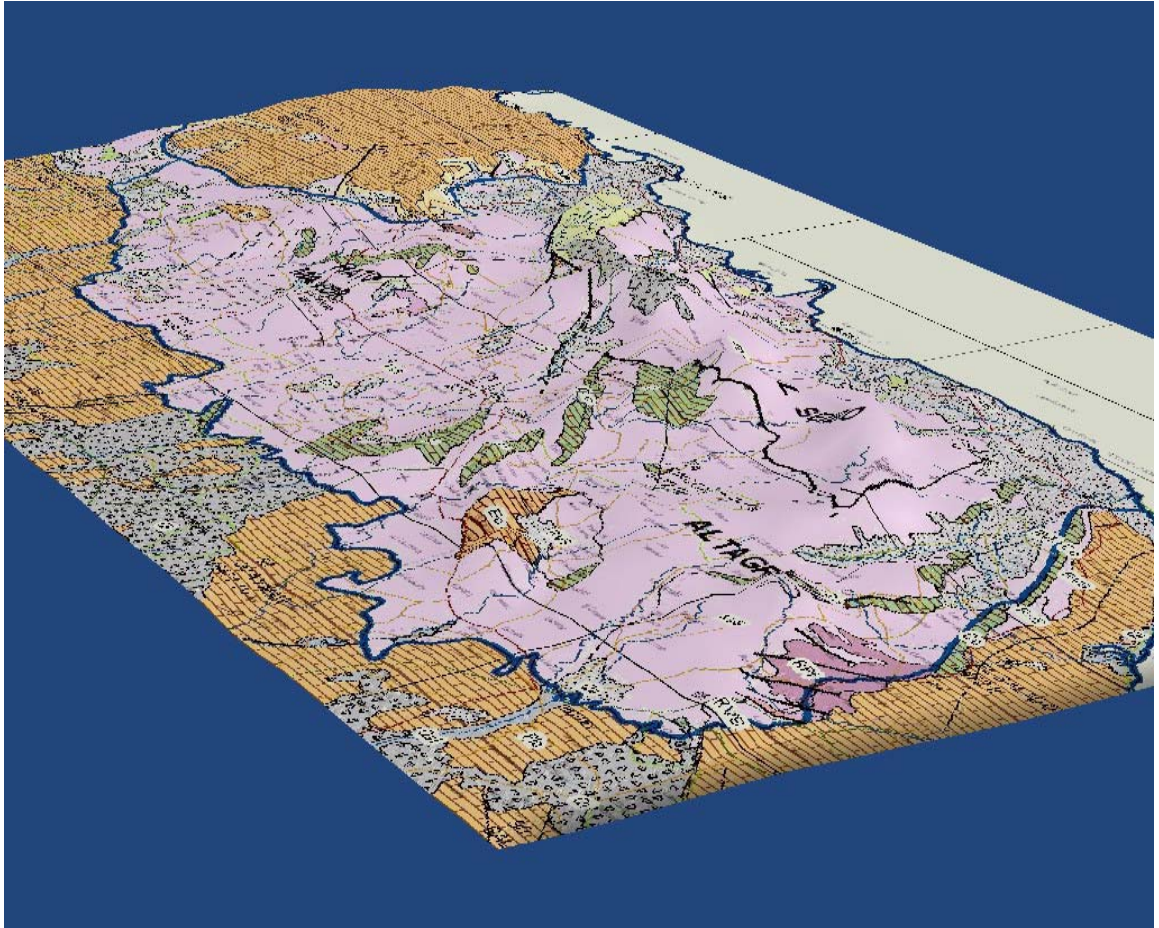


INFORME DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL



PROGRAMA SYSMIN



NOVIEMBRE 2004

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E INFORMACIÓN DE PARTIDA	1
2.	MARCO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO	4
2.1.	SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
2.2.	CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS	9
2.3.	ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DEMOGRÁFICA	11
3.	ESTUDIO AGRONÓMICO	18
3.1.	INTRODUCCIÓN	18
3.2.	DISTRITOS DE RIEGO	18
3.3.	USO AGRÍCOLA ACTUAL	19
3.4.	DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO	22
4.	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	28
4.1.	CLIMATOLOGÍA	28
4.1.1.	Información de partida.....	28
4.1.2.	Aplicación informática	31
4.1.3.	Análisis de la precipitación	31
4.1.4.	Análisis de la temperatura	34
4.1.5.	Evapotranspiración y lluvia útil	35
4.2.	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	41
4.2.1.	Red Hidrográfica e Infraestructura Hidráulica	41
4.2.2.	Análisis de datos de aforos históricos	43
4.2.3.	Red foronómica del estudio: Resultados de las campañas realizadas.....	47
4.2.4.	Relación entre los aforos históricos y los actuales.....	60
4.2.5.	Cálculo de los aportes subterráneos.....	64
5.	ESTUDIO DE EXTRACCIONES Y USOS.....	69
5.1.	INTRODUCCIÓN	69
5.2.	INFORMACIÓN DE PARTIDA	72
5.3.	ESTIMACIÓN DE EXTRACCIONES.....	72
5.3.1.	Usos Urbanos	72
5.3.2.	Usos agrícolas	73
6.	SÍNTESIS GEOLÓGICA	74
6.1.	INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	74

6.2.	ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.....	74
6.3.	ESTRUCTURA TECTÓNICA	75
6.4.	RELACIÓN ENTRE LA DISPOSICIÓN LITOLOGICO- ESTRUCTURAL Y SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.	76
7.	HIDROGEOLOGÍA.....	80
7.1.	MARCO HIDROGEOLÓGICO	80
7.2.	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA UNIDAD: SUBUNIDADES Y FORMACIONES ACUÍFERAS.....	80
7.3.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	90
7.3.1.	Análisis de datos previos existentes.....	90
7.3.2.	Inventario de puntos de agua de la Unidad.....	90
7.4.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS	106
7.5.	PIEZOMETRÍA E HIDROMETRÍA: CORRELACIONES PRECIPITACIONES-HIDROMETRÍA.....	106
7.6.	RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS.....	116
7.7.	RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES	119
8.	CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA	120
8.1.	DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	120
8.2.	CAMPAÑAS DE MUESTREO HIDROQUÍMICO Y REALIZACIÓN DE ANÁLISIS <i>IN SITU</i>	123
8.2.1.	Primera campaña.....	123
8.2.2.	Segunda campaña.....	125
8.3.	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	127
8.3.1.	Determinaciones analíticas.....	127
8.3.2.	Laboratorios y Métodos de análisis	127
8.3.3.	Control de calidad analítica: error analítico	127
8.3.4.	Resultados analíticos de laboratorio	129
8.4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	130
8.4.1.	Caracterización hidroquímica general	130
8.5.	APTITUD DE LAS AGUAS PARA DISTINTOS USOS.....	142
8.5.1.	Abastecimiento	142
8.5.2.	Regadío	148
8.5.3.	Distribución espacial de la calidad del agua subterránea.....	150

9.	FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO.....	152
9.1.	RECARGA	152
9.2.	DESCARGA	158
9.3.	ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO	161
10.	RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
10.1.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	165
10.2.	RECOMENDACIONES	184

PLANOS

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E INFORMACIÓN DE PARTIDA

Como primera actividad se ha procedido a analizar y sintetizar toda la información bibliográfica recopilada en la fase inicial del estudio, en la que pudiera existir alguna referencia sobre la unidad de la Cordillera Oriental, 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), así como a síntesis cartográficas geológica e hidrogeológica (a escala 1:250.000), planos topográficos (a escalas 1:500.000, 1:250.000 y 50.000), climatología (distribución de pluviometría y temperatura a escalas 1:500.000), vegetación, uso de la tierra y capacidad productiva (a escalas 1:500.000).

Por último, en el presente estudio se ha recopilado y analizado también determinada información original y sin elaborar, como han sido los casos de los datos en bruto aportados por las estaciones climáticas y foronómicas del INDRHI (en concreto de las Estaciones nº2401: Salvaleón del Higüey; nº 2603: Naranjo de China; nº 3001: El Seibo).

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

Cuadro 1.1. Estudios de carácter nacional o regional consultados

TÍTULO	ORGANISMO / AUTOR	AÑO DE REALIZACIÓN
Intensidades Máximas y Erosividad de Lluvias en la República Dominicana	SEA/IICA/INDRHI	1982
Plan Nacional de Investigación, aprovechamiento y Control de Aguas Subterráneas (PLANIACAS)	Tahal Consulting Engineers Ltd/INDRHI	1983
Información sobre el Inventario de las Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas a Nivel Nacional	INDRHI/GTZ	1988
Anuario Hidrológico	INDRHI (Departamento de Hidrología)	1990
Planificación de la red Pluviométrica de la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1990
Inventario Nacional de los Recursos Hidráulicos Nacionales	INDRHI	1990
Atlas de Lluvias máximas en la República Dominicana	INDRHI/GTZ	1993
Distritos de Riego de la República Dominicana	INDRHI	1995

No se tiene constancia de la existencia de estudios hidrogeológicos o hidrológicos de detalle del entorno geográfico de la Cordillera Oriental.

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.
- Mapa Topográfico General de la República Dominicana (escala 1:250.000). Instituto Geográfico Universitario (Universidad Autónoma de Santo Domingo). 2001. Serie 1501: Hoja NE 19-7, Hoja NE 19-6 y Hoja NE 19-2.
- Mapas Topográficos (escala 1:50.000). Instituto Cartográfico Militar. Diferentes años. (Hojas topográficas 6373 III: Sabana de la Mar; 6372 IV: El Valle; 6372 I: Minches;

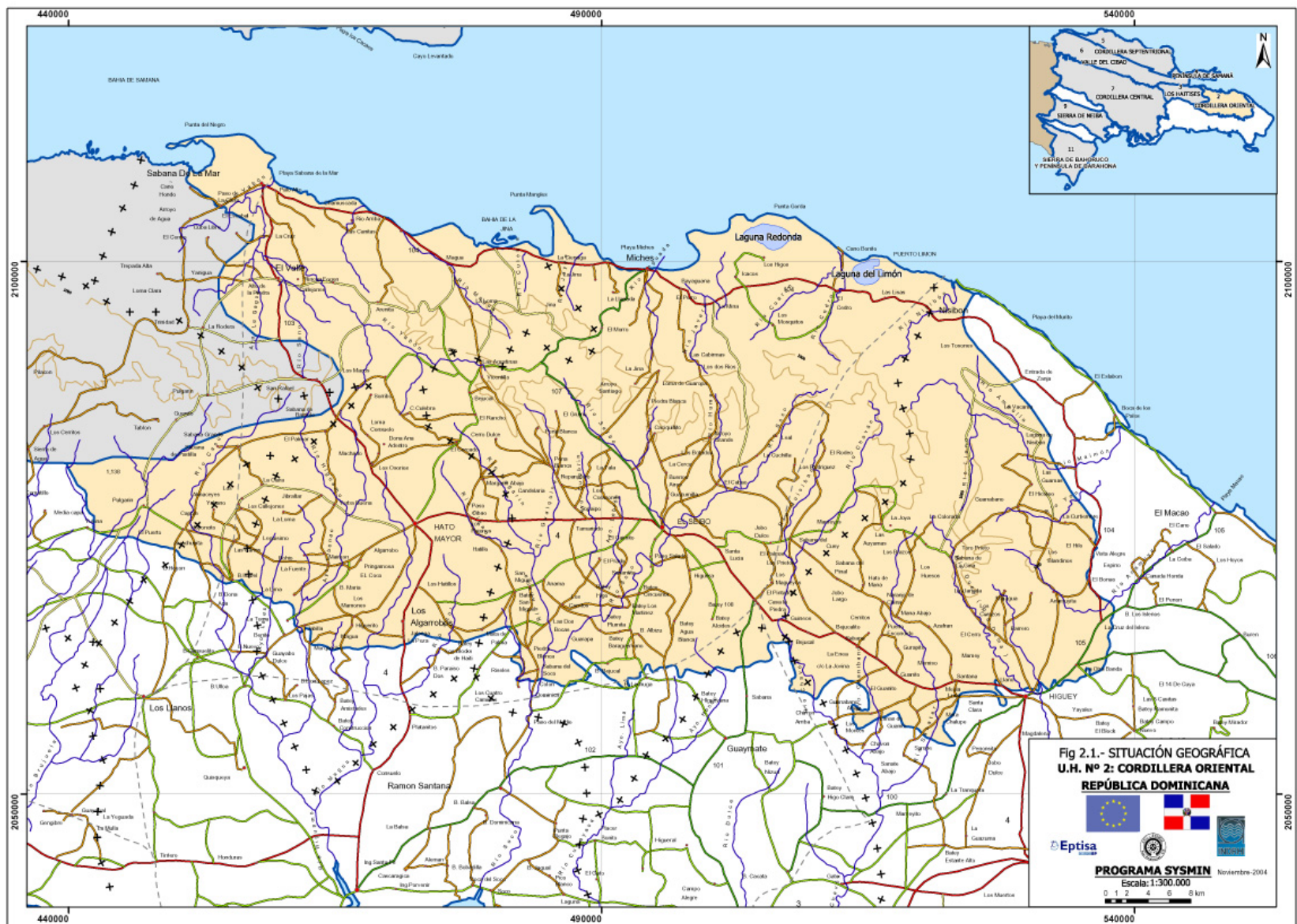
6472 IV: Las Islas; 647 I: La Vacama 6272 II: Bayaguana; ; 6372 III: Hato Mayor del Rey; 6372 II: El Seibo; 6472 III: Ricon Chavon; 6472 II: El Salado; 6371 I: Ramón Sanatana; 6471 IV: Guaymate; 6471 I: Salvaleón de Higuey). Mapa Geológico de la República Dominicana 1:250.000. Mapa Geológico General. Secretaría de Estado de Industria y Comercio. Dirección General de Minería. Instituto Geográfico Universitario. En colaboración con el Bundesanstalt Fur Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). República Federal de Alemania. 1991.: Hoja NE 19-7, Hoja NE 19-6 y . Hoja NE 19-2.

- Mapa Hidrogeológico Escala 1:500.000. República Dominicana. INDRHI.1989.
- Mapa Hidrogeológico Escala 1:250.000. República Dominicana. INDRHI.1989: Hoja NE 19-7, Hoja NE 19-6 y Hoja NE 19-2.
- Mapa de Presas en Operación en la República Dominicana. INDRHI. Departamento de Seguridad de Presas. División de Hidrogeología. Versión 2003.

2. MARCO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO

2.1. SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La unidad hidrogeológica de la Sierra Oriental se sitúa al noreste de la isla, incluyendo en su poligonal tanto la propia Sierra Oriental o Sierra del Seibo como las llanuras costeras de Sabana de la Mar y Miches. Limitada al norte por el océano Atlántico y la bahía de Samana, al sur por la planicie costera oriental, al oeste por la región de Los Haitises y al este por la línea imaginaria entre el municipio de Higüey y la carretera que une esta población con la de Nisibón. Su poligonal ocupa una superficie próxima a los 3127 km², que se distribuyen, en su totalidad (de oeste a este) por las provincias de Monte Plata (1 término municipal, 1 sección y 7 parajes) y San Pedro de Macoris (1 término municipal, 1 sección y 4 parajes) en el extremo suroeste. Hato Mayor (3 términos municipales, 9 secciones y 136 parajes) en el sector oriental, El Seibo (2 términos municipales, 15 secciones y 258 parajes) en el sector central y La Altagracia (1 término municipal, 2 distritos municipales, 11 secciones y 185 parajes) en el sector occidental. Cuya distribución espacial se observa en la figura 2.1.



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

- Ríos Yabón, Arriba y Magua, afluentes de distribución Sur-Norte, y vertientes directamente a la Bahía de Samaná.
- Ríos Culebra, Jayan, Yeguada, Jovero, Cuarón, Nisibón, afluentes de distribución Sur-Norte de pequeño recorrido y vertientes directamente al océano Atlántico.
- Río Maimón, Yonu y Anamuya, afluente de distribución Oeste-Este y vertientes también al océano Atlántico excepto el río Yonu que se infiltra en la llanura costera antes de alcanzar el océano.

En cuanto a los cursos de agua superficiales más significativos y relacionados con esta unidad en la vertiente sur (de oeste a este), son los siguientes;

- Ríos Capita y Casuí afluentes de distribución Noreste-Sureste y vertientes a la cuenca del río Ozama.
- Ríos Higuamo, Magua, Anama y sus afluentes (Cibao, Magarin y Guaiquina), Soco y sus afluentes (Seibo y Huma), Chavón, Sanate y Yuma, afluentes de distribución Norte-Sur y vertientes a la división hidrogeográfica de San Pedro de Macoris y la Romana.

En rasgos generales, la zona se incluye dentro de las subdivisiones hidrográficas de Miches y Sabana de la Mar en la vertiente norte y San Pedro de Macoris y la Romana en la vertiente sur.

La unidad se caracteriza por un conjunto de sierras con dirección Oeste-Este, y una llanura costera recorriendo el límite norte desde la Bahía de San Lorenzo en Sabana de la Mar hasta la Punta de Nisibón.

Las variaciones topográficas en la cordillera oscilan entre los 1969 m.s.n.m. de Loma la Sierra en la parte más occidental y los 2415 m.s.n.m. de Loma Vieja como punto más elevado, además existen otros picos como son, Loma el Corzo de 2080 m.s.n.m. y Loma los Copeyes de 2283 m.s.n.m.

La región corresponde a una formación montañosa con zona costera situada en el extremo noreste de la República Dominicana, entre el límite de Los Haitises y la desaparición de la zona montañosa a 40 km de Cabo Engaño, con una longitud de 80 km de largo y una anchura variable entre 35 y 40 km.

Los principales ríos que de ella nacen son el Yabón, Magua, Jayán, Yeguada, Nisibón y Maimón en la vertiente Norte, y los ríos Higuamo, Soco, Chavón, Sanate y Duey en la vertiente Sur.

La población del área de estudio es de 155458 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 provincias de Monte Plata, San Pedro de Macoris, Hato Mayor, El Seibo y La Altagracia, como se indica en el cuadro 2.1.1:

Cuadro 2.1.1. Población del área de estudio según el censo de población de 1993 a nivel de parajes

Provincia Monte Plata		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Monte Plata (población total de la provincia)		115755	51393	167148		173471
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes (1993)		
Bayaguana	Yuvina	7		242		
Total	1	7		242		
Población total de la provincia en la unidad				242		

Provincia San Pedro de Macoris		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
San Pedro de Macoris (población total de la provincia)		52079	160289	212368		284997
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes (1993)		
Los Llanos	Los Jibaros	4		402		
Total	1	4		402		
Población total de la provincia en la unidad				402		

Provincia Hato Mayor		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Hato Mayor (población total de la provincia)		39.044	41.030	80.074		81074
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes (1993)		
Sabana de la Mar	Sabana de la Mar	9		10792		
	Las Canitas	15		1986		
	Magua	12		2076		
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>36</i>		<i>14854</i>		

Provincia Hato Mayor		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
El Valle	El Valle	1			4822	
	Arenita	3			194	
	Rincón Fogón	17			1554	
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>21</i>			<i>6570</i>	
Hato Mayor del Rey	Manchado	14			3190	
	Mata Palacio	34			7879	
	Yerba Buena	31			3746	
<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>79</i>			<i>14815</i>	
Población total de la provincia en la unidad					36239	

Provincia El Seibo		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
El Seibo (población total de la provincia)		72.264	24.506	96.770		81326
<i>Municipios</i>	<i>Secciones</i>	<i>Parajes</i>		<i>Población total de parajes (1993)</i>		
Miches	Miches	9		7679		
	El Joyero	15		6107		
	El Morro	12		4288		
	Las Lisas	7		1864		
<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>42</i>		<i>19938</i>		
Santa Cruz del Seibo	El Seibo	10		16309		
	Candelario	24		5853		
	Campiña	33		8020		
	El Cuey	29		6783		
	Magarin	18		3498		
	Pedro Sánchez	22		3953		
	San Francisco	15		3681		
	Santa Lucia	32		8266		
	Arroyo Grande	9		5084		
	Las Cuchillas	12		5272		
	Vicentillo	11		2387		
<i>Total</i>	<i>11</i>	<i>215</i>		<i>69106</i>		
Población total de la provincia en la unidad					89044	

Provincia Altagracia		Población en 1993 (*)			Población en 2001 (*)	
		Rural	Urbana	Total	Urbana	Total
Altagracia (población total de la provincia)		49135	66550	115685		179041
Municipios	Secciones	Parajes		Población total de parajes (1993)		
Higuey	Higuey	12		3833		
	Bejucal	30		4658		
	Santana	60		7129		
Total	3	102		15620		
Laguna de Nisibon D.M.	Laguna de Nisibon D.M.	1		3330		
	Cañada Honda	16		2747		
	Barrero	7		472		
	Las Guamas	28		2222		
Total	4	52		8771		
La Otra Banda D.M.	La Otra Banda D.M.	1		1816		
	Bonao	28		2915		
	Duyey	1		128		
	Cruce de los Isleños	1		281		
Total	4	31		5140		
Población total de la provincia en la unidad				29531		

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

2.2. **CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS**

El área que comprende la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental se sitúa al noreste de la isla entre la U.H. de Los Haitises al Oeste y la U.H. de la Planicie Costera Oriental al Sur. Se trata de una serie de sierras con orientación noroeste-sureste que forman la cordillera Oriental y una faja de terreno al norte denominada llanos costeros de Sabana de la Mar y Miches.

