonas de funcionamiento hidrogeológico son las siguientes (para un año medio):

Cuadro 10.1.14. Distribución de los tipos de descargas por subzonas de funcionamiento hidrogeológico

SUBZONA	DRENAJES POR CAUCES SUPERFICIALES (en hm <sup>3</sup> /año)	DESCARGAS POR MANANTIALES (en hm <sup>3</sup> /año)	EXTRACCIONES POR BOMBEO	DESCARGAS TOTALES (en hm <sup>3</sup> /año)
<b>NOROESTE</b>	24.5	10	2.8-4.1	<b>37.3-38.6</b>
<b>SUROESTE</b>	18	45	1.6-2.5	<b>64.6-65.5</b>
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	11.5	8	6.3-7.2-	<b>25.8-26.7</b>
<b>NORESTE</b>	9.5	0	0.8-1.2	<b>10.3-10.7</b>
<b>SURESTE</b>	24	8	2.2-3.0	<b>34.2-35</b>
<b>TOTALES</b>	<b>87.5</b>	<b>71</b>	<b>13.7-18.0</b>	<b>172.2-176.5</b>

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

Entradas:

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

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP)	INFILTRACIÓN CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS LATERALES (QAC)	ENTRADAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	32		6-	-	38
<b>SUROESTE</b>	52		13-	-	65
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	18		8.5-	-	26.5
<b>NORESTE</b>	3		7.5-	-	10.5
<b>SURESTE</b>	18		16.5	-	34.5
<b>TOTALES</b>	<b>123</b>		<b>51.5</b>	<b>0</b>	<b>174.5</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/año

Salidas:

Cuadro 10.1.16. Balance de aguas subterráneas para años hidrológicamente medios (salidas)

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR)	MANANTIALES Y CONEXIONES LATERALES (QM+QS)	EXTRACCIONES POR BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
<b>NOROESTE</b>	24.5	10	3.5	38
<b>SUROESTE</b>	18	4568	2	65
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	11.5-	8	7	26.5
<b>NORESTE</b>	9.5	0	1	10.5
<b>SURESTE</b>	24-	8	2.5	34.5
<b>TOTALES</b>	<b>87.5</b>	<b>71</b>	<b>16</b>	<b>174.5</b>

\*Todos los datos son en hm<sup>3</sup>/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...).

### **Construcción de sondeos de investigación y piezométricos**

La inexistencia actual de información piezométrica suficiente y referente al principal acuífero de la unidad (las calizas arrecifales del Eoceno-Mioceno: Ec) recomienda la construcción de una serie de sondeos de investigación y piezométricos en los principales afloramientos de dichas formaciones, con objeto de conocer, con cierto detalle, la columna litológica de los materiales atravesados y su nivel piezométrico (techo de la zona saturada del acuífero).

Con este objetivo, se recomienda la construcción de un mínimo de seis sondeos de investigación y piezométricos, distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 10.2.1. Piezómetros propuestos

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	SONDEO PIEZOMÉTRICO	UBICACIÓN ( Coord. UTM)			CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
		x	y	z	
<b>NOROESTE</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	214890	2079945	1110	Profundidad: 200 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
<b>SUROESTE</b>	<b>P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> y P<sub>4</sub></b>	207560 221327 244910	2058970 2058248 2049470	550 250 225	Profundidad: 200 m, 150 y 100 m, respectivamente. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	<b>P<sub>5</sub></b>	244240	2066800	940	Profundidad: 200 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
<b>NORESTE</b>	-				

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	SONDEO PIEZOMÉTRICO	UBICACIÓN ( Coord. UTM)			CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
		x	y	z	
<b>SURESTE</b>	<b>P<sub>6</sub></b>	297050	2031550	310	Profundidad: 125 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
<b>TOTALES</b>	<b>6</b>				

En todos los piezómetros propuestos se recomienda lo siguiente:

- Perforar a rotoperusión 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 Sierra de Neiba 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 1000 habitantes dentro del área de la unidad de la Sierra de Neiba donde se recomienda realizar sondeos de abastecimiento, son los siguientes:

Cuadro 10.2.2. Núcleos urbanos con más de 1000 habitantes en los que se recomiendan sondeos de abastecimiento