La Cordillera Oriental se encuentra separa de la región de Los Haitises tanto por diferencia de edad, pasando de materiales miocenos en Los Haitises a cretácicos en la cordillera oriental, como en su topografía, pasando de zona cárstica y escabrosa en Los Haitises, a montañoso alineado en la cordillera con una serie de picos como son: Loma Vieja de 2415 m.s.n.m., pico más elevado de la cordillera, Loma el Corzo de 2080 m.s.n.m., Loma los Copeyes de 2283 m.s.n.m. y Loma la Sierra de 1969 m.s.n.m. en la parte más occidental

Los denominados Llanos costeros, presenta sus costas occidentales a la Bahía de Samaná y sus costas orientales al océano Atlántico. Están limitados al oeste por la región de Los Haitises y al sur por la propia Cordillera Oriental.

La llanura se extiende en una faja irregular desde la Bahía de San Lorenzo, en su extremo occidental, hasta Punta Macao, en su extremo oriental, ya fuera de la unidad y es interrumpida por abruptas elevaciones de la Cordillera Oriental que se prolongan hasta el mar y que son más frecuentes en su porción occidental.

Esta llanura tiene una alta precipitación, que varía entre 2000 a 2250 mm anuales; el promedio más bajo corresponde a la parte de la llanura más próxima al mar y el más alto a la parte que limita con la Cordillera Oriental.

El río principal es el Yabón, con 44 km de longitud que discurre en dirección Sur-Norte desembocando al Oeste de Sabana de la Mar en un pequeño delta. Al Este de esta localidad se localiza la denominada Bahía de San Lorenzo, una laguna costera en formación en donde se desarrolla el segundo manglar en importancia del litoral de la Bahía de Samaná. Es alimentada por el Caño Hondo, riachuelo de 3 km de longitud y su afluente el Jibale; otro riachuelo, Caño Chiquito, se une al Caño Hondo en su embocadura situada al Sur de la Bahía de San Lorenzo.

Drenando en la misma vertiente que el Yabón, desembocan al Este el río Cañita y el río Catalina. Siguiendo la línea costera en la misma dirección se encuentra otra laguna costera en formación denominada Bahía de la Jina, la cual es alimentada por varios cursos de agua dulce, el río Magua y su microcuenca formada por los arroyos Los Hoyos, Bajaya y Dajao, que desemboca en su zona occidental, los ríos Cabezudo y Rico, en su zona central junto al río Culebra, afluente principal con más de 3 km de recorrido, en cuyo cauce se desarrolla un manglar de riberas, cerrándose la Bahía en un espigón de arena en la desembocadura del río Jina. Al Este del espigón que cierra la Bahía desemboca el río Jayán, orlado también por un manglar de ribera cerca de la población de Miches, entre ésta y su playa desembocan los ríos Jovero y el Yeguada.

El río Cuarón desemboca formando una ciénaga costera que separa a las lagunas Redonda y Limón, los cuerpos de agua lénticos más importantes de la región Noreste del país y que se encuentran protegidos.

Esta región geomorfológica e hidrográfica se prolonga en dirección Este hasta Macao en el extremo insular, siendo los ríos principales el Nisibón que desemboca en Punta Nisibón, después de originar la ciénaga costera de la Majagua. El río Maimón que desemboca en Boca

de Maimón y conformando una bahía lobular al juntarse con la embocadura de Yonú-Duey, y el río Anamuya que desemboca por boca de Anamuya un poco más al Noroeste de Punta Macao.

En la unidad hay numerosos ríos y arroyos, en general de pequeño recorrido los de la vertiente norte, y de mayor importancia, longitud y caudal los de la vertiente sur.

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

- El sector noroccidental, en el cual los arroyos y ríos que nacen en el borde central de la unidad son de mediano recorrido y descargan directamente a la Bahía de Samaná (río Yabon y afluentes).
- El sector septentrional, en el cual la red hidrográfica nace en la mitad del borde septentrional de la unidad, de escaso recorrido, descarga hacia océano Atlántico (ríos magua, Jayan, Yeguada, Jovero, Cuarón, Cedro y Nisibón).
- En la mitad oriental los ríos nacen dentro de la unidad, con dirección oeste-este y descargan fuera de la unidad directamente al océano Atlántico.
- En el sector más suroccidental, la red hidrográfica nace fuera de la unidad, la atraviesa en dirección norte-sur y vertiente a la unidad contigua (río Casuí y Tosa).
- En la mitad meridional, la red hidrográfica nace en el borde sur septentrional dentro de la unidad, la recorren en dirección norte-sur y salen de ella para verter en la unidad contigua (Ríos Higuamo, Magua, Anama, Soco, Chavón, Sanate y Yuma).

2.3. ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DEMOGRÁFICA

Desde el punto de vista administrativo, el área de estudio se sitúa dentro de la región Suroeste, y a su vez formando parte de la subregión Este.

En lo referente a distribución de municipios, en el área de estudio se incluyen ocho términos municipales y dos distrito municipal en las cinco provincias mencionadas. A estos municipios comprenden un total de 38 secciones y 600 parajes, cuya distribución, por términos municipales y provincias, se presenta en el cuadro 2.3.1.

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

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (1993)
Monte Plata	Bayaguana		1	7	242
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					242
San Pedro de Macorís	Los Llanos		1	4	402
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					402
Hato Mayor	Sabana de la Mar		3	36	14854
	El Valle		3	21	6570
	Hato Mayor del Rey		3	79	14815
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					37211
Seibo	Miches		4	43	19938
	Santa Cruz del Seibo		11	215	69106
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					89044
Altagracia	Higüey		3	102	15620
		Laguna de Nisibón	4	52	8771
		La Otra banda	4	31	5140
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					29531
<i>Total población en las Unidades</i>					155458

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 1.53% para el periodo 93/04 de media entre las provincias que se encuentran dentro de la unidad, estimándose una población total de 157837 habitantes, según se indica en el cuadro 2.3.2.

En cuanto a su distribución la mayor parte de la población (57.28%), se integra en la provincia de El Seibo (90406 habitantes), el 23.31% en la provincia de Hato Mayor (36793 habitantes), el 19% en la provincia de La Altagracia (29983 habitantes), el 0.25% en la provincia de San Pedro de Macorís (408 habitantes), el 0.16% restante en la provincia de Monte Plata (246 habitantes).

La densidad de población en el área de estudio es muy baja (50 hab/km²), comparada con la media de todo el país (182 hab/km²), debido al relieve abrupto de la mayor parte de la zona.

Cuadro 2.3.2. Población estimada por municipios para el año 2004

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Monte Plata	Bayaguana		1	7	246
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					246
San Pedro de Macorís	Los Llanos		1	4	408
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					408
Hato Mayor	Sabana de la Mar		3	36	15081
	El Valle		3	21	6671
	Hato Mayor del Rey		3	79	15042
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					36793
Seibo	Miches		4	43	20243
	Santa Cruz del Seibo		11	215	70163
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					90406
Altagracia	Higüey		3	102	15859
		Laguna de Nisibón	4	52	8905
		La Otra banda	4	31	5219
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					29983
<i>Total población en las Unidades</i>					157837

En cuanto al número de habitantes por subunidades hidrogeológicas, queda recogido en los cuadros 2.3.3. a 2.3.6.

Cuadro 2.3.3. Población de la subunidad Cucurucha

SUBUNIDAD CUCURUCHA	Provincia Hato Mayor			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Sabana de la Mar	Sabana de la Mar	9	10792	10957
		Las Canitas	15	1986	2016
		Magua	12	2076	2108
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>36</i>	<i>14854</i>	<i>15081</i>
	El Valle	El Valle	1	4822	4896
		Arenita	3	194	197
		Rincón Fogón	17	1554	1578
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>21</i>	<i>6570</i>	<i>6671</i>
	Población total de la provincia en la unidad			21424	21752
	Provincia Seibo			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes			

	Vicentillo	11	2387	2424
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>2387</i>	<i>2424</i>
Población total de la provincia en la unidad			2387	2424
POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD			23811	24175

Cuadro 2.3.4. Población de la subunidad Miches – La Altagracia

SUBUNIDAD MICHES-LA ALTAGRACIA	Provincia Seibo			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Miches	Miches	9	7679	7796
		El Joyero	15	6107	6200
		El Morro	12	4288	4354
		Las Lisas	7	1864	1893
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>43</i>	<i>19938</i>	<i>20243</i>
	Población total de la provincia en la unidad			19938	20243
	Provincia Altagracia			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Higuey	Higuey	12	3833	3892
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>3833</i>	<i>3892</i>
	Laguna de Nisibon D.M.	Laguna de Nisibon	1	3330	3381
		Cañada Honda	16	2747	2789
		Barrero	7	472	479
		Las Guamas	28	2222	2256
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>52</i>	<i>8771</i>	<i>8905</i>
	La Otra Banda D.M.	La Otra Banda D.M.	1	1816	1844
		Bonao	28	2915	2960
		Duyey	1	128	130
		Cruce de los Isleños	1	281	285
	<i>Total</i>	<i>4</i>	<i>31</i>	<i>5140</i>	<i>5219</i>
	Población total de la provincia en la unidad			17744	18015
	POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD			37682	38259

Cuadro 2.3.5. Población de la subunidad Peña Alta – Gran Diablo

SUBUNIDAD PEÑA ALTA - GRAN DIABLO	Provincia Monte Plata			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Bayaguana	Yuvina	7	242	246
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>7</i>	<i>242</i>	<i>246</i>
	Población total de la provincia en la unidad			242	246
	Provincia San Pedro de Macoris			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Los Llanos	Los Jibaros	4	402	408
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>402</i>	<i>408</i>
	Población total de la provincia en la unidad			402	408
	Provincia Hato Mayor			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Hato Mayor del Rey	Manchado	14	3190	3239
		Mata Palacio	34	7879	8000
		Yerba Buena	31	3746	3803
	<i>Total</i>	<i>3</i>	<i>79</i>	<i>14815</i>	<i>15042</i>
	Población total de la provincia en la unidad			14815	15042
	Provincia Seibo			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	El Seibo	Candelario	24	5853	5943
	<i>Total</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>5853</i>	<i>5943</i>
	Población total de la provincia en la unidad			5853	5943
	POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD			21312	21638

Cuadro 2.3.6. Población de la subunidad El Seibo-Loma El Peñón

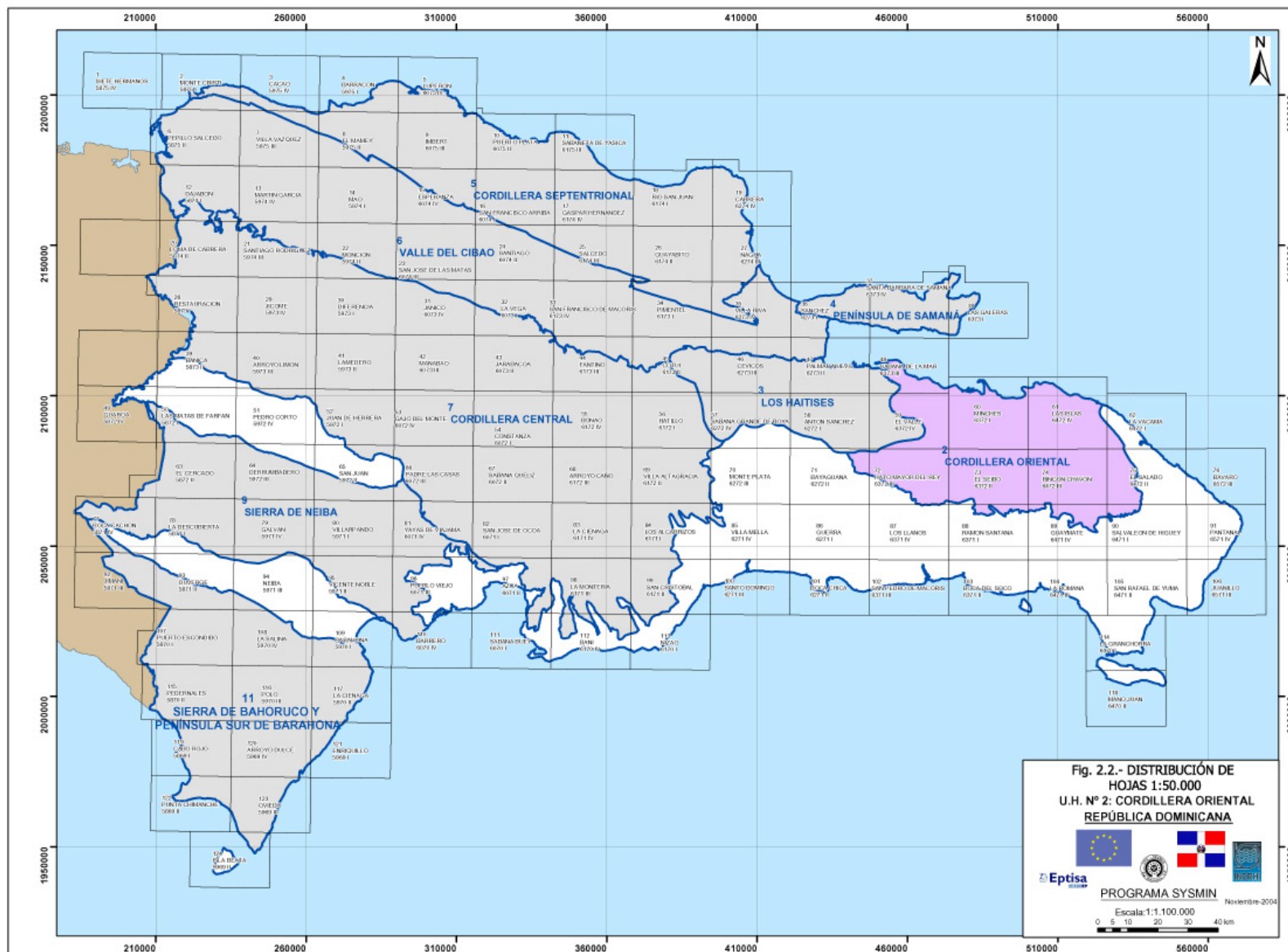
SUBUNIDAD EL SEIBO - LOMA EL PEÑÓN	Provincia Seibo			Población (1993)	Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes		
	Santa Cruz del Seibo	El Seibo	10	16309	16559
		Campiña	33	8020	8143
		El Cuey	29	6783	6887
		Magarin	18	3498	3552
		Pedro Sánchez	22	3953	4013
		San Francisco	15	3681	3737
		Santa Lucía	32	8266	8392
		Arroyo Grande	9	5084	5162
		Las Cuchillas	12	5272	5353
	<i>Total</i>	<i>9</i>	<i>180</i>	<i>60866</i>	<i>61797</i>

Población total de la provincia en la unidad			60866	61797
Provincia Altagracia			Población (1993)	Población (2004)
Municipios	Secciones	Parajes		
Higüey	Bejucal	30	4658	4729
	Santana	60	7129	7238
<i>Total</i>	<i>2</i>	<i>90</i>	<i>11787</i>	<i>11967</i>
Población total de la provincia en la unidad			11787	11967
POBLACIÓN TOTAL SUBUNIDAD			72653	73765

En cuanto a la distribución de la población por subunidades, prácticamente la mitad de la población (46.73%), se integra en la subunidad El Seibo-Loma El Peñón (73765 habitantes), el 24.24% en la subunidad Miches-La Altagracia (38259 habitantes), el 15.32% en la subunidad Cucurucha (24175 habitantes), y el 13.71% restante en la subunidad Peña Alta-Gran Diablo (21638 habitantes).

Finalmente, en lo referente a la distribución de hojas topográficas, la U.H. de la Cordillera Oriental se incluye, de forma parcial, en las siguientes 13 hojas topográficas a escala 1:50.000 (de oeste a este y norte a sur):

- Hoja nº 48 Sabana de la Mar 6373 III
- Hoja nº 59 El Valle 6372 IV
- Hoja nº 60 Miches 6372 I
- Hoja nº 61 Las Islas 6472 IV
- Hoja nº 62 La Vacama 6472 I
- Hoja nº 71 Bayaguana 6272 II
- Hoja nº 72 Hato Mayor del Rey 6372 III
- Hoja nº 73 El Seibo 6372 II
- Hoja nº 74 Rincon Chavon 6472 III
- Hoja nº 75 El Salado 6472 II
- Hoja nº 88 Ramón Santana 6371 I
- Hoja nº 89 Guaymate 6471 IV
- Hoja nº 90 Higüey 6471 I



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 1.000 ha) y grandes (mayores de 1.000 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 97.710 ha, y los segundos ocupan una extensión de 172.000 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 69.652.

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

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

En el área de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental se encuentran las siguientes áreas agrícolas:

3.2. DISTRITOS DE RIEGO

Dentro de la unidad, se encuentra parte del distrito de riego de la Unidad Operativa del Este, uno de los diez en que esta dividido el territorio del país. Este distrito a su vez está dividido en zonas de riego (Higuey, Sabana de la Mar y Bayaguana), en las cuales encontramos sistemas de riego, diferenciados generalmente por la fuente de suministro de agua.

En la U.H. de la Cordillera Oriental tan sólo existen 4438.46 hectáreas de terreno dedicadas a la agricultura, de las cuales 1187.39 ha se encuentran dentro de la zona de riego de Higuey,

2195.71 ha en la zona de Sabana de la Mar y 1055.36 ha en la zona de Bayaguana. Esta extensión de terreno es insignificante si la comparamos con los 3127 Km² que abarca la poligonal de la unidad, esto es así, dado la orografía del terreno. Limitándose las áreas de cultivo a las llanuras costeras entre Sabana de la Mar y Nisibón, y los aluviales de los ríos interiores de Yabacao y Brujuela.

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

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

Cuadro 3.2.1. Sistema de riego dentro de la unidad de la Cordillera Oriental

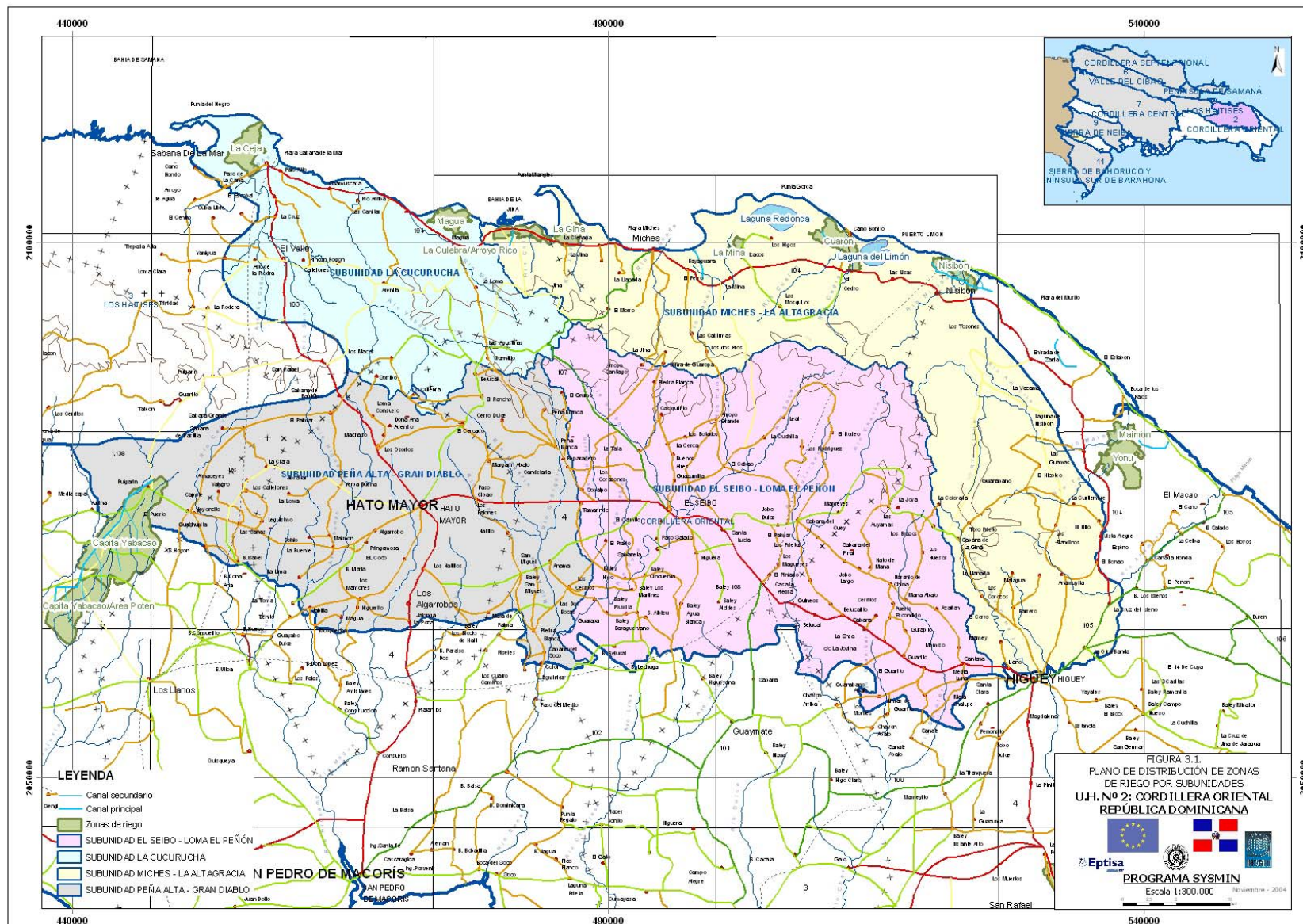
Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Unidad Operativa del Este	Higuey	Nisibón	434.53	Río Nisibón
		Cuarón	576.25	Río Cuarón
		La Mina	176.61	Arroyo Claro
		Total	1187.39	
	Sabana de la Mar	La Ceja	925	Arroyo Piedra
		Magua	511.8	Río Catalina
		La Culebra/arroyo Rico	428.97	Río Culebra y Dajao
		La Gina	329.94	Río Jayán
		Total	2195.71	
	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	Rios Capita y Yabacao
		Total	1055.36	
TOTAL superficie irrigada (ha)			4438.46	

Las características físicas de los suelos del área de influencia de la Unidad Operativa del Este son muy variables. Así, los suelos de Sabana de la Mar (cuenca arrocera del Este) son profundos, con alto contenido de materia orgánica y drenaje natural deficiente. también se presentan problemas de salinidad, por la posición baja de los suelos, en muchos casos por debajo del nivel del mar.

En la zona de riego de Bayaguana, predomina los suelos profundos y pesados, con altos contenidos de arcillas.

3.3. USO AGRÍCOLA ACTUAL

A continuación se detalla el uso agrícola de la zona regada dentro de la unidad.



Los Cultivos comerciales más importantes de la Unidad Operativa del Este son: arroz, habichuela roja y negra, maíz y maní. No entran en las estadísticas agrícolas del INDRHI las grandísimas extensiones cultivadas con caña de azúcar y los pastos tanto naturales como mejorados pertenecientes a las industrias azucareras. En toda la Planicie costera, la caña se cultiva en seco.

Los usos agrícolas del suelo varían de una zona de riego a otra.

- En la zona de riego de Higüey los cultivos que ocupan la mayor extensión son el arroz, la habichuela roja y negra, maíz, maní, plátano y yuca. Los sistemas de riego se localizan en la zona costera entre Miches y Nisibón, en parte de los aluviales de los ríos Nisibón, Cuarón y Arroyo Claro.

Se han encontrado zonas pantanosas cerca de Nisibón por causa de excesos de agua, no eliminados por la presencia de un sistema drenante imperfecto; además el mar provoca el enterramiento de los canales y por lo tanto hay problemas de salinización, sobre todo en las épocas de siembra.

En los tres sistemas de riego se aplican aguas superficiales extraídas de ríos, tanto directamente como a través del empleo de bombas horizontales y distribuidas por sistemas de canales revestidos y de tierra.

Los usos agrícolas más importantes del suelo en esta zona son cuatro:

- 1 - arroz;
- 2 - habichuelas (frijoles);
- 3 – maíz, maní;
- 4 – plátano y yuca.

El calendario de cultivo de los distintos productos que se dan en la zona de riego de este distrito dentro de la unidad, queda recogido en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.1. Calendario de los cultivos zona de Higüey

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
habichuela-frijol												
pasto												
otros cultivos												
caña												

- En la zona de riego de Sabana de la Mar, los cultivos que ocupan la mayor extensión es el arroz y los pastos. Los sistemas de riego se localizan en la zona costera entre Sabana de la Mar y Miches, en parte de los aluviales de los ríos Catalina, Culebra, Dajao y Jayán y el arroyo Piedra.

En los cuatro sistemas de riego se aplican aguas superficiales extraídas de ríos Catalina, Culebra, Dajao y Jayán y el arroyo Piedra.

El calendario de cultivo de los distintos productos que se dan en la zona de riego de este distrito dentro de la unidad, queda recogido en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.2. Calendario de los cultivos zona de Sabana de la Mar

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
pasto												
otros cultivos												

- En la zona de riego de Bayaguana, los cultivos que ocupan la mayor extensión son el arroz, yuca, maíz y chinola, aunque también se cultiva plátano, guandul, pimienta y batata.

Tan solo existe en esta zona de riego, parte del sistema de riego de Capita Yabacao, ocupando el aluvial de los ríos Capita y Yabacao, fuentes de alimentación del agua utilizada para este sistema.

El calendario de cultivo de los distintos productos que se dan en la zona de riego de este distrito dentro de la unidad, queda recogido en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3.3. Calendario de los cultivos zona de Bayaguana

cultivos	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
arroz												
maíz												
plátano-guineo												
yuca												
guandul												
habichuela-frijol												
pimientos												
otros cultivos												
batata												

3.4. **DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO**

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

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

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

El balance hídrico ha permitido determinar los probables volúmenes de agua que pueden ser utilizados por los cultivos para cada una de las zonas de riego que se incluyen dentro de la unidad, 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		
	Bayaguana	Seibo	Higuey
	<i>Demanda de agua en m³/ha/año</i>		
maíz	4369		2220
arroz	7836	10710	9549
musáceas	7791		9736
yuca	1428		4029
frijol	2492		1802
pimiento	3585		
batata	3270		
otros cultivos	3270		2573
pastos			3310

Una vez obtenidas las demandas de agua necesarias para cada tipo de cultivo en las diferentes zonas de la unidad, se elaboró el promedio del movimiento agrícola (datos obtenidos del documento "Resumen Nacional del Movimiento Agrícola en las Áreas de Cultivo Bajo Riego" correspondiente al periodo agrícola 01/02. y 02/03), considerando para cada especie la superficie sembrada y aquellas bajo siembra al final de cada año agrícola, el valor obtenido así, se indica en 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	HIGUEY (ha).		BAYAGUANA (ha).		SABANA (ha).	
	SEMBRADA	COSECHADA	SEMBRADA	COSECHADA	SEMBRADA	COSECHADA
ARROZ F	1147	1143	1365	1358	112	534
HABICHUELA	121	122	100	0	0	0
MAIZ	37	34	6	5	0	0
SORGO	8	0	0	0	0	0
GUANDUL	0	0	6	6	0	0
MANI	46	40	1	0	0	0
PLATANO	6	12	2	3	0	0
GUINEO	5	7	0	0	0	0
YUCA	5	10	8	6	0	0
BATATA	3	2	1	1	0	0
YAUTIA	0	0	2	3	0	0
TOMATE	3	4	0	0	0	0

CULTIVOS	HIGUEY (ha).		BAYAGUANA (ha).		SABANA (ha).	
	SEMBRADA	COSECHADA	SEMBRADA	COSECHADA	SEMBRADA	COSECHADA
AJI	9	10	31	42	0	0
PEPINO	2	3	0	0	0	0
MOLONDRON	4	6	0	0	0	0
AUYAMA	0	0	20	18	0	0
REPOLLO	1	2	2	2	0	0
VAINITA	0	0	16	10	0	0
BROCOLI	0	0	1	0	0	0
CILANTRO	34	39	0	0	0	0
OTRAS HORT.	2	1	15	10	0	0
LECHOSA	5	5	11	17	0	0
MELON	1	1	0	0	0	0
CITRICOS	0	0	26	1	0	0
CHINOLA	0	0	2	6	0	0
PIÑA	1	2	0	0	0	0
SANDIA	5	6	0	0	0	0
MANGO	0	0	1	0	0	0
COCO	0	0	0	1	0	0
OTROS FRUT.	0	0	3	2	0	0
TOTALES	1447	1450	1619	1490	112	534

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 hectárea para cada una de las subunidades hidrogeológicas, obteniéndose el volumen total demandado por cada sistema de riego, según se indica en el cuadro 3.4.4.

Cuadro 3.4.3. Superficies irrigadas por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
Subunidad la Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925
			Magua	511.8
			Total	1436.8
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA SUBUNIDAD				1436.8
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Culebra/arroyo Rico	428.97
			La Gina	329.94
			Total	758.91
		Higuey	Nisibón	434.53
			Cuarón	576.25
			La Mina	176.61

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
			Total	1187.39
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA SUBUNIDAD				1946.3
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36
			Total	1055.36
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA SUBUNIDAD				1055.36
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46

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 (m³/ha/año)	Volumen total (hm³)
Subunidad Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	9365	8.66
			Magua	511.8		4.79
			Total	1436.8		13.46
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La	428.97	9365	4.02
			La Gina	329.94		3.09
			Total	758.91		7.11
		Higuey	Nisibón	434.53	8464	3.68
			Cuarón	576.25		4.88
			La Mina	176.61		1.49
			Total	1187.39		10.05
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9263	9.78
			Total	1055.36		9.78
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46		40.39

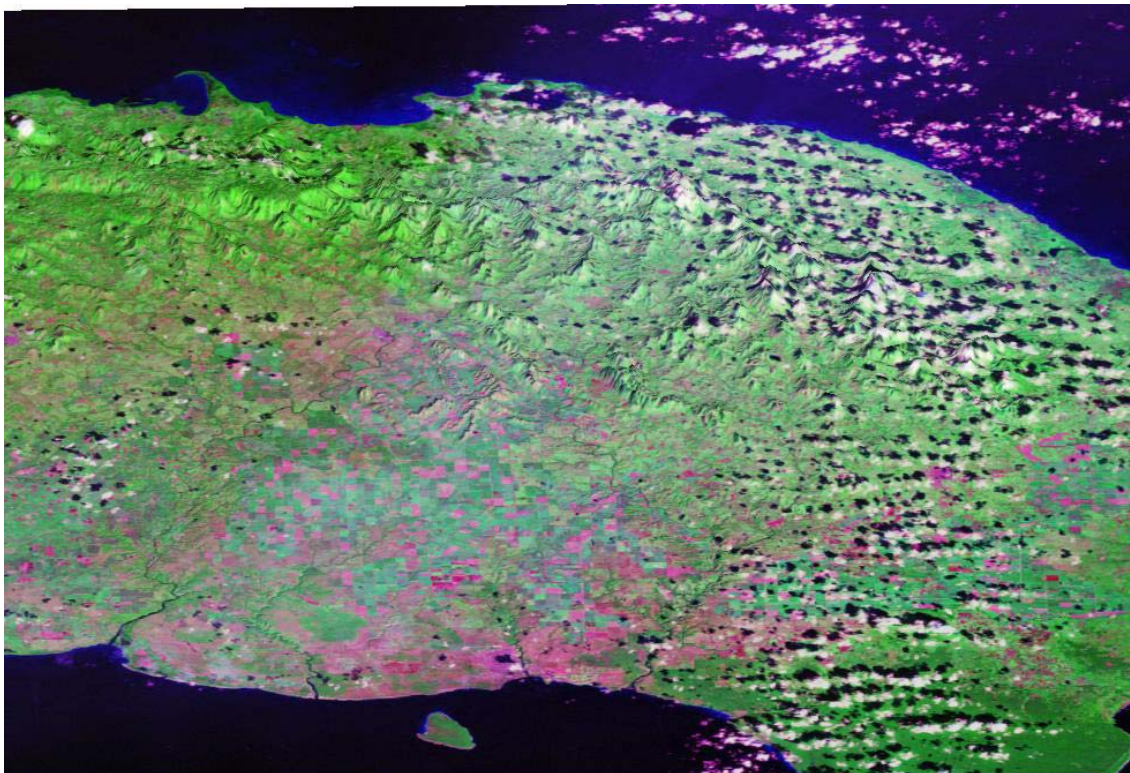
El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 40.39 hm³/año, aunque tan sólo 2.02 hm³/año son extracciones de agua subterránea dedicadas al riego de ocho sistemas de riego en toda la unidad, de los cuales dos pertenecen a la subunidad Cucurucha, cinco a la subunidad Miches la Altagracia y uno a la subunidad de Peña Alta-Gran Diablo, y cuyos valores se han obtenido del 5% del volumen total de agua demandada en aquellos sistemas de riego de los cuales se tiene información acerca de captaciones, y cuyos datos quedan recogidos en el cuadro 3.4.5.

Cuadro 3.4.5. Extracciones de aguas subterráneas para riego

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm³)	Total extracciones (hm³)
Subunidad Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	8.66	0.43
			Magua	511.8	4.79	0.24
			Total	1436.8	13.46	0.67
		TOTAL				
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La	428.97	4.02	0.20
			La Gina	329.94	3.09	0.15
			Total	758.91	7.11	0.36
		Higüey	Nisibón	434.53	3.68	0.18
			Cuarón	576.25	4.88	0.24
			La Mina	176.61	1.49	0.07
			Total	1187.39	10.05	0.50
		TOTAL				
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9.78	0.49
			Total	1055.36	9.78	0.49
		TOTAL				
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46	40.39	2.02

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 borde sur de la unidad y en algunos valles interiores.

Figura 3.2. Imagen de satélite de la Cordillera Oriental



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:

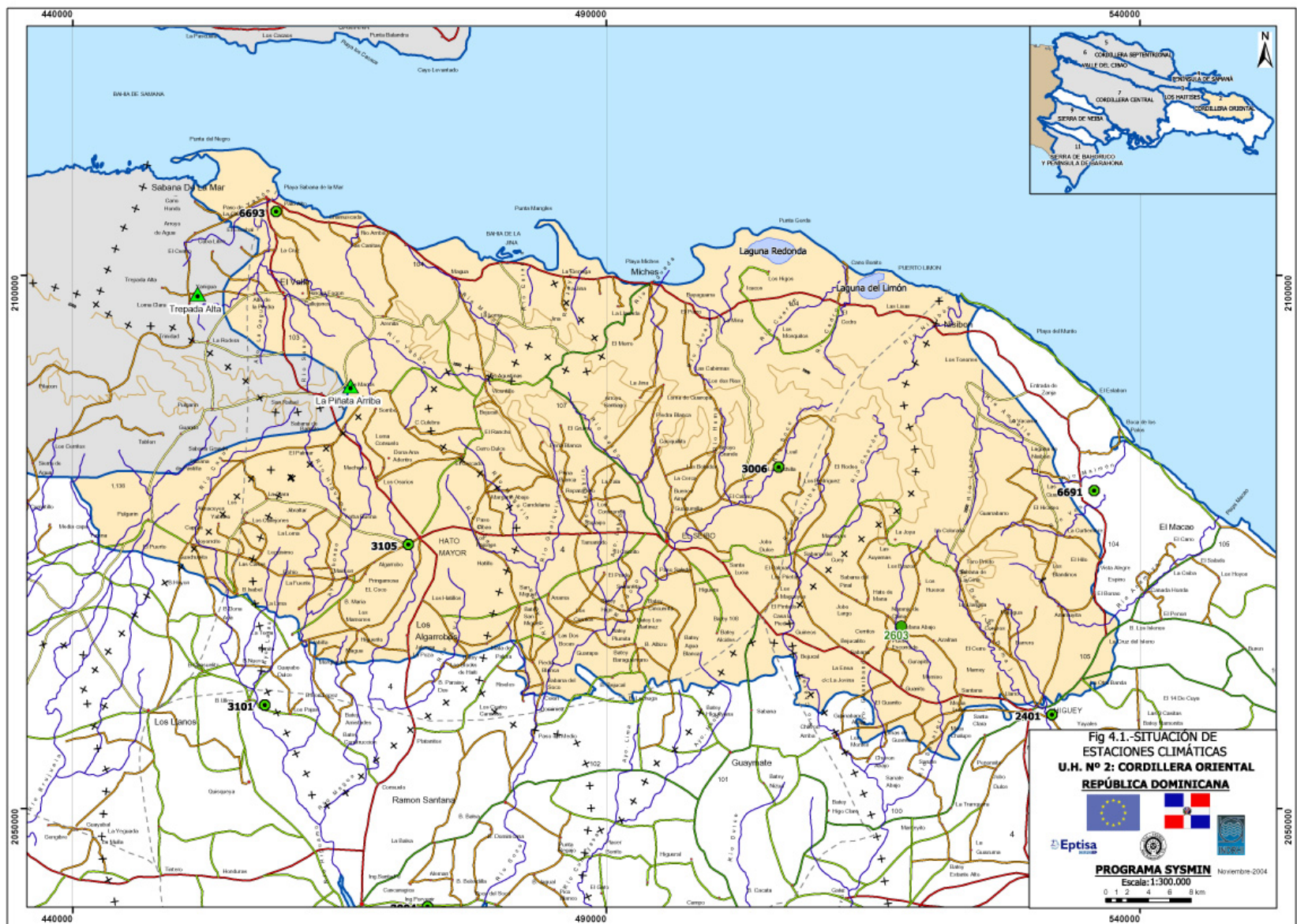
- Selección de las estaciones pluviométricas y termométricas a utilizar.
- Completado de la serie de datos pluviométricos y termométricos de la estación seleccionada para el periodo 1979-2001.
- Análisis de los datos pluviométricos, considerando años tipo.
- Análisis de los datos termométricos.
- Cálculo de la evapotranspiración potencial.
- Cálculo de la evapotranspiración real y lluvia útil mediante el método del balance de agua en el suelo.