PROVINCIA	MUNICIPIOS	SECCIONES	PARAJES	POBLACIÓN TOTAL
Elías Peña	Hondo Valle	Hondo Valle	1	3271
	Juan Santiago D.M.	Juan Santiago D.M.	1	1541
San Juan	El Cercado	El Cercado	1	4791
	Vallejuelo	Vallejuelo	1	6010
Azua	Las Yayas de Viajama D.M.	Viajama	4	5600
		Tabarra Arriba	1	3514
		La Guanábana	3	3628
	Tabarra Arriba D.M.	Amiama Gómez	2	2562

PROVINCIA	MUNICIPIOS	SECCIONES	PARAJES	POBLACIÓN TOTAL
Independencia	La Descubierta	La Descubierta	4	4086
Bahoruco	Neiba	Los Guineos	1	3562
		Apolinar Perdomo	1	2134
	Galván D.M.	Galván	4	5077
	Tamayo	Tamayo	6	10890
		Cabeza de Toro	3	6529
	Los Ríos D.M.	Los Ríos	1	3801
		Clavellinas	1	1607
Barahona	Vicente Noble	Vicente Noble	8	9896

### **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 solo 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 10.2.3. Red de control piezométrico propuesta

Subunidad	Subsector	CodPunto	Observaciones
Centro Oriental	Aluvial de Los Baos	5971110001	Eliminar
		5971110005	
		5972240001	Eliminar
		5972240002	Eliminar
		5972240005	
		P <sub>5</sub>	Añadir
Sureste	Carrizal-Viajama	6071410001	
		6071410002	Eliminar
		6071450002	Eliminar
		6071450005	
		P <sub>6</sub>	Añadir
Suroeste	Aluviales Manguito-Panzo	5971440002	
		5971440003	
		5971440004	Eliminar
	La Descubierta	5871140003	
		5871410003	
	Tierra Nueva	5871420001	Eliminar
		5871420002	Eliminar
		5871420003	
			P <sub>2</sub>
		P <sub>3</sub>	Añadir
		P <sub>4</sub>	Añadir
Noroeste		P <sub>1</sub>	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 10.2.4. Puntos a incorporar a la red foronómica actual

SUBUNIDADES	NUEVO PUNTO DE AFORO PROPUESTO	UBICACIÓN
NOROESTE	Río Comendador 1	En Elías Piña
	Río Los Caños 1	En Los Guineos
	Río Los Caños 2	En Las Masas

SUBUNIDADES	NUEVO PUNTO DE AFORO PROPUESTO	UBICACIÓN
	Río Vallejuelo	En El Cercado
<b>SUROESTE</b>	Manantial Los Borbollones	En Los Borbollones
	Manantial de La Descubierta	En La Descubierta
	Río Guayabal 1	En Postrer Río
<b>CENTRO ORIENTAL</b>	Río Baos 1	En Sabana Grande
<b>NORESTE</b>	Arroyo Viajama 1	En desembocadura al Río Yaque del Sur
<b>SURESTE</b>	Arroyo Tavera	En Tavera Abajo

### 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 10.2.5. Red de control hidroquímico propuesta

Subunidades	Punto existente Código (Nº lab. 1ª campaña)	Punto propuesto	Paraje	Observaciones
<b>Noroeste</b>	5872240001 (217)	5872240001	El Barrero	
	5872240002 (218)	5872240002	El Barrero	
		1 punto	El Cercado	Provincia San Juan
		1 punto	Juan Santiago	Provincia San Juan
<b>Suroeste</b>	5871410002 (233)	5871410002	Tierra Nueva	
	5871410005 (235)		Las Lajas	Eliminar
	5871460001 (232)		Boca Cachón	Eliminar
	5871460003 (231)	5871460003	Boca Cachón	
	5871140007 (253)		-	Eliminar
	5871140004 (251)	5871140004	-	
	5871140008 (252)		-	Eliminar
	587112001 (249)	587112001	Guayabal P. Río	
	5871140002 (250)	5871140002	-	
5871160001 (248)	5871160001	Las Clavellinas		