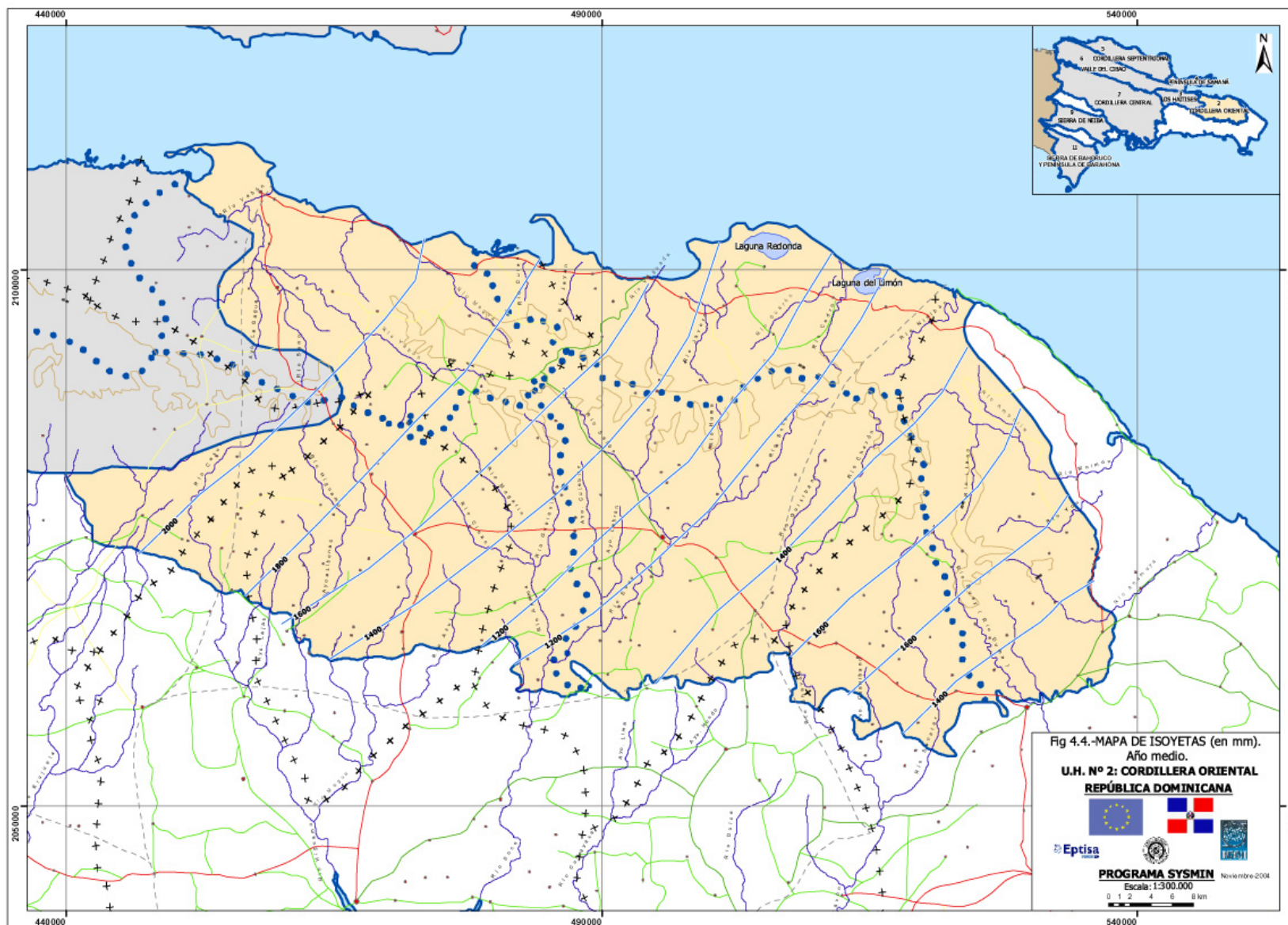
4.1.1. Información de partida

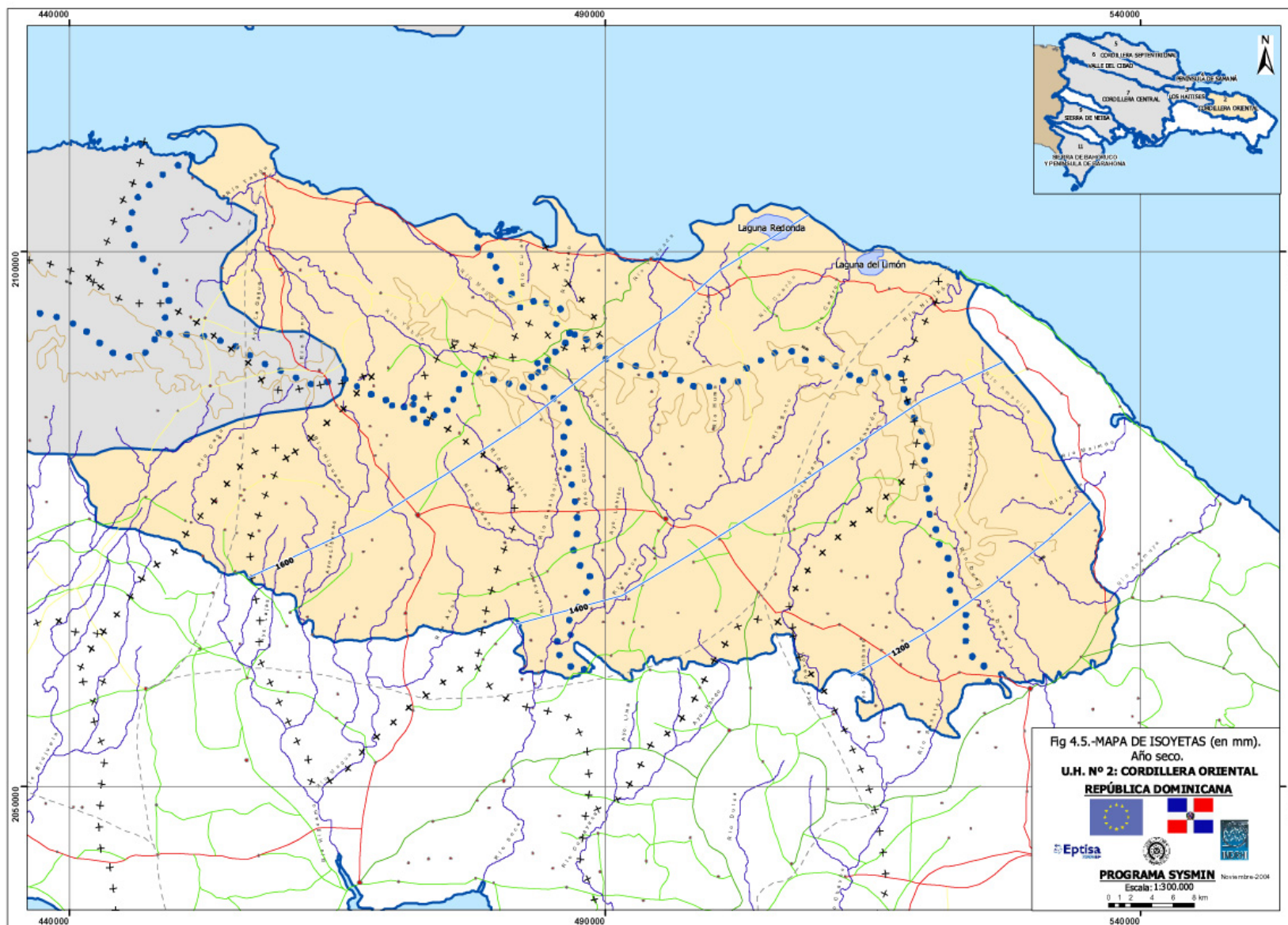
La información de partida que se ha empleado para la realización del presente estudio hidroclimático consiste en series de datos de precipitación y temperatura de una estación climática procedente del INDRHI. Se han utilizado únicamente las series de una estación (2603 – Naranjo de China) debido a que el resto de estaciones de la Cordillera Oriental presentan series muy cortas de mediciones, con lo que no se han considerado de validez para el estudio. Además se han considerado como parte del estudio dos estaciones de las que se tiene la media mensual de precipitaciones y temperaturas obtenidas durante la realización de la Fase I de Estudio Hidrogeológico Nacional: 3001 – El Seibo, situada en la Unidad Hidrogeológica 02: Cordillera Oriental, y 2401 – Salvaleón de Higüey situada en la Unidad Hidrogeológica 01 – Planicie Costera Oriental, al sur de la Cordillera Oriental. Asimismo, se han utilizado como referencia los datos de medias mensuales de las estaciones climáticas del proyecto. En

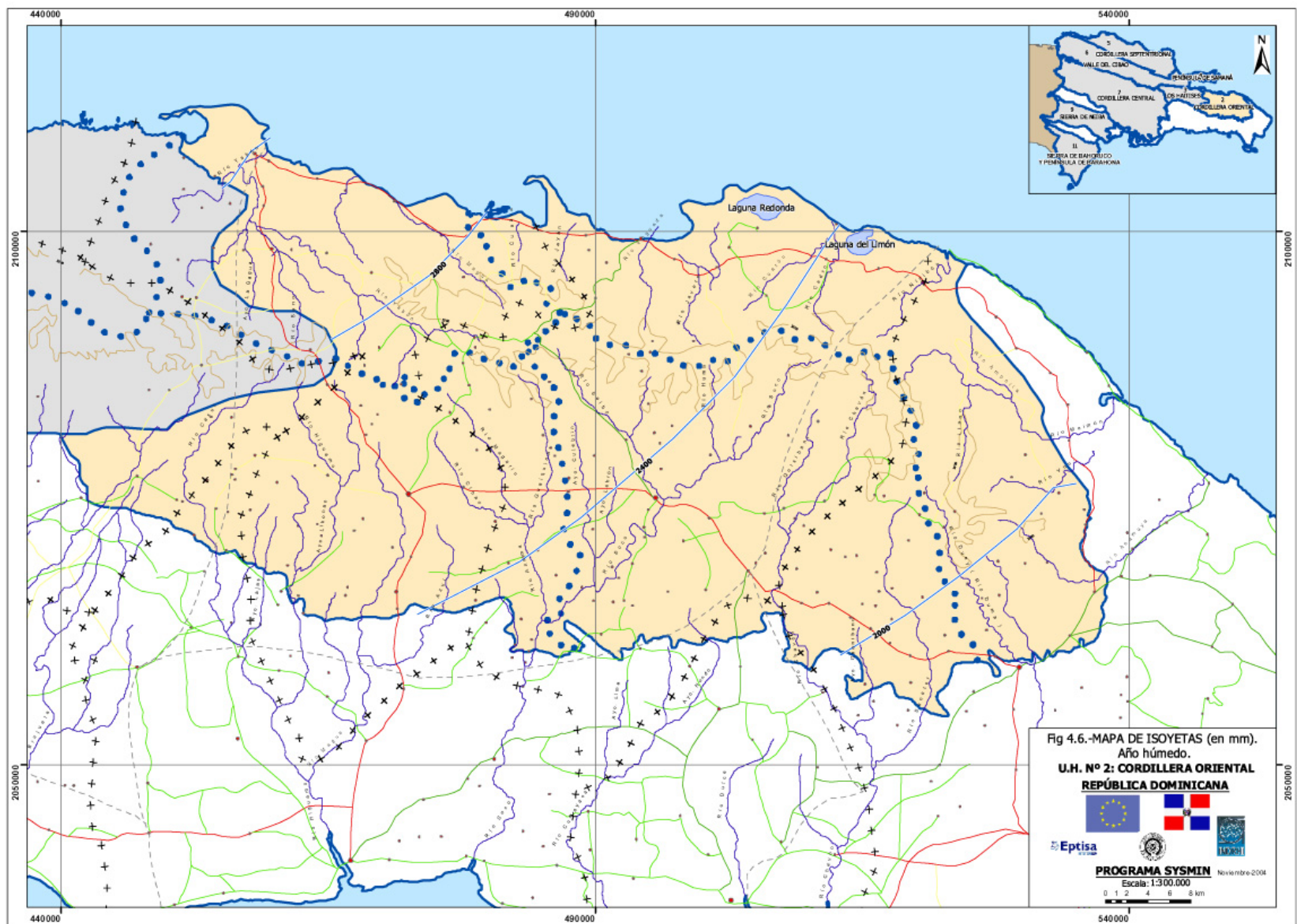
concreto, los datos de precipitación, temperatura y evaporación de la estación climática 1: Peñita Abajo. Las características de dicha estación se pueden observar en el Anexo 2.

En la figura 4.1 se muestran las estaciones climáticas existentes en la Unidad Hidrogeológica de Cordillera Oriental. 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.









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 tres estaciones climáticas (ver figura 4.1). Las estaciones 2603 – Naranjo de China y 3001 – El Seibo, se sitúan en la Unidad Hidrogeológica 02: Cordillera Oriental, mientras que la estación 2401- Salvaleón del Higüey se encuentra en la Unidad Hidrogeológica 01 – Planicie Costera Oriental. En el cuadro 4.1.1 se enumeran las estaciones utilizadas, con sus principales datos de localización.

Cuadro 4.1.1. Estaciones pluviométricas seleccionadas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
2401	SALVALEÓN DE HIGUEY		18° 22' 12"	68° 25' 12"	90
2603	NARANJO DE CHINA	CL	18° 41' 46"	68° 49' 58"	130
3001	EL SEIBO		18° 27' 36"	69° 1' 48"	120

(*) CL: Estación Climática

4.1.3.2. Módulos pluviométricos anuales y años tipo

El período de años considerado para el estudio de la precipitación en la estación 2603 – Naranjo de China es de 1979 a 2001, ambos incluidos, lo que representa un total de 23 años.

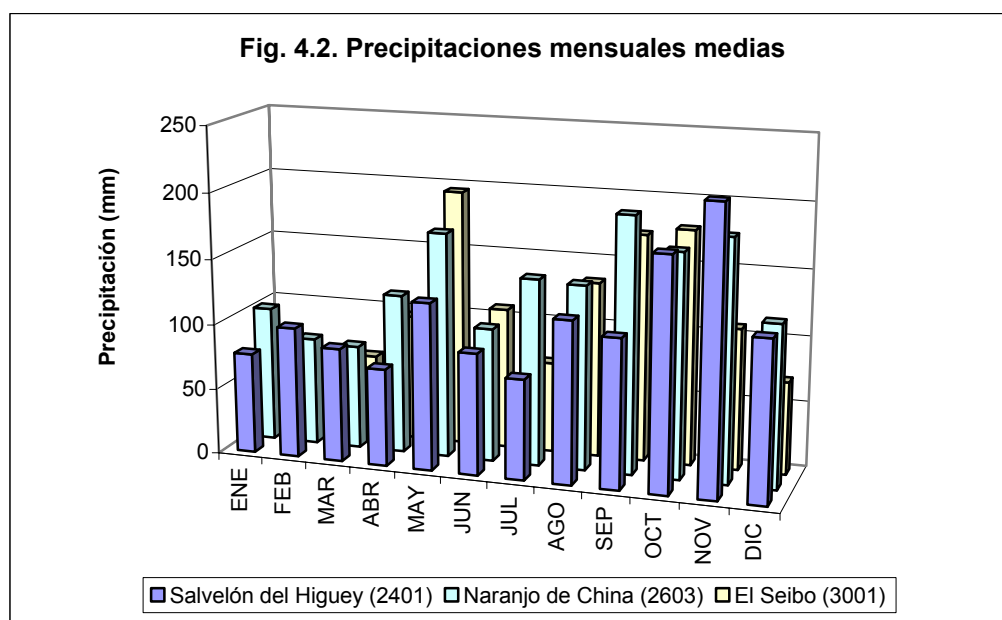
La serie originalmente recopilada se puede observar en Documentación Complementaria. Para cubrir las lagunas de información de las series se procedió a su completado, que se realizó con la media mensual del total de años incluidos en el estudio. Las series mensuales completas de precipitación total de la estación para el período de 23 años considerado se encuentra 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 variables, obteniéndose una media de precipitación en la zona de estudio de 1435.9 mm.

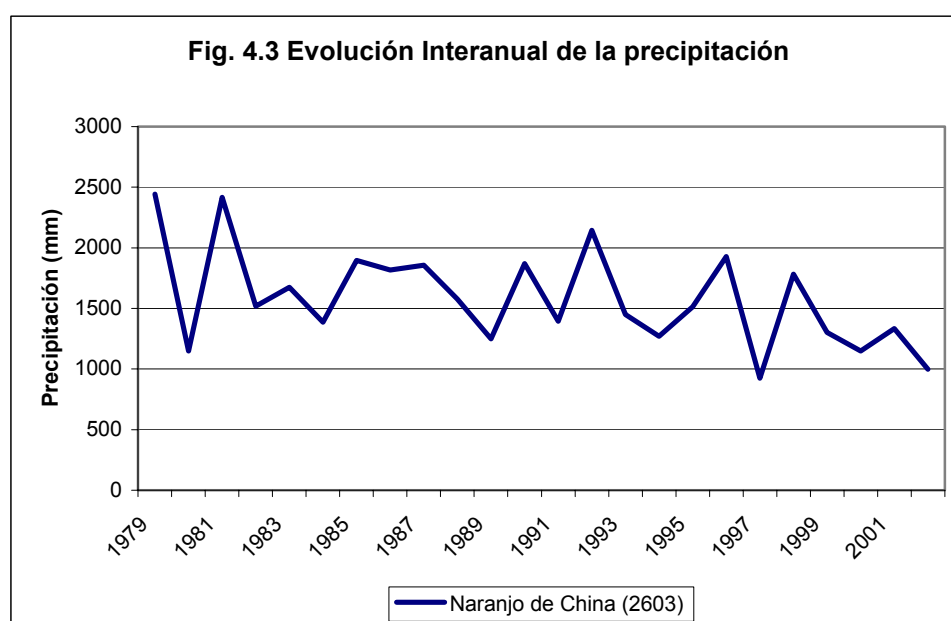
Cuadro 4.1.2. Módulo pluviométrico anual (en mm)

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MÓDULO DE PLUVIOMETRÍA ANUAL (mm)
2401	SALVALEÓN DE HIGUEY	1382.3
2603	NARANJO DE CHINA	1610.8
3001	EL SEIBO	1308.2
	MEDIA	1433.7

En la figura 4.2 se representa la distribución mensual de la precipitación de las tres estaciones: Salvaleón de Higüey (2401, 90 m.s.n.m.), Naranjo de China (2603, 130 m.s.n.m.) y El Seibo (3001, 120 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 noviembre y otro en mayo. Los meses más secos son enero, febrero y marzo. El pico máximo de pluviometría pertenece a la estación de Salvaleón de Higüey (2401), aunque las tres estaciones presentan pluviometrías similares.



La evolución interanual de la precipitación en los 23 años analizados sólo puede representarse en la estación 2603 – Naranjo de China, ya que no se tienen los datos de las estaciones de Salvellón de Higüey y El Seibo. En esta estación se puede observar una tendencia a la disminución de la precipitación. Esta evolución se representa en la figura 4.3.



Para la definición de los años tipo (seco, medio y húmedo) la estación de Naranjo de China se han ajustado las series de valores de precipitación total anual obtenidas 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 aquéllos 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 de la estación, 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 la 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
2603	NARANJO DE CHINA	1239.7	1610.8	2017.5

4.1.4. Análisis de la temperatura

Para la realización del presente estudio se han utilizado las series mensuales de temperaturas de tres estaciones climáticas (ver figura 4.1). Las estaciones 2603 – Naranjo de China y 3001 – El Seibo, se sitúan en la Unidad Hidrogeológica 02: Cordillera Oriental, mientras que la estación 2401- Salvaleón del Higüey se encuentra en la Unidad Hidrogeológica 01 – Planicie Costera Oriental. En el cuadro 4.1.4 se enumeran las estaciones utilizadas, con sus principales datos de localización.

Cuadro 4.1.4. Estaciones termométricas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
2401	SALVALEÓN DE HIGÜEY		18° 22' 12"	68° 25' 12"	90
2603	NARANJO DE CHINA	CL	18° 41' 46"	68° 49' 58"	130
3001	EL SEIBO		18° 27' 36"	69° 1' 48"	120

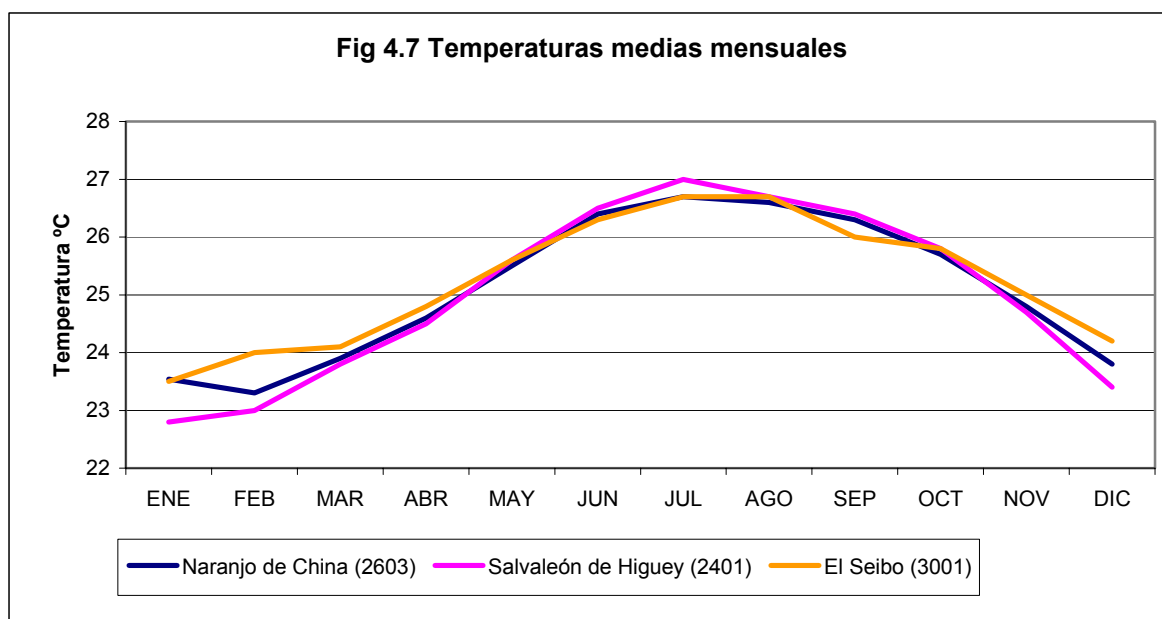
*CL: Estación climática

Al igual que en las series pluviométricas, y utilizando la misma metodología, se procedió al completado de las series de temperatura incompletas. En 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 las temperaturas medias son muy similares en las tres estaciones, siendo algo más baja en la estación 2401 – Salvaleón de Higüey.

Cuadro 4.1.5. Temperatura media anual

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
2401	SALVALEÓN DE HIGÜEY	24.8
2603	NARANJO DE CHINA	25.1
3001	EL SEIBO	25.3
	MEDIA	25.1

En la figura 4.7 se muestra la distribución mensual de las temperaturas medias para la tres estaciones. La distribución de las temperaturas es muy similar en las tres estaciones, con pocas variaciones a lo largo del año, siendo enero y febrero los meses más fríos y julio y agosto los meses más cálidos.



4.1.5. Evapotranspiración y lluvia útil

4.1.5.1. Evapotranspiración potencial

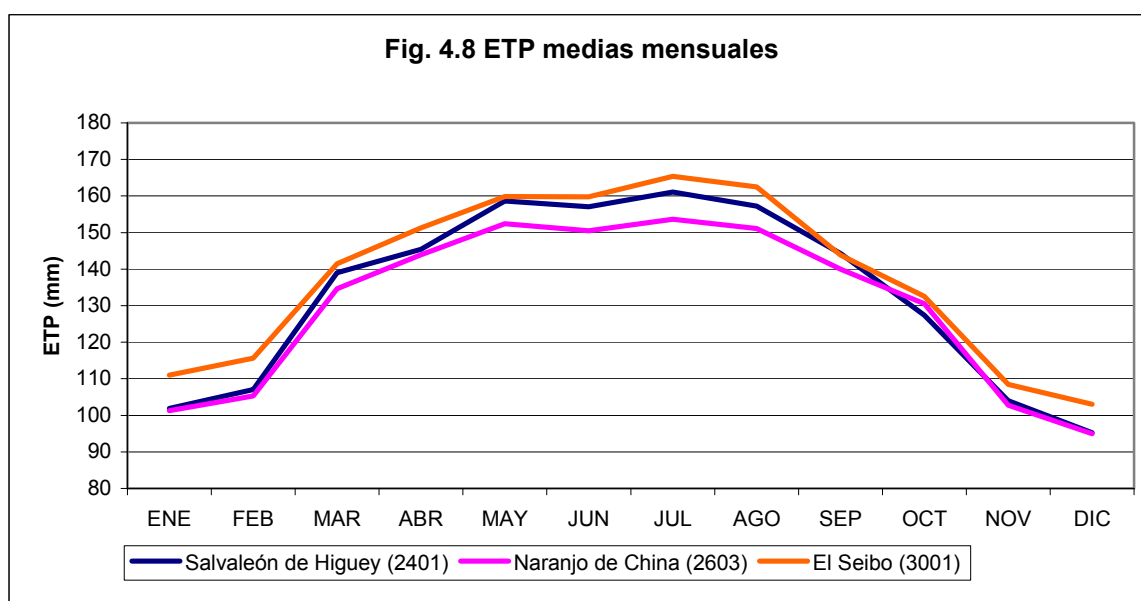
La evapotranspiración potencial (ETP) ha sido calculada utilizando el método de Hargreaves que, comparándolo con otros métodos, se considera apropiado para zonas tropicales. Con este método se obtiene el valor de la ETP mensual a partir de la temperatura media mensual, la media mensual de las temperaturas 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 1604.8 mm.

Cuadro 4.1.6. Evapotranspiración potencial media anual

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETP MEDIA ANUAL (mm)
2401	SALVALEÓN DE HIGUEY	1598.5
2603	NARANJO DE CHINA	1561.1
3001	EL SEIBO	1654.8
	MEDIA	1604.8

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 y enero, 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 escurrentía 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.

El cálculo del Balance Mensual de Agua en el Suelo en los tres años tipo ha sido realizado únicamente para la estación 2603 - Naranjo de China utilizando sus 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. Para las estaciones de El Seibo y Salvaleón de Higüey solamente se ha podido realizar el balance para el año medio, ya que es el único del que se tienen valores mensuales de precipitación. Se han considerado cinco hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo o capacidad de campo: 0, 25, 50, 75 y 100 mm. En Documentación Complementaria se encuentran los resultados del balance hídrico mensual en la estación de Naranjo de China, para cada uno de los tres años tipo y de las hipótesis de reserva de agua en el suelo, así como los balances hídricos mensuales para año medio en las estaciones de El Seibo y Salvaleón del Higüey. En la Memoria General se describe este método de cálculo de la lluvia útil con detalle.

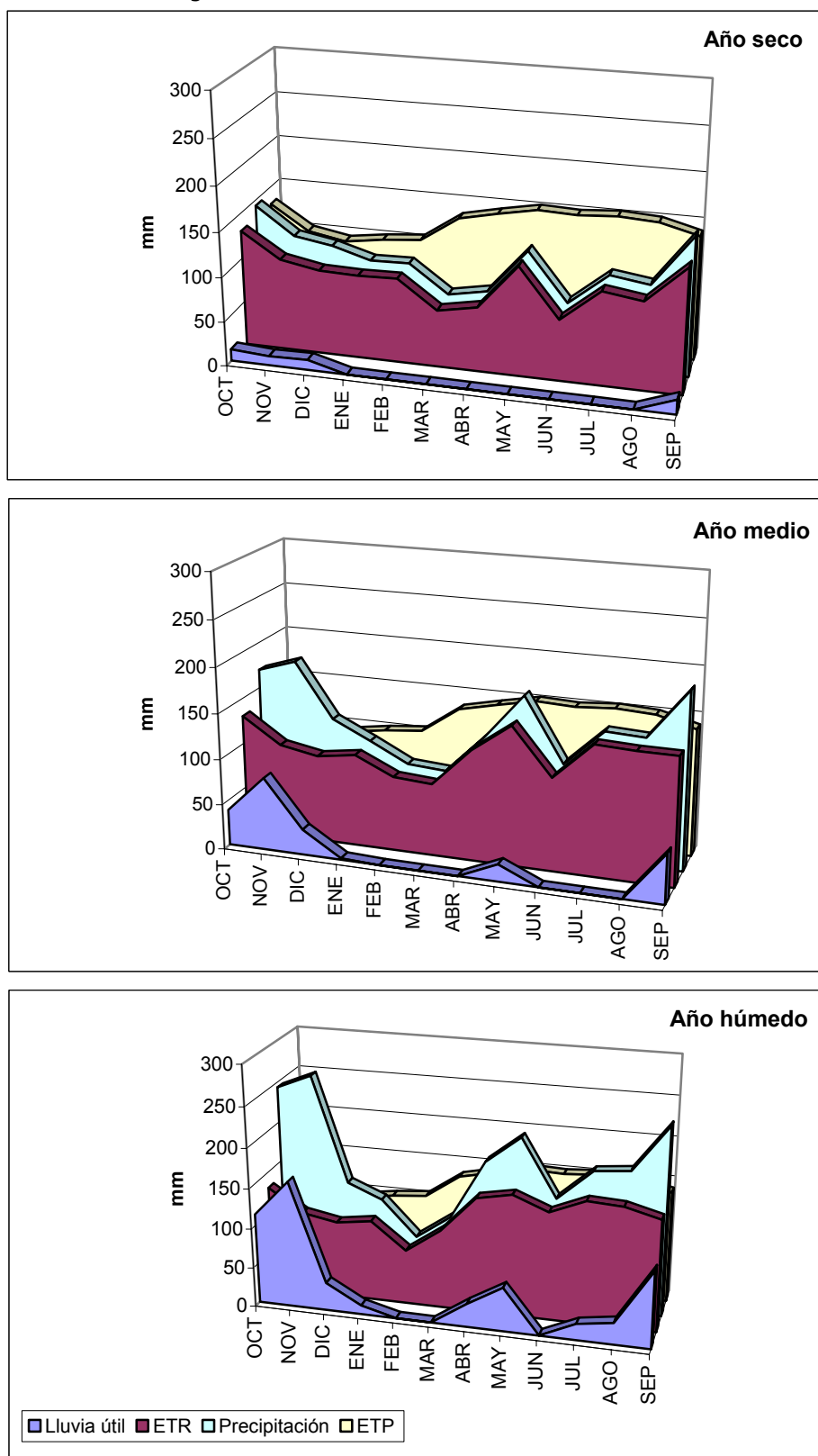
En este punto es necesario puntualizar que los datos de lluvia útil obtenidos están referidos a balances mensuales, de manera que a nivel diario ha podido generarse escorrentía y que esta no se detecte en el balance mensual. De esta manera, en aquellos meses donde el balance de agua en el suelo determina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

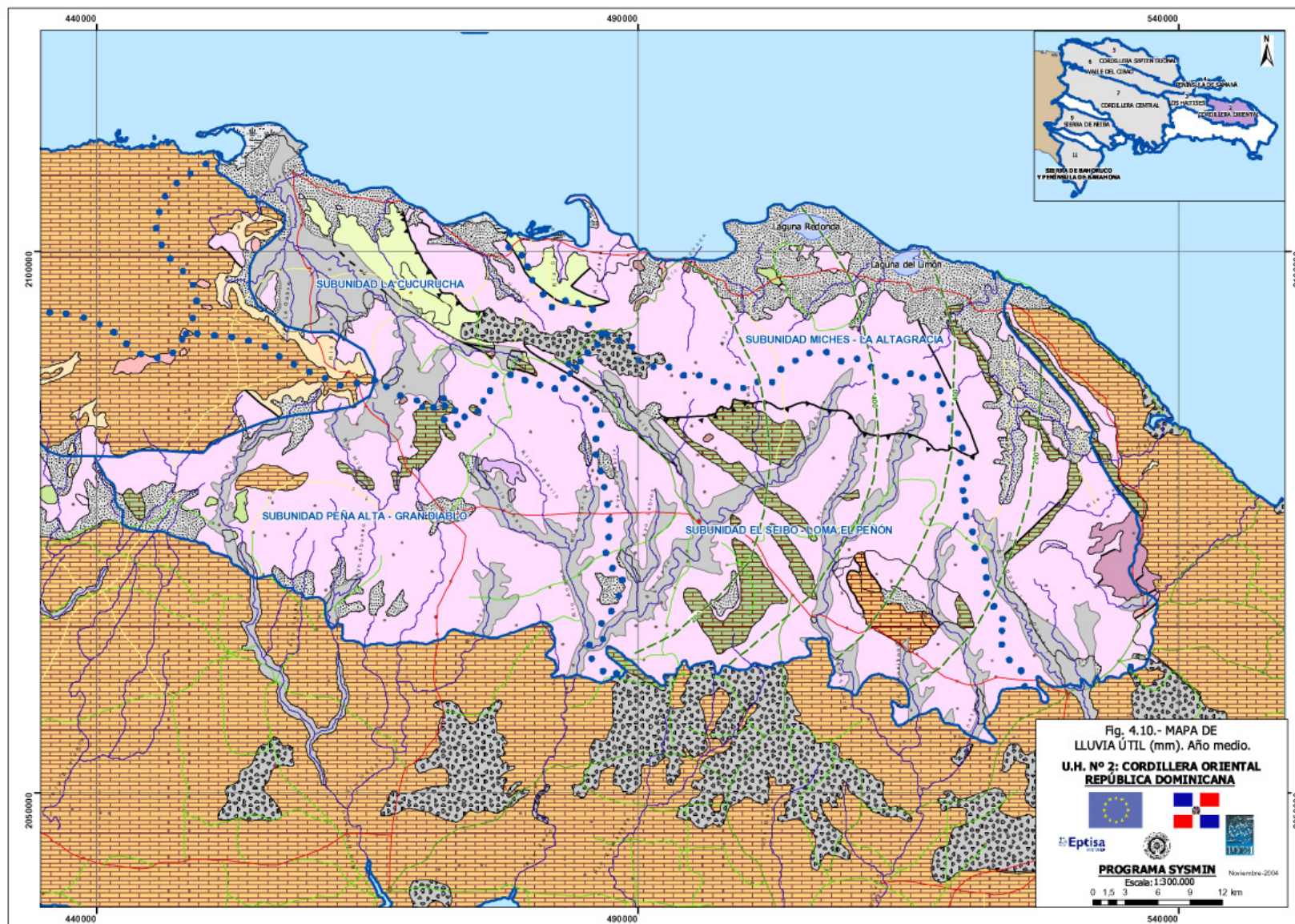
En el Anexo 3.4 se encuentran, como resumen de valores anuales, los resultados obtenidos correspondientes a la ETR, lluvia útil y coeficiente de escorrentía para cada estación pluviométrica, según las diferentes capacidades de campo y los años tipo. La capacidad de campo que se aplica a cada estación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

En la figura 4.9 se presenta la distribución mensual de estos datos, que conforman el balance de agua en el suelo, para la estación de Naranjo de China. La lluvia útil en los años secos es muy baja. Según pasamos a años medios y húmedos, la pluviometría es mayor y, considerando que la evapotranspiración potencial es igual a los otros dos años tipo, la lluvia útil aumenta considerablemente.

En la figura 4.10 se representan la lluvia útil para año medio. Ésta es mayor en la estación de Naranjo de China que en las estaciones de Salvaleón del Higüey y El Seibo, al igual que ocurría con las precipitaciones.

Figura 4.9. Balance de agua en el suelo. Estación 2603 – NARANJO DE CHINA CC= 0 mm





En el cuadro 4.1.7 se resumen los valores de lluvia útil obtenidos para cada una de las subunidades hidrogeológicas y para año medio. Estos valores se han obtenido multiplicando el valor de lluvia útil entre isolíneas por la superficie de los afloramientos permeables. Como ya se ha dicho anteriormente, la falta de datos para año seco y húmedo hace que sea imposible obtener los valores de lluvia útil para estos dos años tipo.

Cuadro 4.1.7. Lluvia útil anual (hm^3) para las subunidades hidrogeológicas

Subunidades	Año medio
<i>El Seibo- Loma el Peñón</i>	87
<i>La Cucurucha</i>	38
<i>Miches/- La Altagracia</i>	86
<i>Peña Alta- Gran Diablo</i>	34
MEDIA DE LA UNIDAD	66

Estos valores de lluvia útil representan la escurrentía total en la zona. En el capítulo 9 “Funcionamiento hidrogeológico y balance hídrico” se determinará qué parte de esta lluvia útil es escurrentía superficial y cuál es subterránea.

4.2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

4.2.1. Red Hidrográfica e Infraestructura Hidráulica

La infraestructura hidráulica de la unidad está constituida por un total de 15 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.

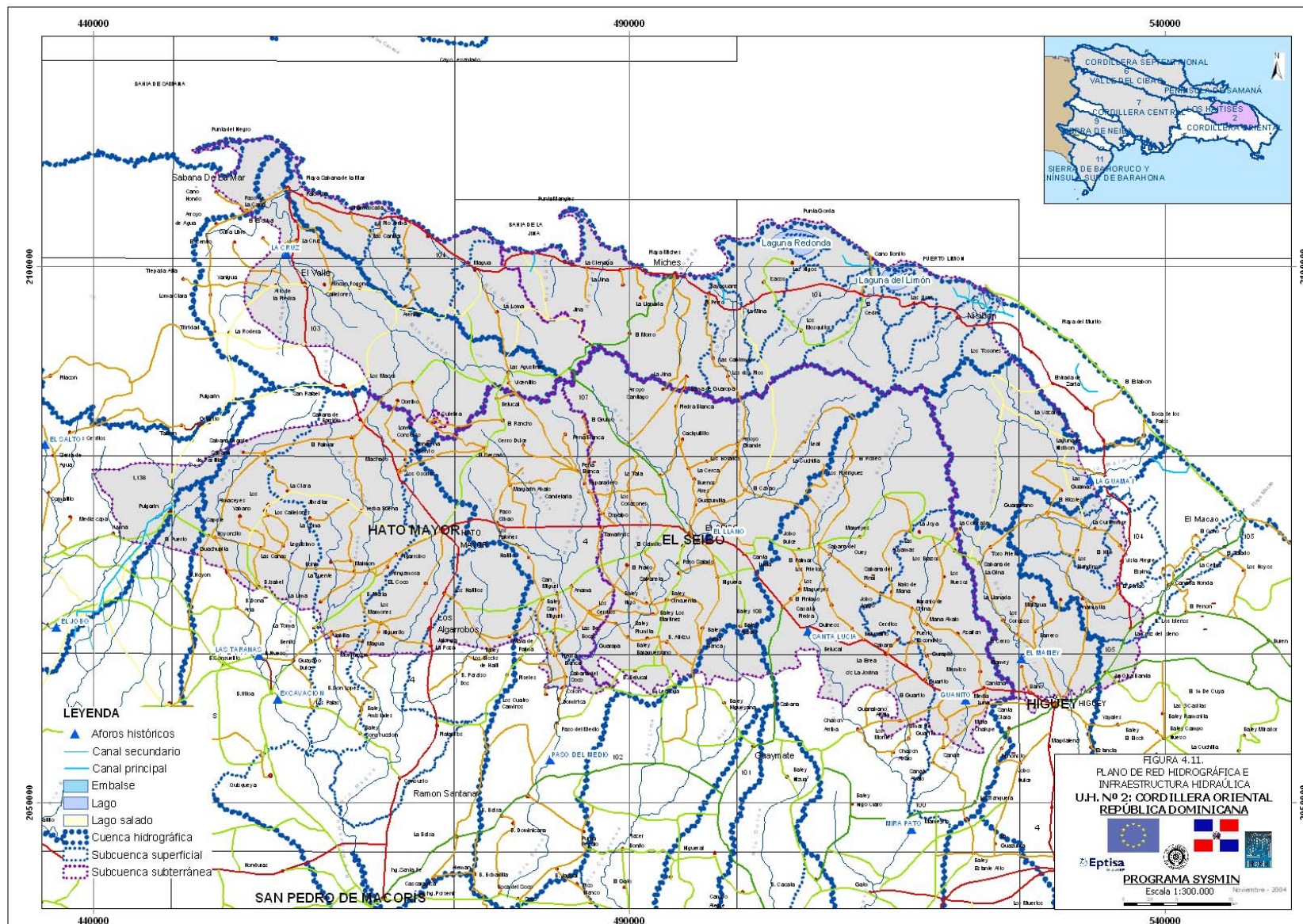
En cuanto a la infraestructura de riego, esta unidad dispone de un total de 5 canales de riego principales de los que parten una serie de canales secundarios. La longitud total de la red de canales (tanto principales como secundarios) es de 23.574 Km. La denominación de los canales principales, así como su longitud y la de sus secundarios quedan descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2.1. Canales de riego principales

NOMBRE DEL CANAL	LONGITUD (Metros)
LA MINA	2982
CAPITA YABACAO	4982
MAGUA-CAÑITA	1772
NISIBON	4830
PROYECTO EL CEDRO	3068
OTROS	5938
<i>TOTAL</i>	<i>23574</i>

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

En la figura 4.11 puede verse la infraestructura hidráulica existente dentro de los límites de la unidad hidrogeológica.



4.2.2. Análisis de datos de aforos históricos

Los recursos hídricos de la superficie que ocupa esta unidad hidrogeológica han sido controlados históricamente por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) por medio de 15 puntos de aforo de cauces superficiales. La mayor parte de estos puntos de control se encuentran situados en el cuadrante sureste de la unidad por ser ésta la zona con el mayor desarrollo hidrológico. Algunos de estos aforos disponen de registro histórico mensual continuo desde los años 50-60 hasta la década de los 90, con lo que se considera que las series son lo bastante representativas como para poder obtener valores fiables de medias históricas mensuales y anuales. Sin embargo la mayor parte de las series se encuentran bastante incompletas por lo que de los 15 aforos históricos existentes, únicamente se ha utilizado la información de las series mensuales de 6 de ellos. La información que aportan dichos puntos es de gran utilidad y merece la pena su análisis detallado, tanto para poder analizar la evolución histórica de los caudales medidos en cada estación, como para compararlos con los resultados de las campañas de medida de caudal mensual realizadas en los puntos de aforo próximos controlados en el presente estudio. En el siguiente cuadro quedan descritas las características principales de las estaciones de aforo históricas del INDRHI, apreciándose su distribución geográfica en la figura 4.12.