<b>Subunidades</b>	<b>Punto existente Código (Nº lab. 1ª campaña)</b>	<b>Punto propuesto</b>	<b>Paraje</b>	<b>Observaciones</b>
	5971440003 (247)	5971440003	Pie de la Loma	
	5971440001 (254)	5971440001	El Manguito Plaza Cacique	
		1 punto	Galvan	Provincia Bahoruco
<b>Centro Oriental</b>	5971110001 (212)	5971110001	El Capa	
	5972240006 (214)		El Copy	Eliminar
	5972240004 (215)		El Copy	Eliminar
	5972240003 (216)	5972240003	El Carril	
	5972350003 (219)		Pil Cano	Eliminar
	5972350004 (220)	5972350004	Pil Cana	
	5972350001 (221)	5972350001	Pedro Sánchez	
	5971110007 (246)	5971110007	Cabeza de Toro	
		1 punto	Tamayo	Provincia Bahoruco
		1 punto	Vicente Noble	Provincia Barahona
<b>Noreste</b>		1 punto	Villarpando	Provincia Azúa
<b>Sureste</b>	6071410002 (222)	6071410002	-	
	6071410004 (223)	6071410004	-	
	6071420001 (224)		Aniana Gómez	Eliminar
		1 punto	Tabara Arriba	
		1 punto	La Guanábana	
Total puntos		25		

### **Instalación de nuevas estaciones climatológicas**

Se recomienda la instalación de una nueva estación Climatológica similar a las instaladas en la Fase II del Estudio Hidrogeológico de la República Dominicana en la subunidad del Sureste y, de ser posible, sobre el afloramiento de calizas arrecifales del Eoceno (Ec) de la Sierra de Martín García, o sobre los depósitos de conglomerados del Mioceno (Mcg) que afloran en su borde septentrional.

**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, 10.2.6) y municipios y secciones municipales (para usos humanos, 10.2.7):

Cuadro 10.2.6. Sistemas de riego para realizar estudios detallados de usos del agua

<b>Subunidad</b>	<b>Distritos de Riego</b>	<b>Zonas de Riego</b>	<b>Sistemas de Riego</b>	<b>Superficie irrigada (ha)</b>
<b>Noroeste</b>	Valle de San Juan	Las Matas de	El Llano	2522.03
<b>Centro Oriental</b>	Valle de San Juan	San Juan	Vallejuelo I	460.11
	Valle de Azua	Azua	Periquito	227.01
	Yaque del Sur	Barahona	San Ramón (bomba)	1184.28
	Lago Enriquillo	Neiba	Cabeza de Toro	227.49
Granado-Guaranate			343.13	
<b>Noreste</b>	Valle de San Juan	San Juan	Los Bancos	51.13
	Valle de Azua	Azua	Batida	1368.64
			Padre las Casa II	3112.99
<b>Sureste</b>	Valle de Azua	Azua	Biafara	3636.50
			Estebania/las Charcas	87.60
	Yaque del Sur	Barahona	Fondo Negro	355.32
<b>Suroeste</b>	Lago Enriquillo	Neiba	Plaza Cacique	1299.99
		Duvergé *	Cristóbal 3	41.86
		Jimaní *	Las Barías	87.96

Cuadro 10.2.7. Municipios y secciones para realizar estudios detallados de usos del agua

<b>SUBUNIDAD NOROESTE</b>	<b>Provincia Elias Piña</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	Comendador	Guayabo	31	7 631
	El Llano	El Llano	14	2 649
	Hondo Valle	Hondo valle	1	4 203
	Juan Santiago D.M.	Juan Santiago D.M.	1	1 980
	<b>Provincia San Juan</b>			<b>Población (2004)</b>
<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>		
El Cercado	El Cercado	1	6 156	
<b>SUBUNIDAD CENTRO ORIENTAL</b>	<b>Provincia San Juan</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	San Juan	Pueblo Nuevo	3	2 340
	Vallejuelo	Vallejuelo	1	7 722
	<b>Provincia Bahoruco</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
Tamayo	Tamayo	6	13993	
<b>SUBUNIDAD NORESTE</b>	<b>Provincia Azua</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	Pedro las Casa	Villarpando	6	6 607
	Las Yayas de Viajama	Viajama	1	1 678
<b>SUBUNIDAD SURESTE</b>	<b>Provincia Azua</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	Tabara Arriba D.M.	Tabara Arriba	1	4 515
	<b>Provincia Barahona</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
Vicente Noble	Vicente Noble	8	12 715	
<b>SUBUNIDAD SUROESTE</b>	<b>Provincia Independencia</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	La Descubierta	La Descubierta	4	5 250
	Póster Río	Guayubal	7	1 609
	<b>Provincia Bahoruco</b>			<b>Población (2004)</b>
	<b>Municipios</b>	<b>Secciones</b>	<b>Parajes</b>	
	Neiba	Los Guineos	1	4 577
	Galvan D.M.	Galvan	4	6 523
Los Ríos D.M.	Los Ríos	1	4 884	
Villa Jaragua	Pie de Loma	1	531	