Cuadro 4.2.2. Principales características de las estaciones de aforo históricas del INDRHI

Denominación	Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río	Superficie de la cuenca aforada (km ²)
<i>La Cruz</i>	458046	2101210	Yabón	Río Yabón	263
<i>La Guama I</i>	533074	2080078	Maimón	Río Maimón	137
<i>El Mamey</i>	526629	2063410	Yuma	Río Yuma	48
<i>Guanito</i>	521478	2059531	Chavón	Río Sanate	110
<i>Santa Lucia</i>	506737	2065974	Chavón	Río Chavón	236
<i>Paso del Medio</i>	482672	2053964	Soco	Río Soco	858

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

Cuadro 4.2.3. Datos de las estaciones de aforo

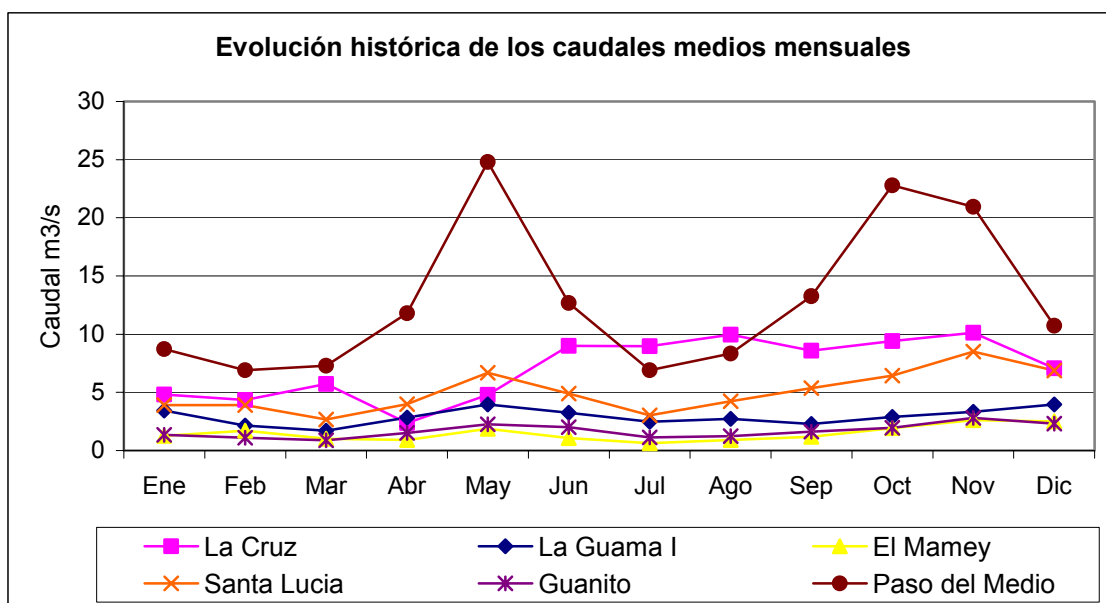
Denominación	Año Inicio	Año Final	Máx Histórico	Mín Histórico	Media Mensual
<i>La Cruz</i>	1969	1974	22.42	0.33	7.10
<i>La Guama I</i>	1956	1965	10.1	0.2	2.85
<i>El Mamey</i>	1968	1994	14.15	0	1.49
<i>Guanito</i>	1956	1994	18.09	0.08	1.68
<i>Santa Lucia</i>	1956	2003	57.51	0.27	4.97
<i>Paso del Medio</i>	1957	1994	170.37	0.73	12.93

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

Cuadro 4.2.4. Caudales medios mensuales (en m³/s) de los puntos de control

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
<i>La Cruz</i>	4.83	4.35	5.73	2.38	4.80	9.00	8.96	9.95	8.60	9.40	10.12	7.08	7.10
<i>La Guama I</i>	3.44	2.14	1.71	2.82	3.97	3.24	2.47	2.73	2.29	2.89	3.34	3.95	2.85
<i>El Mamey</i>	1.28	1.71	1.01	0.92	1.87	1.07	0.64	0.92	1.17	1.93	2.62	2.51	1.49
<i>Guanito</i>	1.34	1.09	0.88	1.51	2.25	2.02	1.13	1.23	1.63	1.97	2.82	2.32	1.68
<i>Santa Lucia</i>	3.90	3.92	2.66	3.98	6.69	4.90	3.02	4.25	5.36	6.44	8.51	6.87	4.97
<i>Paso del Medio</i>	8.73	6.91	7.28	11.82	24.81	12.70	6.91	8.33	13.26	22.79	20.94	10.73	12.93

En general se observa la existencia de dos periodos de aguas más altas, el primero de ellos en los meses de mayo y junio, y el segundo desde septiembre-octubre a diciembre. En los primeros meses del año (entre enero y abril) y en el mes de julio, 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. El siguiente gráfico muestra la evolución de caudal de las medias mensuales históricas de cada uno de los puntos de aforo del INDRHI. Se aprecian tanto las oscilaciones de caudal anual como los periodos de aguas altas y bajas.



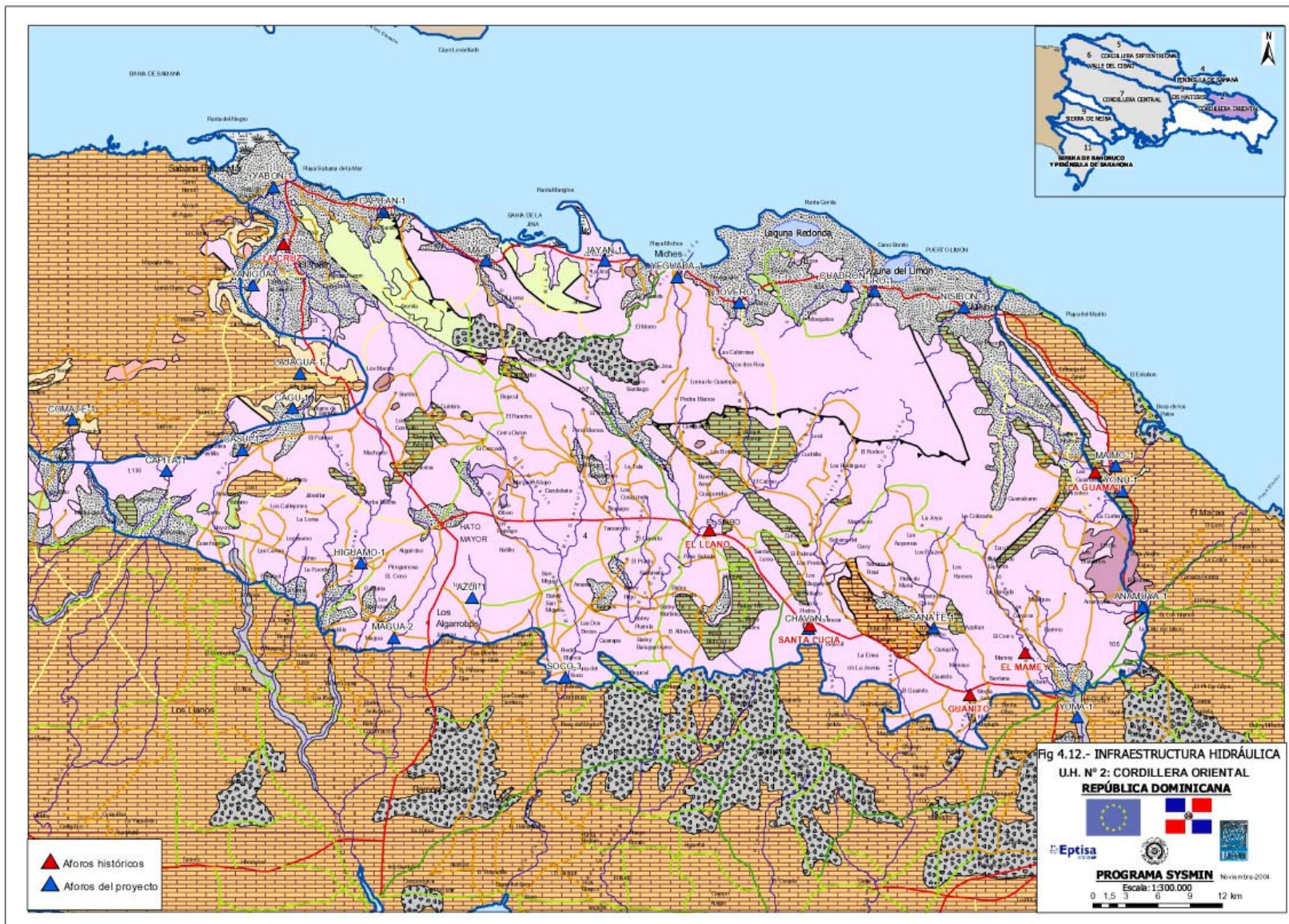
Las oscilaciones en los caudales medidos coinciden plenamente con las variaciones existentes en el registro de precipitaciones tal y como se aprecia en el estudio climatológico realizado para la zona.

El punto de aforo *La Cruz*, situado en el límite noroeste de la Unidad Hidrogeológica, posee unos caudales medios bastante elevados (del orden de los 7 m³/s), aunque la mayor parte de éstos corresponden a salidas de la Unidad Hidrogeológica de Los Haitises, siendo minoritario el porcentaje de caudal que proviene del drenaje de la unidad de la cordillera oriental.

Así pues, las mayores salidas de la unidad controladas en los aforos históricos se producen en la zona centro sur de la unidad, a través del río Chavón, tal y como se aprecia en los caudales medios mensuales y anuales de la estación de aforo Santa Lucia.

A través del río Maimón se producen las segundas salidas en importancia, estando controladas por el punto de aforo La Guama I.

Los otros dos puntos de aforo (Guanito y El Mamey) controlan cauces de menor entidad situados en la zona sureste de la unidad. El punto de aforo Guanito controla las salidas que se producen a través del río Sanate, mientras que el punto El Mamey controla las salidas a través del río Duey o Yuma. Los valores medios mensuales de los caudales de ambos ríos oscilan en torno a 1 y 3 m³/s.



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

Para el control foronómico de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Oriental se han realizado medidas mensuales de caudal en 21 puntos de aforo, cuyas características principales se describen a continuación.

En la figura 4.12 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.

Yabón-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 Yabón. El caudal medido en este punto no responde en su totalidad a recursos generados dentro de la unidad hidrogeológica de la cordillera oriental. Una parte importante del caudal es aportado por la unidad contigua de Los Haitises a través de varios ríos y arroyos, estando controlada la salida más importantes mediante el aforo del río Yanigua. Si se resta el caudal de este punto de aforo del total controlado en el punto de aforo Yabón-1, se obtienen las salidas de agua de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental que se producen a través del río Yabón.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
457120	2106474	Yabón	Río Yabón

Los datos de caudal medidos en las sucesivas campañas en el río Yabón presentan oscilaciones anuales importantes con mínimos de 1.062 y máximos de 8.157 m³/s. Asimismo la diferencia de caudal entre el punto Yabón-1 y Yanigua (salidas generadas en la unidad hidrogeológica) sufre oscilaciones de entre 0.988 y > 6 m³/s.

Cuadro 4.2.5. Datos de caudal medidos en el río Yabón

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
Yabón-1												
3.066	8.157	6.564	3.170	2.439	1.062	Crecida	4.838	3.527	2.767	4.541	3.182	3.94
Yanigua												
1.494	3.317	1.321	0.415	0.202	0.074	2.867	0.925	0.815	0.723	1.494	0.632	1.02
Yabón 1 – Yanigua												
1.572	4.840	5.243	2.755	2.237	0.988	> 6.00	3.913	2.712	2.044	3.047	2.55	2.92

Capitán-1

Este punto de aforo se sitúa en el límite noroeste de la unidad controlando las salidas que se producen a través del río Capitán, que discurre hacia el norte drenando en su mayoría depósitos volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja. El tramo final del río, que es donde se encuentra situado el punto de aforo, discurre por depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial de muy alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
467284	2104194	Capitán	Río Capitán

Los datos de caudal sufren oscilaciones significativas con mínimos de 0.223 m³/s y máximos de 1.656 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
	1.656	0.761	1.116	0.375	0.223	1.482	1.073	0.742	0.418	0.497	0.443	0.80

Magua-1

Este punto de aforo se sitúa muy próximo al punto anteriormente descrito y controla las salidas del que se producen de la unidad a través del río Magua. Este río comienza discurriendo por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media a baja, mientras que en el tramo

final drena depósitos cuaternarios detríticos de origen fluvial de muy alta permeabilidad. El aforo se sitúa en este tramo final, antes de su desembocadura al mar.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
476750	2099690	Magua	Río Magua

Al igual que ocurre con el punto anteriormente descrito, los caudales medidos en las sucesivas campañas sufren oscilaciones mensuales importantes con máximos de 6.697 m³/s y mínimos de 0.156 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.156	6.697	1.828	1.221	0.670	0.583	5.286	2.763	1.014	0.213	0.259	0.815	1.79

Jayán-1

Este punto de aforo se sitúa en el límite norte de la unidad y controla las salidas que se producen a través del río Jayán que drena fundamentalmente materiales volcano-sedimentarios con grado de permeabilidad de medio a bajo.

Coord. X	Coord. Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
487753	2099673	Jayán	Río Jayán

Los caudales medidos en cada una de las campañas presentan variaciones importantes con oscilaciones de entre 0.066 y 4.197 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.170	4.197	0.539	0.316	0.363	0.109	2.339	Crecida	0.258	0.146	0.218	0.066	0.79

Yeguada-1

Este punto de aforo se encuentra situado en la desembocadura del río Yeguada controlando las salidas de la unidad que se producen a través del mismo. Los materiales por los que discurre este cauce son depósitos volcano-sedimentarios de permeabilidad media a baja.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
494487	2098170	Yeguada	Río Yeguada

Los caudales en este punto de aforo son más constantes que en los anteriormente descritos aunque también se dan oscilaciones importantes con mínimos de 0.307 m³/s y máximos medidos de 1.661 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
1.285	Crecida	0.955	0.764	1.141	0.307	1.661	Crecida	0.504	0.383	0.33	0.289	0.76

Jovero-1

Este punto de aforo se sitúa en el sector noreste de la Unidad Hidrogeológica, y controla las salidas que se producen a través del río Jovero. El tramo inicial de este curso de agua discurre por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media a baja, pasando posteriormente a drenar depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial de muy alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
500157	2095795	Jovero	Río Jovero

Los caudales medidos en este punto de aforo presentan variaciones estacionales importantes con valores mínimos de 0.086 m³/s y máximos de 6.170 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.086	6.170	0.893	0.517	0.584	0.263	1.591	Crecida	0.561	0.038	0.322	0.221	1.02

Cuadrón-1

Este punto de aforo, al igual que el anterior, se sitúa en el sector noreste de la unidad hidrogeológica y controla las salidas de esta a través del río Cuarón. Este río discurre por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja y por depósitos detríticos del Cuaternario con un grado de permeabilidad muy alto.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
510173	2097298	Cuarón	Río Cuarón

Los caudales de salida controlados en las sucesivas campañas de aforo presentan importantes oscilaciones con valores mínimos de 0.322 m³/s y máximos de 4.205 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.322	4.205	1.236	1.122	1.460	0.454	3.315	1.8	0.886	0.936	0.507	0.251	1.37

Cedro-1

Este punto de aforo se sitúa muy próximo al anterior controlando las salidas que se producen de la unidad a través del río Cedro. Este cauce discurre en su tramo inicial por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja, pasando posteriormente a drenar depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
512669	2096854	Cedro	Río Cedro

Los caudales medidos presentan oscilaciones importantes con valores mínimos de 0.281 m³/s y máximos de 8.519 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.281	8.519	1.008	1.002	1.392	0.557	1.860	1.446	0.558	0.982	1.149	0.319	1.59

Nisibón-1

Este punto de aforo también se sitúa en el sector noroeste de la unidad hidrogeológica controlando las salidas que se producen al mar desde el cauce del río Nisibón. Al igual que en los casos anteriores, el tramo inicial del río discurre por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja. Sin embargo, en el tramo siguiente el río drena unos afloramientos de materiales carbonatados constituidos por calizas del Cretácico de permeabilidad alta. El tramo final del río (donde se sitúa el punto de aforo) discurre sobre depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial con muy alto grado de permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
520945	2095365	Nisibón	Río Nisibón

Los caudales medidos en las sucesivas campañas varían considerablemente, con máximos de 2.054 m³/s y periodos en los que puede llegar a secarse.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.219	2.054	0.877	0.705	0.820	0.310	0.693	0.739	0.586	0.831	0.728	0	0.71

Maimón-1

Este punto de aforo se sitúa en el sector este de la unidad en el límite con la unidad hidrogeológica de la Planicie Costera Oriental, y controla las salidas que se producen a través del río Maimón. Esta es una de las principales descargas de la unidad hidrogeológica ya que en este río confluyen aguas arriba los ríos Guayabo, Ampolla y Llano. La mayor parte de estos

cauces discurren a través de materiales de alta permeabilidad como son los afloramientos de calizas del Cretácico, o los depósitos detríticos cuaternarios de origen fluvial.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
534960	2080685	Maimón	Río Maimón

Las variaciones de caudal existentes entre las sucesivas campañas son considerables, con oscilaciones de entre 15.530 y 0.683 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
	15.530	4.655	2.373	4.064	0.833	2.205	3.75	2.916	1.763	2.57	0.683	3.76

Yonu-1

Este punto de aforo se sitúa dentro del sector este de la unidad, al sur del punto anteriormente descrito, controlando las salidas que se producen a través del río Yonu. El aforo se sitúa en el límite de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Occidental con la Planicie Costera Oriental. Este río drena dos afloramientos de calizas cretácicas de alta permeabilidad separados por una zona de materiales volcano-sedimentarios con un grado de permeabilidad medio-bajo.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
535568	2078370	Yonu	Río Yonu

Los caudales controlados son muy inferiores con respecto a los del anterior punto de aforo, existiendo también importantes variaciones de volumen con oscilaciones de entre 0.037 y 2.556 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.300	2.556	0.613	0.188	0.832	0.037	0.228	0.718	0.905	0.215	0.239	0.136	0.58

Anamuya-1

Este es el tercero de los afloros situados en el sector este de la unidad hidrogeológica. Al igual que los anteriores puntos está localizado en el límite con la unidad contigua de la Planicie Costera Oriental y controla las salidas que se producen a través del río Anamuya. Durante su recorrido por esta unidad hidrogeológica el río discurre en su totalidad por materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
537440	2067655	Anamuya	Río Anamuya

Los caudales controlados son similares a los del aforo del río Yonu, existiendo asimismo oscilaciones de caudal de entre 0.107 y 2.086 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.107	2.086	0.683	0.284	0.395	0.196	0.175	0.693	0.974	0.222	0.133	0.139	0.51

Yuma-1

Este aforo se sitúa en el sector sureste de la unidad hidrogeológica, en el límite con la unidad contigua de la Planicie Costera Oriental. Con él se controlan las salidas que se producen a través del río Duey (Yuma). La cuenca del río aforada está constituida casi en su totalidad por depósitos volcano-sedimentarios cuyo grado de permeabilidad se considera medio-bajo.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
531409	2057485	Yuma	Río Duey (Yuma)

Exceptuando el mes de noviembre, que presenta un caudal anómalo (posible crecida), el resto de los valores de caudal se mantienen bastante constantes con oscilaciones de entre 0.221 y 1.186 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
1.017	5.6	0.649	0.703	1.186	0.632	0.537	0.731	0.381	0.35	0.221		1.09

Sanate-1

Este aforo también se encuentra situado en el sector sureste de la unidad controlando las salidas que se producen a través del río Sanate. Los materiales drenados por el río son fundamentalmente depósitos volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja. Aguas arriba del punto de aforo se encuentra un afloramiento de materiales carbonatados constituido por calizas del Eoceno-Mioceno de alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
518128	2065699	Sanate	Río Sanate

Los caudales medidos sufren un incremento importante en los meses de noviembre y diciembre con valores de 1.683 y 1.918 m³/s. El resto de las medidas realizadas se mantienen en valores bastante constantes con ligeras oscilaciones de caudal entre 0.342 y 0.615 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.342	1.683	1.918	0.615	0.391	0.431	0.486	0.847	0.621	0.675	0.382	0.228	0.72

Chavón-1

Este es el tercer punto de aforo situado dentro del sector sureste de la unidad. A través de este cauce se producen las salidas más importantes del sector sureste, al tener la cuenca de recepción más amplia, compuesta por las subcuencas del río Chavón y del río Quisibani. Los materiales drenados por ambos cauces son fundamentalmente los depósitos volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja, aunque es posible que reciban aportes de los afloramientos calizos eocenos y cretácicos.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
506573	2065631	Chavón	Río Chavón

Al igual que ocurre con el anterior punto de aforo, los caudales controlados en los meses de noviembre y diciembre son muy superiores a los caudales de los meses restantes, que oscilan entre 0.442 y 4.145 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
1.566	6.753	8.963	0.442	1.619	1.902	1.334	4.145	2.325	1.916	1.408	1.024	2.78

Soco-3

Este punto de aforo se encuentra situado en el sector sur de la unidad y controla las salidas que se producen a través del río Soco. Las mayores descargas de este sector se producen por este cauce al poseer una amplia cuenca de drenaje constituida por varios ríos y arroyos tributarios que drenan fundamentalmente depósitos volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja y algunos afloramientos carbonatados de cierta envergadura, constituidos por calizas del Cretácico de alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
484077	2061147	Soco	Río Soco

Los caudales aforados en este punto sufren fuertes oscilaciones existiendo meses en los que incluso no se han podido determinar los caudales por ser excesivamente altos. Los volúmenes que han podido ser contabilizados oscilan entre 0.211 y 13.265 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.211	Crecida	Crecida	7.137	2.044	4.516	1.714	13.265	10.557	2.079	1.856	2.556	4.59

Azui-1

Este punto de aforo controla las aguas del arroyo Jagua antes de confluir con el río Azui. Se trata de un cauce de escasa entidad que drena materiales de permeabilidad media-baja constituidos por depósitos volcano-sedimentarios.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
475473	2068507	Magua	Arroyo Jagua

Los caudales aforados son en general bajos en comparación con otros puntos de aforo, debido fundamentalmente a la poca superficie de la cuenca de drenaje controlada. Los valores medidos presentan importantes variaciones, oscilando entre 0 y 0.239 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
	0.239	0.260	0.014	0.004	0.139	0.001	0.002	0.009	0	0.003	0.007	0.06

Magua-2

Este punto de aforo se encuentra situado en el sector sur de la unidad controlando las salidas que se producen a través del río Magua. Este cauce nace de unos afloramientos carbonatados constituidos por calizas cretácicas de alta permeabilidad, drenando posteriormente los materiales menos permeables que constituyen los depósitos volcano-sedimentarios.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
468221	2064821	Magua	Río Magua

Los caudales aforados en este punto sufren fuertes oscilaciones con variaciones de entre 0.045 y 1.441 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
1.441	0.575	1.136	0.278	0.118	0.933	0.100	0.168	0.109	0.045	0.121	0.234	0.44

Higuamo-1

Este punto de aforo se encuentra situado en la sector sur de la unidad y controla las salidas que se producen a través del río Higuamo. La mayor parte del río discurre por los depósitos volcano-sedimentarios de grado de permeabilidad medio-bajo. Existe un tramo que drena unos afloramientos de calizas del Cretácico de alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
465225	2071726	Higuamo	Río Higuamo

Los caudales aforados en este punto sufren fuertes variaciones oscilando entre 0.044 y 2.499 m³/s.

DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
1.568	1.277	2.499	0.519	0.153	0.258	0.189	0.561	0.15	0.044	0.181	1.907	0.78

Capita-1

Este punto de aforo, junto con el siguiente (Casuí-1) se encuentran situados en el sector suroeste de la unidad hidrogeológica, constituido por una estrecha banda de materiales eminentemente volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja. Los caudales aforados proceden fundamentalmente del drenaje de la unidad hidrogeológica de Los Haitises. En el caso del río Capitán, los materiales drenados se corresponden con las calizas arrecifales pliocenas de Los Haitises consideradas de muy alta permeabilidad.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
447240	2080231	Brujuelas	Río Capita

Los caudales aforados en este punto presentan variaciones grandes apreciándose una disminución progresiva desde el mes de octubre a marzo. Las oscilaciones de caudal medidas están entre 0.134 y 3.687 m³/s.

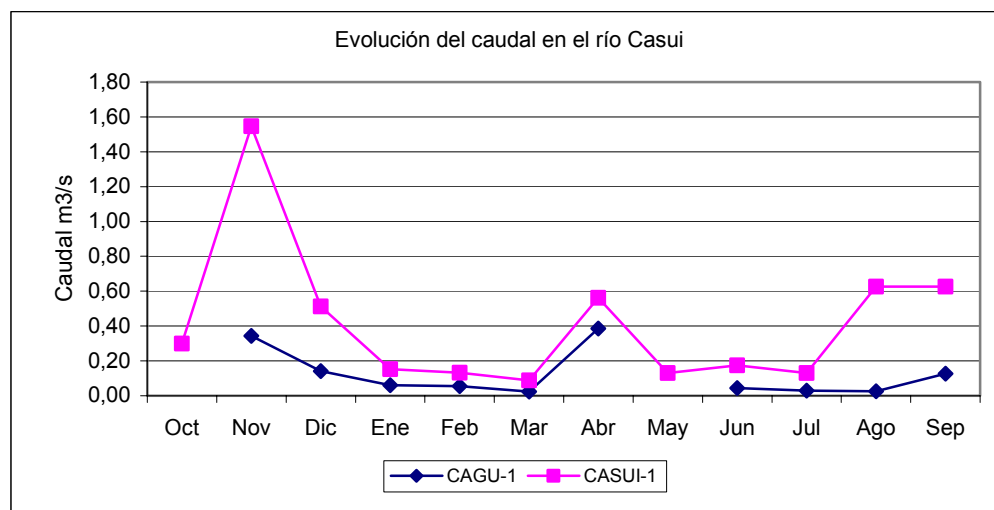
DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media Anual
3.687	2.090	1.972	0.332	0.215	0.134	0.404	0.313	0.587	0.835	0.664	0.923	1.01

Casuí-1

Al igual que el punto anteriormente descrito, este aforo se encuentra situado en la sector suroeste de la unidad. Este río es aforado aguas arriba (Cagu-1) dentro de la unidad hidrogeológica de Los Haitises por lo que se puede hacer una comparación entre ambos puntos para determinar las pérdidas o ganancias producidas en este tramo del río.

Coord X	Coord Y	Cuenca Hidrográfica	Nombre del río
454250	2082200	Casuí	Río Casuí

El tramo de río situado entre el punto de aforo Cagu-1 y Casuí-1 está drenando materiales detríticos cuaternarios de origen fluvial con un alto grado de permeabilidad, y se comporta como un tramo ganador, produciéndose aumentos de caudal considerables tal y como se aprecia en el siguiente gráfico.



Exceptuando el mes de noviembre que presenta un caudal elevado en comparación con el resto de las medidas, los caudales se mantienen bastante constantes con pequeñas oscilaciones entre 0.089 y 0.62 m³/s.

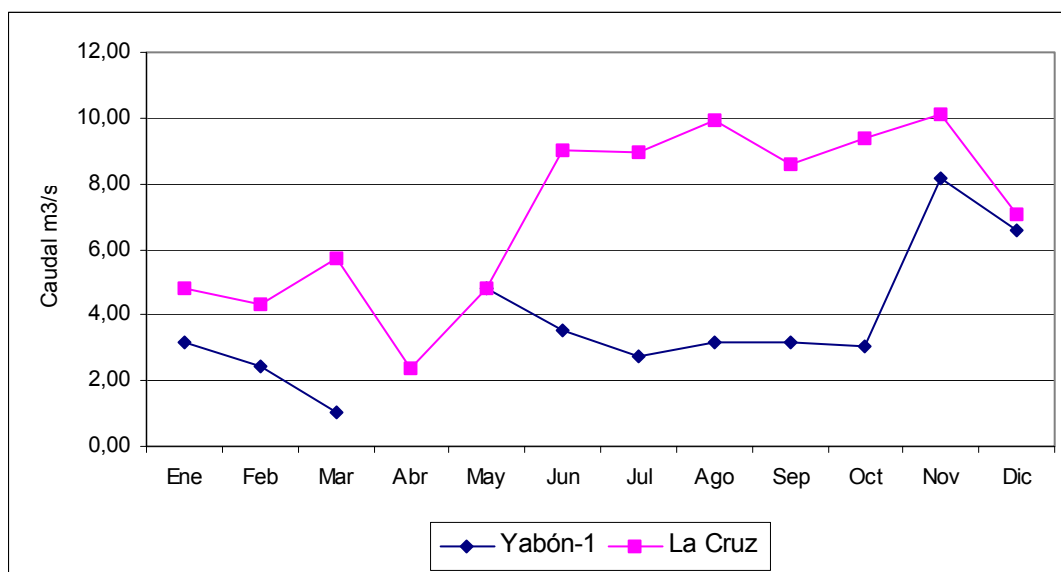
DATOS DE CAUDAL EN m³/s												
<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Media Anual</i>
0.300	1.547	0.512	0.152	0.132	0.089	0.562	0.13	0.174	0.13	0.144	0.627	0.37

4.2.4. Relación entre los aforos históricos y los actuales

Las 5 estaciones de aforo históricas del INDRHI de las que se tiene información pueden ser comparadas, por proximidad geográfica, con puntos de aforo controlados durante la realización del presente estudio.

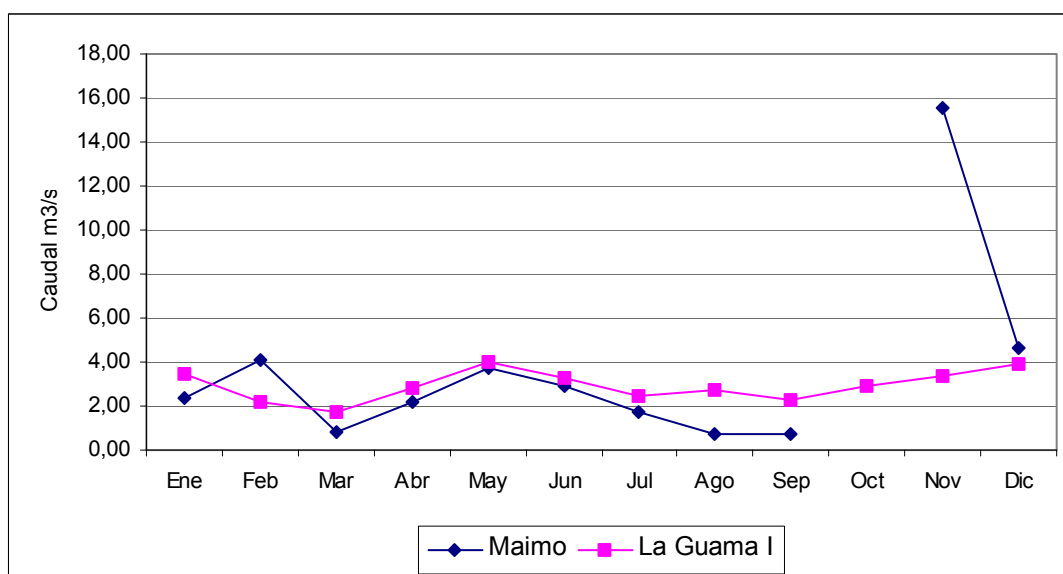
Esta comparación permite conocer el tipo de año hidrológico del periodo de estudio pudiendo determinar si se trata de un año medio, seco o húmedo. Para la realización de dichas comparativas se ha utilizado la media de los caudales mensuales históricos en relación con las medidas mensuales llevadas a cabo en puntos de aforo del estudio.

El siguiente gráfico muestra la relación existente entre el aforo histórico del INDRHI La Cruz y el punto de aforo de este estudio Yabón-1. A pesar de que el punto Yabón-1 se encuentra situado aguas abajo del aforo histórico La Cruz, no existen tributarios de importancia entre ambos, por lo que la comparación entre ambos puntos presenta una fiabilidad alta.



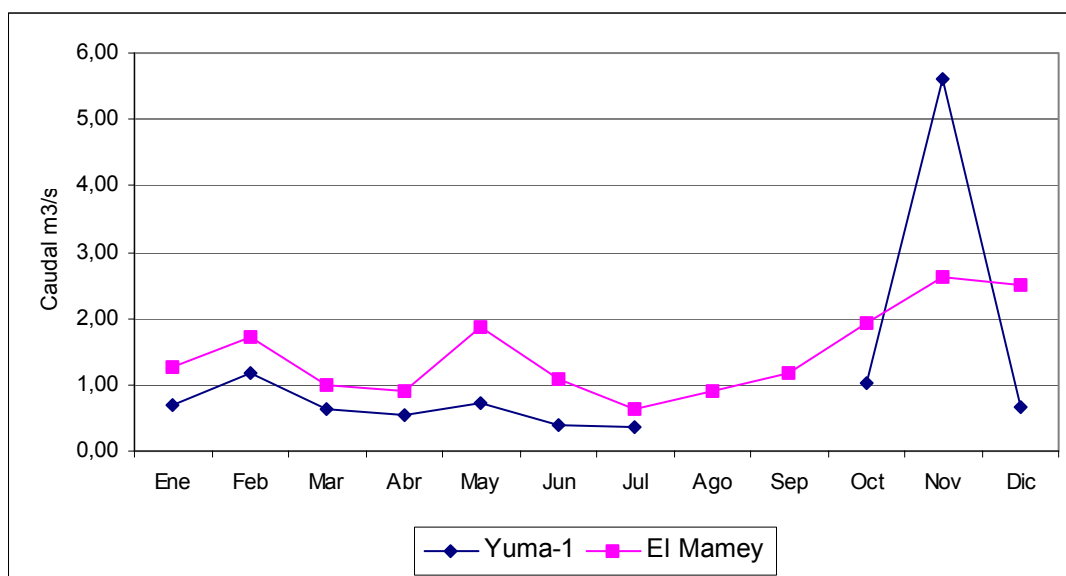
El gráfico de comparación entre ambos aforos muestra como los caudales controlados en el presente estudio son netamente inferiores a los caudales medios históricos. Se aprecia una similitud en las tendencias de las curvas coincidiendo los periodos de aguas altas y aguas bajas.

El punto de aforo histórico de La Guama I coincide exactamente con la situación geográfica del aforo del presente estudio Maimon-1. El siguiente gráfico muestra la comparación de ambas series.



Exceptuando la medida del mes de noviembre, considerada anómala, el resto de los caudales controlados son similares a los valores históricos medios mensuales.

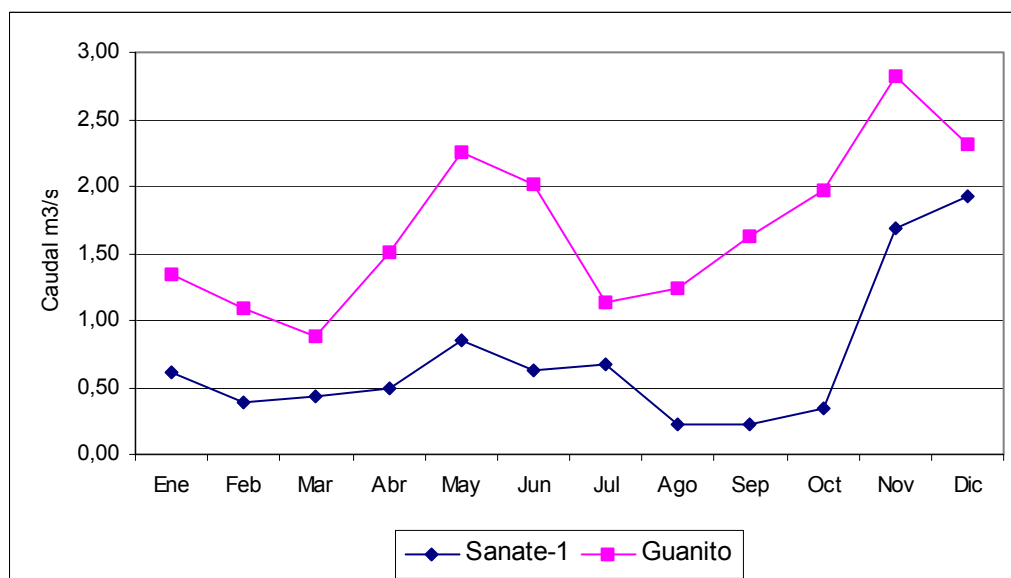
El punto de aforo histórico El Mamey puede ser comparado con el aforo del presente estudio Yuma-1. Este punto se encuentra situado aguas abajo de El Mamey recibiendo en el tramo entre ambos los aportes del río Quisibani, con el consecuente aumento de caudal.



Exceptuando la medida realizada en el mes de noviembre (y agosto y septiembre en los que no se pudo realizar medida del caudal por fuertes crecidas), los caudales controlados en el aforo Yuma-1 son inferiores a las medias históricas mensuales medidas en el punto de aforo del INDRHI El Mamey. Esta diferencia de caudal sería incluso menor ya que habría que descontar los aportes producidos por el río Quisibani.

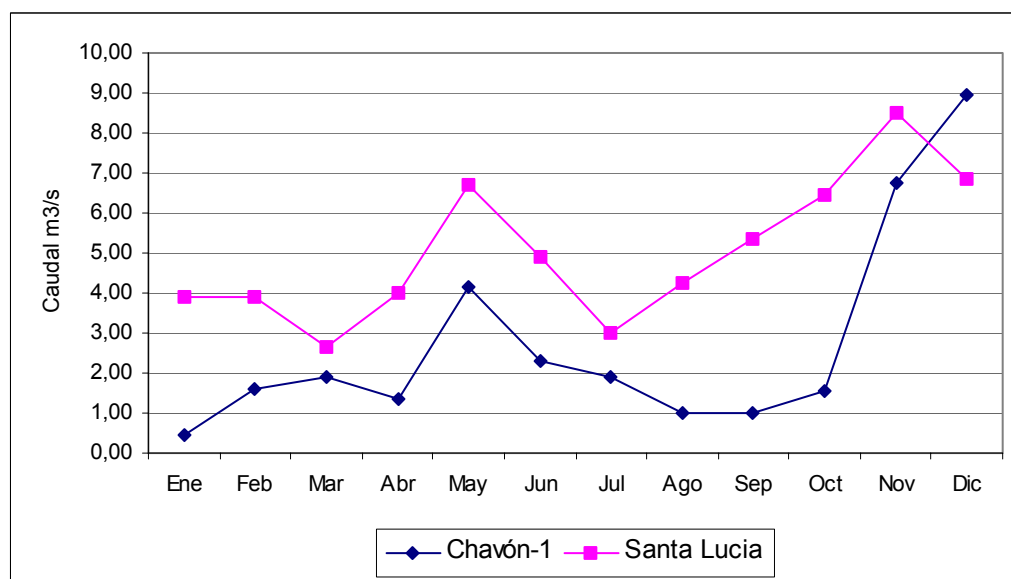
La tendencia de los hidrogramas de ambos aforos es similar observándose niveles máximos entre los meses de octubre y diciembre y dos ligeras subidas en febrero y mayo.

Al contrario de lo que ocurre en el anterior punto de aforo descrito, el aforo histórico Guanito se encuentra situado aguas abajo del punto de aforo del presente estudio Sanate-1. En el tramo del río entre ambos aforos se produce la incorporación de varios cauces, siendo el más importante el río Mana. El siguiente gráfico muestra la comparación de las medias históricas mensuales comparadas con la medidas llevadas a cabo en el presente estudio.



Los caudales controlados en el punto Sanate-1 durante el año hidrológico 2003-2004 son muy inferiores a las medias históricas mensuales. Los valores máximos de caudal se dan entre los meses de noviembre y diciembre y de mayo y junio.

La última comparativa que se puede realizar es entre el punto de aforo histórico del INDRHI Santa Lucia y el aforo del presente estudio Chavón-1. La situación geográfica de ambos puntos es similar. El siguiente gráfico muestra la evolución de los caudales medios mensuales históricos en relación con los datos de aforo controlados durante el año hidrológico 2003-2004.



En general se observa que los caudales controlados durante el presente estudio son inferiores a las medias históricas mensuales, excepto en el mes de diciembre en el que el caudal controlado supera claramente la media histórica. Al igual que ocurre los anteriores puntos comparados, se aprecia la existencia de dos periodos de aguas altas coincidentes con los meses de noviembre-diciembre y mayo-junio.