Asimismo, y de acuerdo con la información disponible, se recomienda como posibles zonas para establecer nuevos regadíos los indicados en el cuadro 10.2.8, cuya distribución espacial se observa en la Plano 10.1:

Cuadro 10.2.8. Zonas para establecer nuevos regadíos

<b>Subunidad hidrogeológica</b>	<b>Posibles zonas de nuevos regadíos</b>		<b>Superficie (ha)</b>
Noroeste	1	Ampliación del sistema de riego El Cercado/Pinar, desde Monte Mayor hasta la Loma del Medio, a ambas márgenes del río Vallejuelo	2670.87
	2	Ampliación del sistema de riego el Barrero, desde Junquito hasta Rancho de la Guardia, en la margen derecha del río los Guineos	375.26
	3	Nuevo sistema de riego desde Juan Santiago hasta el Pinar Grande	1259.74
	4	Nuevo sistema de riego desde los Fondos hasta la Barranca	822.98
Centro Oriental	1	Ampliación del sistema de riego Vallejuelo, desde Cañada del Café hasta Vallejuelo y desde éste hasta Rancho Copey, a ambas márgenes del río los Baos	2211.35
	2	Nuevo sistema de riego desde Cañada de Palma hasta Rancho Copey, a ambas márgenes de la Cañada de la Palma y la Basura	775.91
	3	Nuevo sistema de riego desde Caobita hasta el Caney, a ambas márgenes de la Cañada de la Caobita	512.85
	4	Nuevo sistema de riego desde Bastida a Magueyal	620.06
	5	Nuevo sistema de riego en la zona de Higuanal	711.76
	6	Nuevo sistema de riego desde San Rafael hasta el Manguito	2057.59
Sureste	1	Nuevo sistema de riego en la zona de San Antonio	2323.79
	2	Nuevo sistema de riego en la zona de la Palma	1693.36
Suroeste	1	Nuevo sistema de riego en la zona de Guayabal, a ambas márgenes del río Guayabal	959.57
	2	Nuevo sistema de riego en la zona de la Descubierta en las Cañadas de Yerba Buena y Bruño	494.15
	3	Nuevo sistema de riego en la zona de los Pinos	440.98

<b>Subunidad hidrogeológica</b>	<b>Posibles zonas de nuevos regadíos</b>		<b>Superficie (ha)</b>
	4	Nuevo sistema de riego desde Las Lajas hasta Boca Chacón pasando por Tierra nueva y Mulato	1717.26

### **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.

### **Redefinición de los límites de la unidad**

De acuerdo con lo indicado en el apartado 6.2: Definición Geométrica de la Unidad y en los siguientes apartados de Funcionamiento Hidrogeológico, se recomienda modificar los actuales límites de esta unidad, finalizándolos en su sector oriental en el río Yaque del Sur, que actúa como barrera hidrogeológica. Las dos subunidades emplazadas al oeste de dicho río (Noreste y Sureste) deberían constituir una nueva unidad hidrogeológica independiente de la actual de la Sierra de Neiba, al no presentar ninguna relación hídrica con ésta.

# 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 HIDROGEOLÓGICA

### 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 PLOCIENO. Margas facies litoral, yesos, sales de roca, molasas masivas, facies evaporitas.                     |
|  | RVm ROCAS VOLCANICAS MASIVAS. Riolitas, riocaditas, 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. |

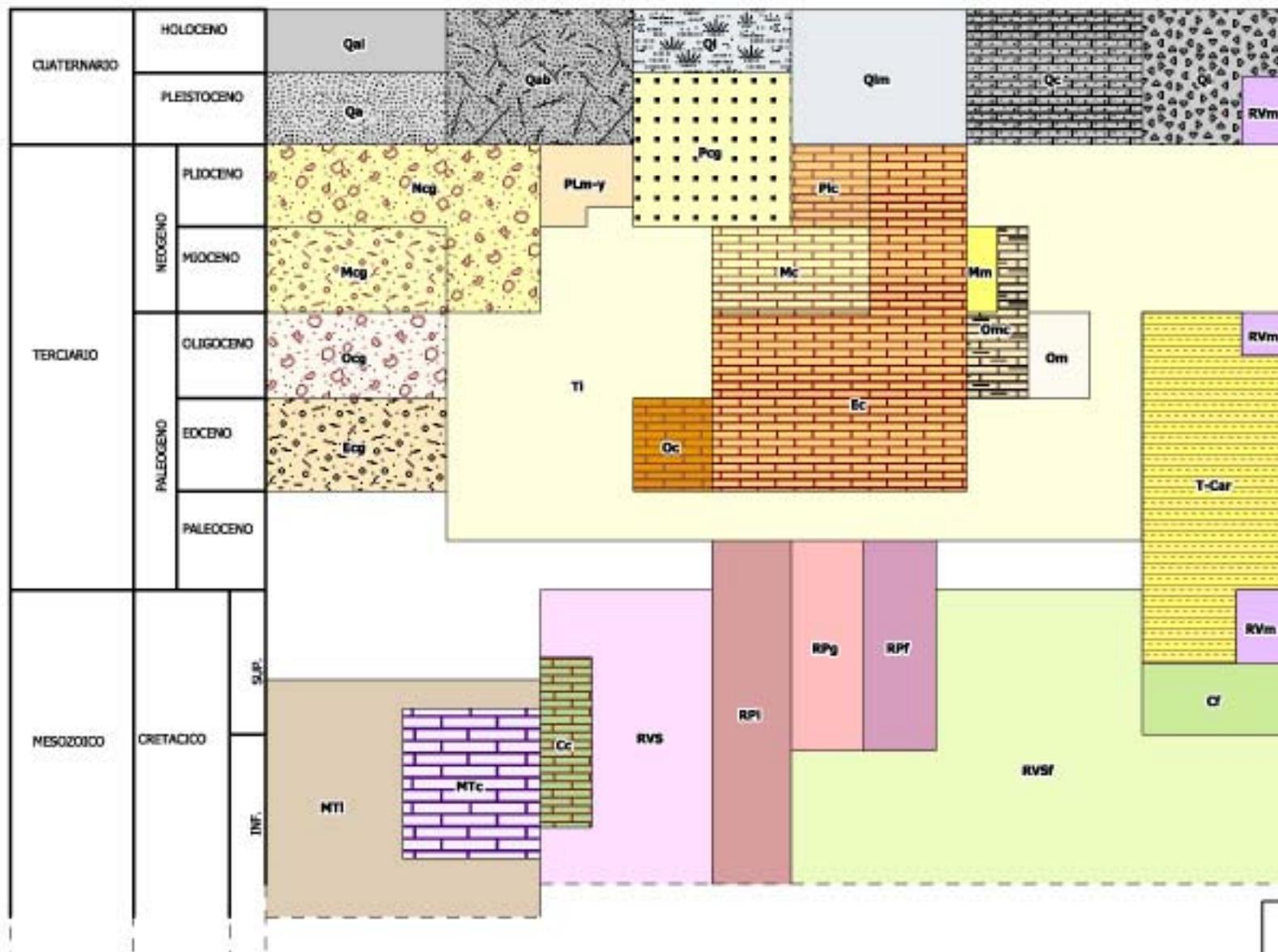
## LEYENDA HIDROGEOLÓGICA

REPÚBLICA DOMINICANA



PROGRAMA SYSMIN

OCTUBRE - 2004



LEYENDA CRONOESTRATIGRÁFICA

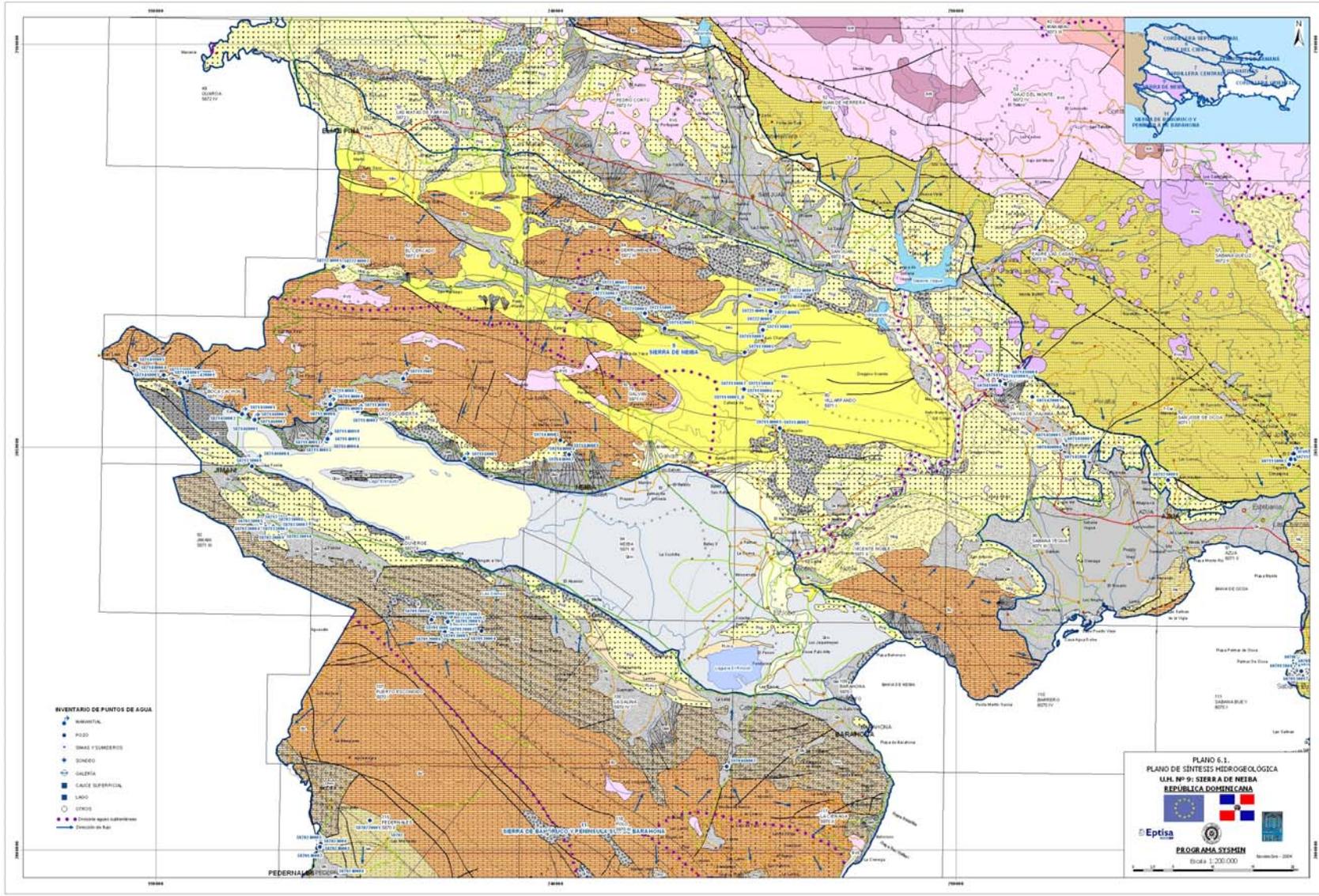
REPÚBLICA DOMINICANA



Eptisa



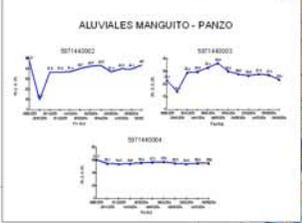
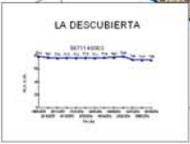
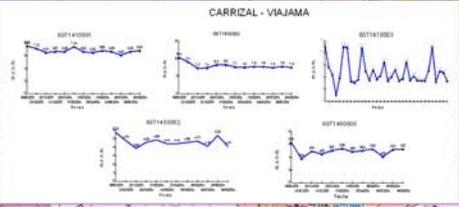
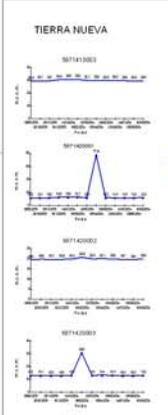
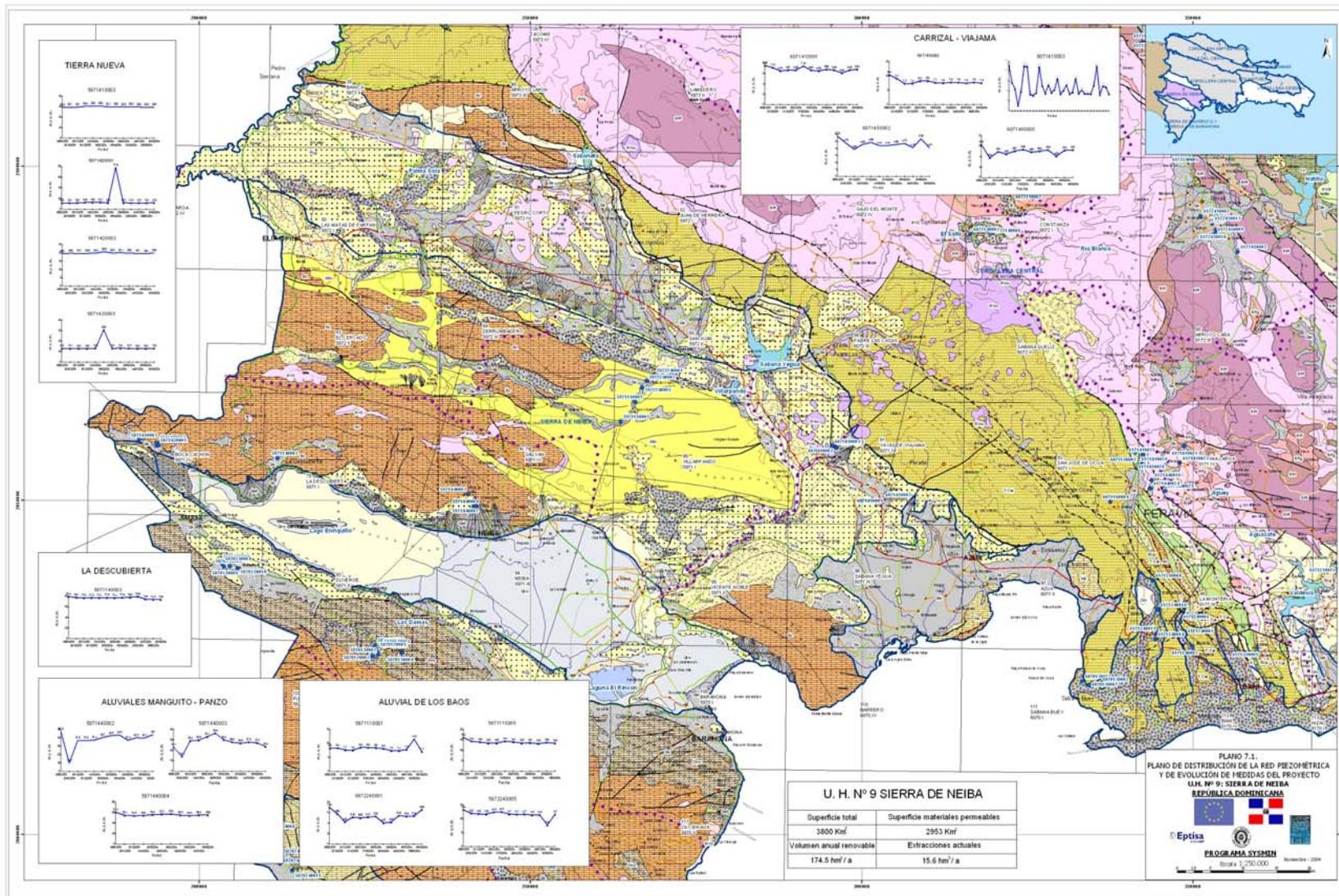
PROGRAMA SYSMIN Noviembre 2004



- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**
- MANANTIAL
  - POZO
  - BOMBEO SUBSUELO
  - SONDEO
  - GALERIA
  - CAJITE SUPERFICIAL
  - LAGO
  - OTROS
  - Direccion aguas subterráneas
  - Direccion de Agua

PLANO 6.1.  
 PLANO DE SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA  
 LHA N° 9: SIERRA DE NEBRA  
 REPÚBLICA DOMINICANA

**PROGRAMA SYSMIN**  
 Escala 1:200.000  
 Noviembre 2004



**U. H. Nº 9 SIERRA DE NEIBA**

Superficie total	Superficie materiales permeables
3800 Km <sup>2</sup>	2953 Km <sup>2</sup>
Volumen anual renovable	Extracciones actuales
174.5 hm <sup>3</sup> / a	15.6 hm <sup>3</sup> / a

PLANO 7.1.  
 PLANO DE DISTRIBUCION DE LA RED PIEZOMETRICA  
 Y DE EVOLUCION DE MEDIDAS DEL PROYECTO  
 U.H. Nº 9: SIERRA DE NEIBA  
**REPUBLICA DOMINICANA**

Eptisa

PROGRAMA SYSMIN

Escala 1:250,000