4.2.5. Cálculo de los aportes subterráneos.

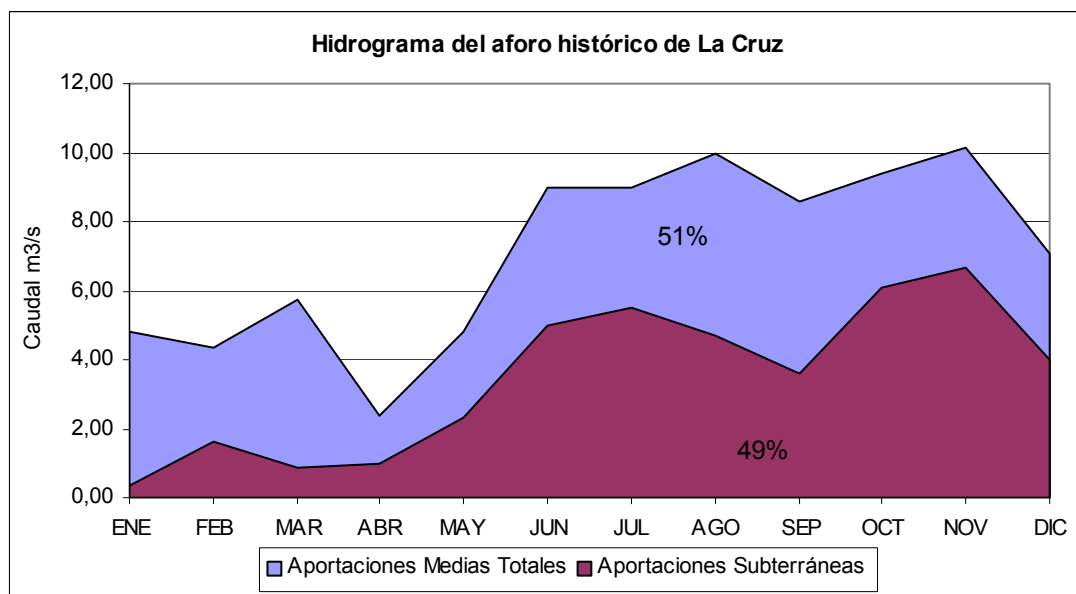
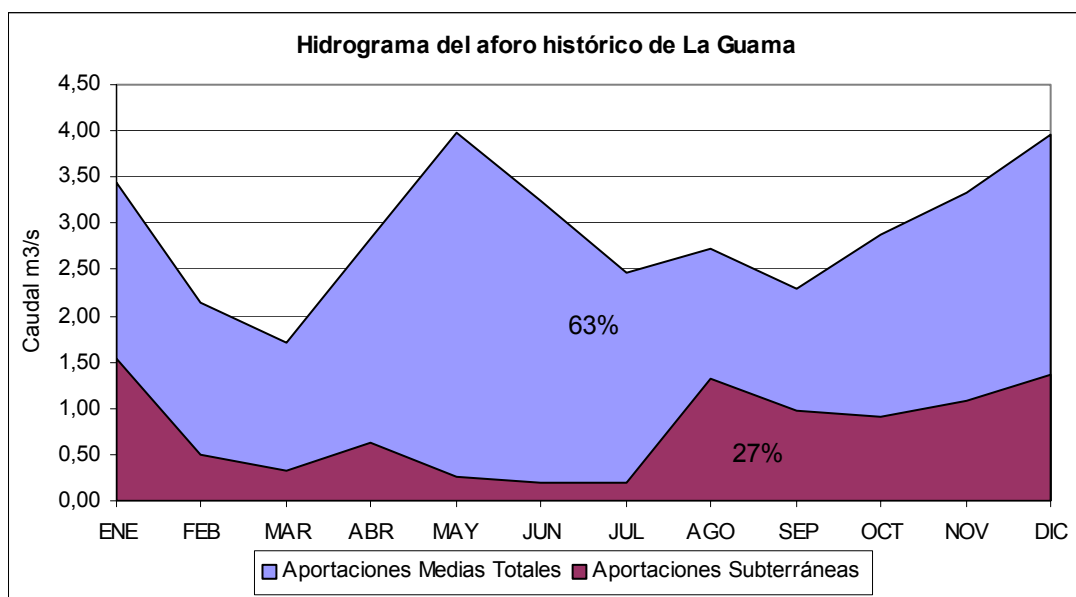
Para la obtención de una aproximación de la aportación de aguas subterráneas con respecto al caudal hídrico total, se ha optado por la descomposición de los hidrogramas de las estaciones de aforo históricas. Los porcentajes obtenidos de aportes superficiales y subterráneos han de ser tenidos en cuenta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

La descomposición de hidrogramas para el cálculo de los aportes subterráneos de la presente unidad no ha aportado la información deseada, ya que la mayor parte de la superficie de afloramientos de la unidad es de materiales impermeables, y el régimen de precipitaciones es muy elevado, por lo que el caudal aforado procede fundamentalmente de la escurrimiento superficial.

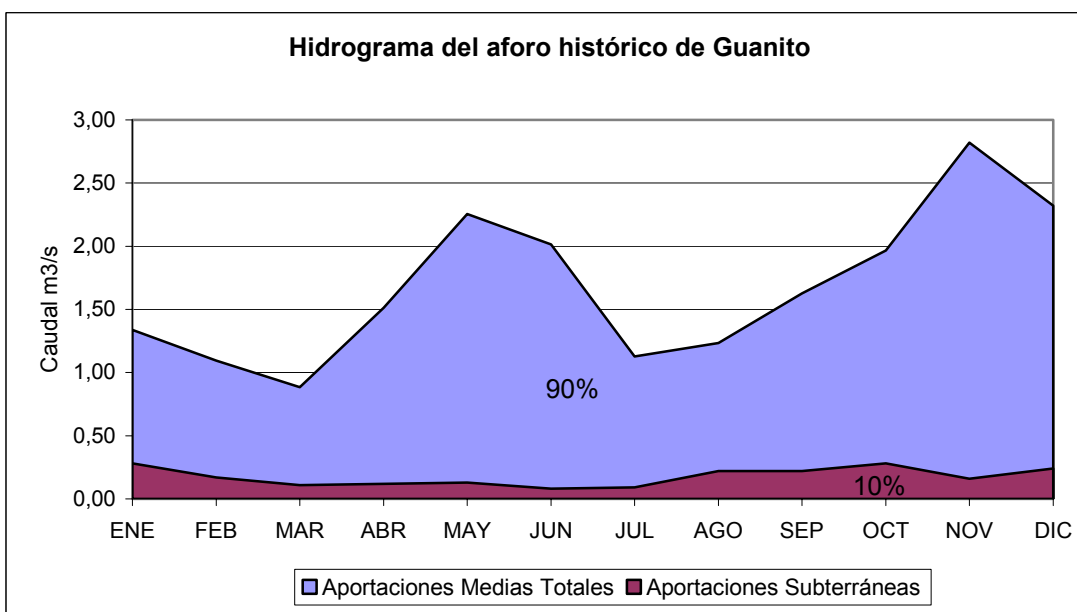
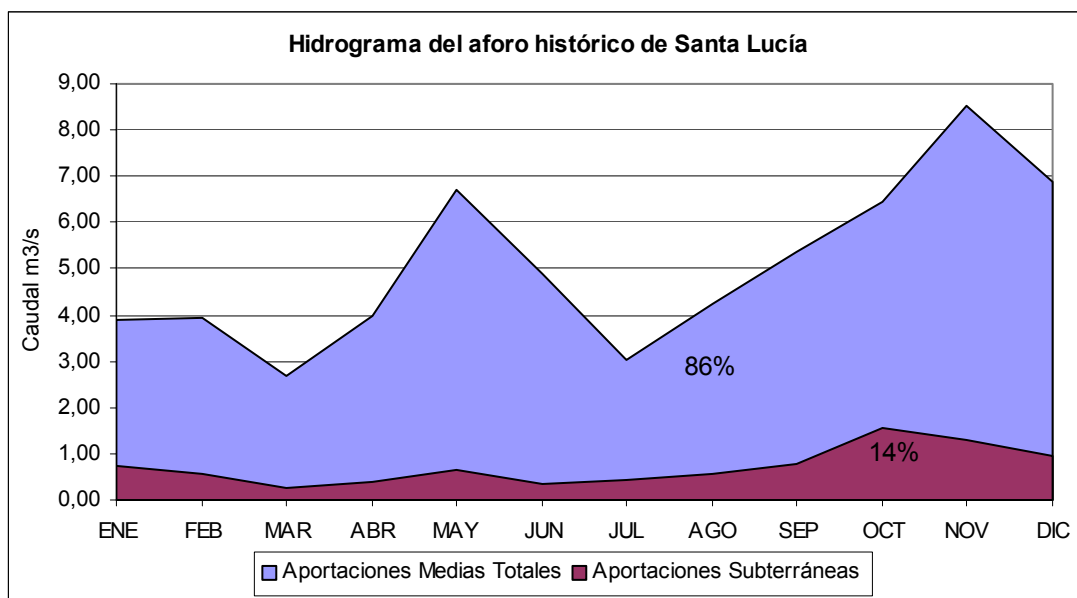
Dentro de los distintos hidrogramas analizados, se da una variación en el porcentaje de aportes subterráneos de entre el 49% y el 7% según el punto de aforo. Dichos aportes son función de los tipos de materiales drenados por el cauce aguas arriba del punto de aforo; sin embargo, dentro de las cuencas de recepción de la mayor parte de los aforos históricos utilizados existen varios tipos de materiales drenados de muy diversa naturaleza y por tanto de enorme variabilidad en cuanto a su comportamiento hidrogeológico.

Con la descomposición de hidrogramas de La Guama y La Cruz se obtiene el valor teórico de los aportes subterráneos de la areniscas cuaternarias asociadas a depósitos fluviales. Los siguientes gráficos muestran las descomposiciones de hidrogramas de estos dos puntos en los que se aprecian unos porcentajes de entre un 49 y 27%.

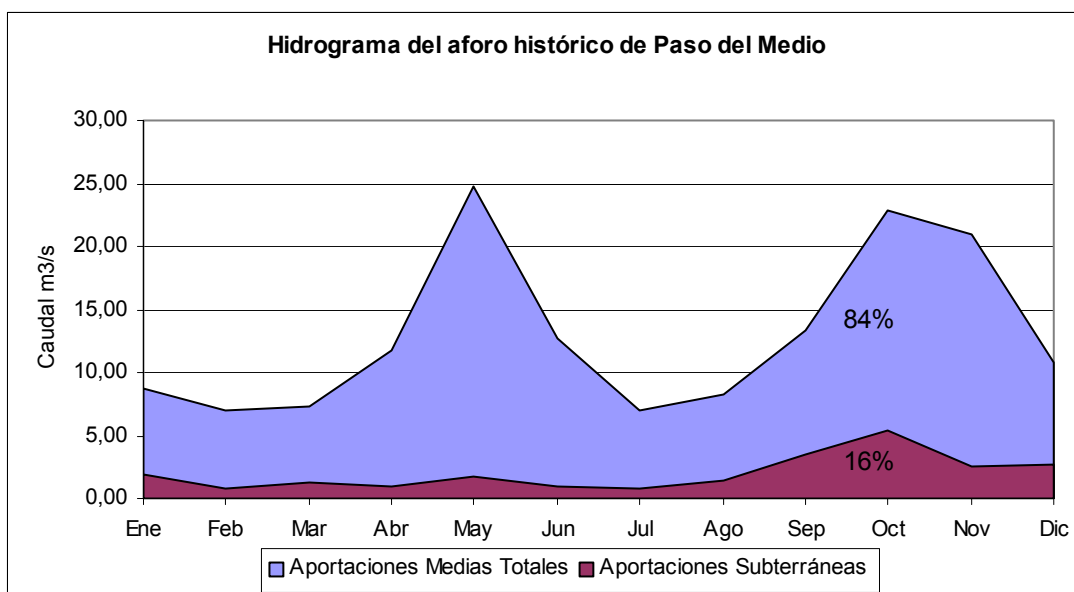
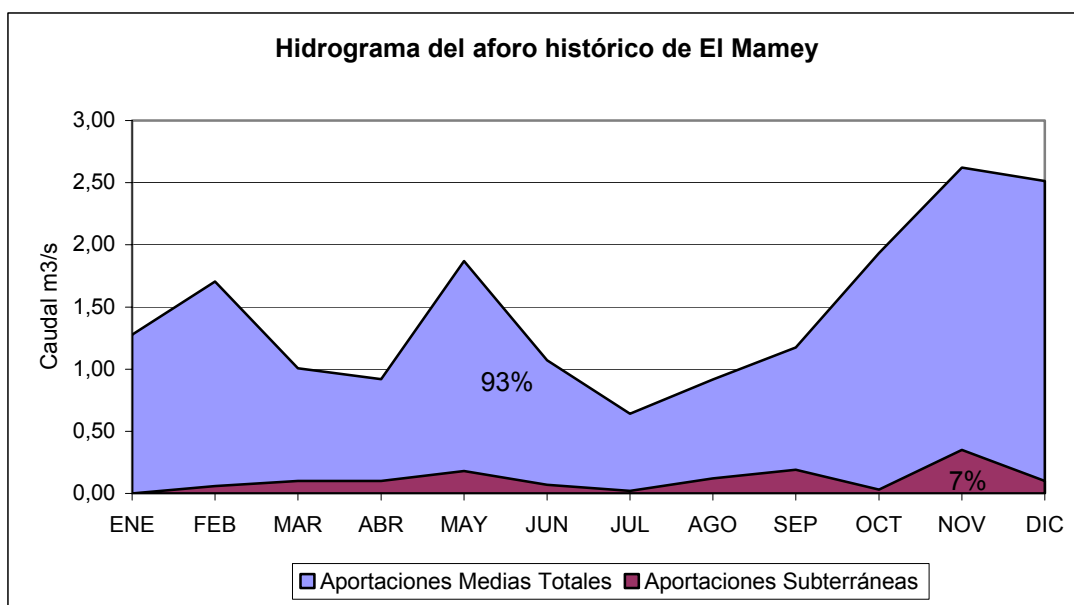


Los puntos de aforo Santa Lucía y Guanito se encuentran situados aguas abajo de afloramientos de materiales carbonatados, aunque la cuenca de drenaje que controla este punto es muy elevada y drena diversos materiales con permeabilidades y comportamientos hidrogeológicos distintos. El dato de descomposición del hidrograma de estos dos aforos, da un

porcentaje de aportes subterráneo de entre el 10 y el 14%, tal y como se aprecia en los siguientes gráficos:



Por último, se ha realizado una descomposición de hidrograma de los puntos de aforo histórico Paso del Medio y El Mamey, cuyas cuencas de drenaje están emplazadas sobre depósitos de diversa índole con diferentes comportamientos hidrogeológicos. El porcentaje de aportación subterránea calculado para estos puntos oscila entre 7 y 16% tal y como se aprecia en los siguientes gráficos:



Dada la escasez de afloramientos de superficies permeables en esta unidad hidrogeológica, el cálculo de aportes subterráneos por el método de la descomposición de hidrogramas no se considera fiable, ya que la mayor parte del caudal aforado procede de la escorrentía superficial y el régimen de precipitaciones es elevado a lo largo de todo el año, sin que existan periodos "secos" en los que se pueda afirmar que el agua aforada provenga de escorrentía subterránea.

Por ello, para el cálculo de los aportes subterráneos de esta unidad se ha asignado valores obtenidos en otras unidades para materiales similares (20% para los materiales carbonatados y

33% para los cuaternarios), que teóricamente presentan características hidrogeológicas equiparables.

5. ESTUDIO DE EXTRACCIONES Y USOS

5.1. INTRODUCCIÓN

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

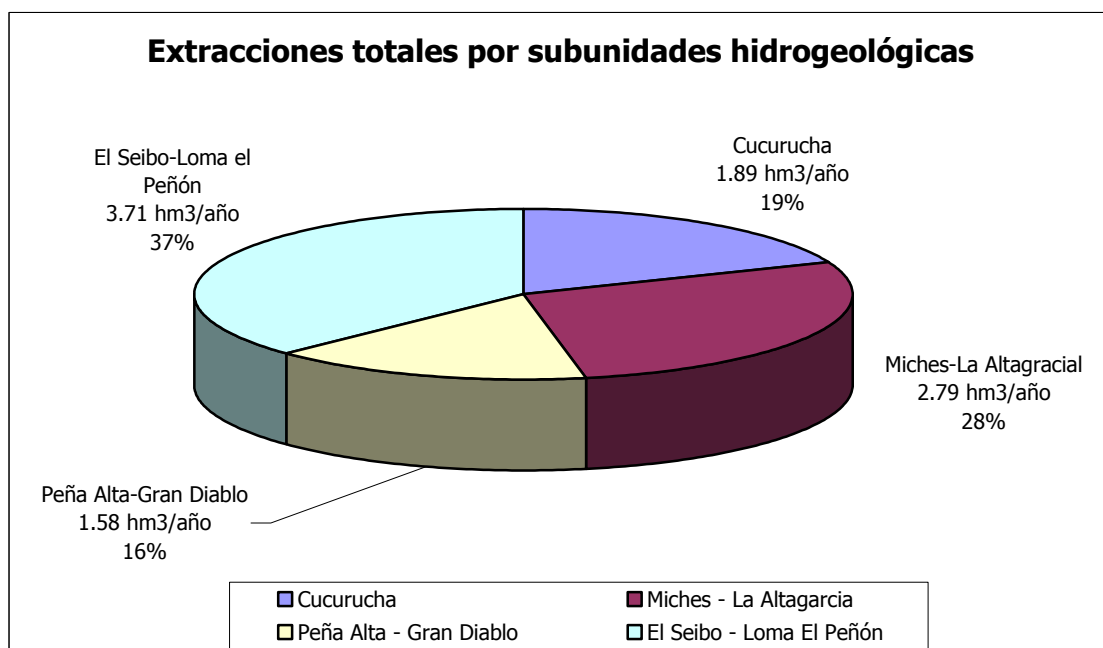
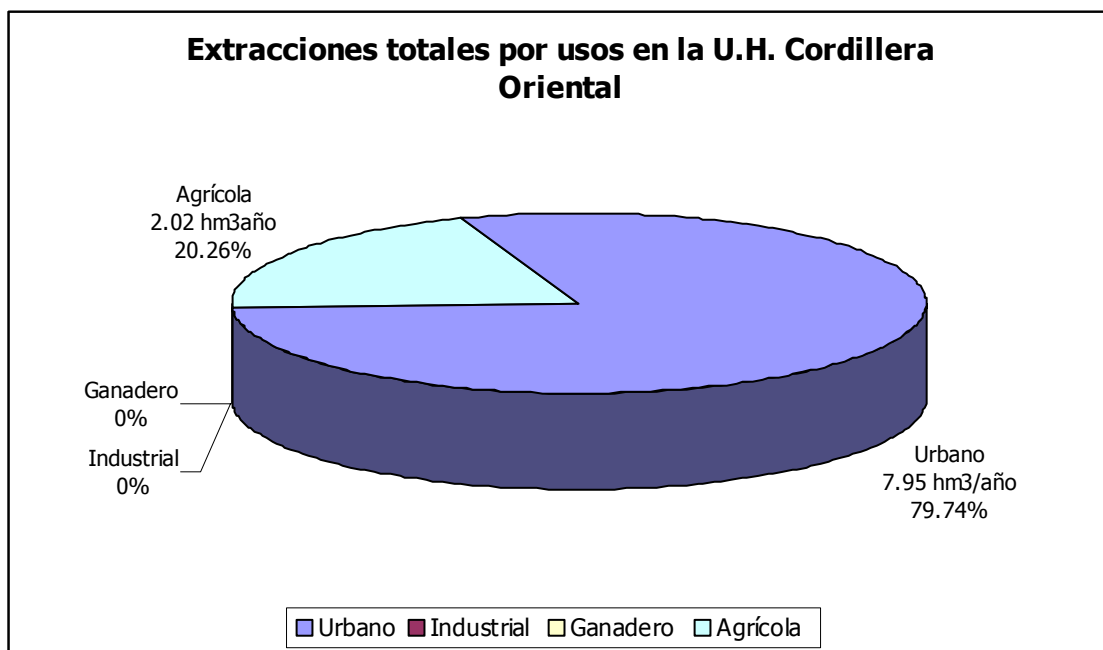
El volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Oriental en el año 2004, para los distintos tipos de usos, es del orden de 9.97 hm³/año, cuya distribución por tipos de usos se incluye en el cuadro 5.1.1 y en la figura 5.1.

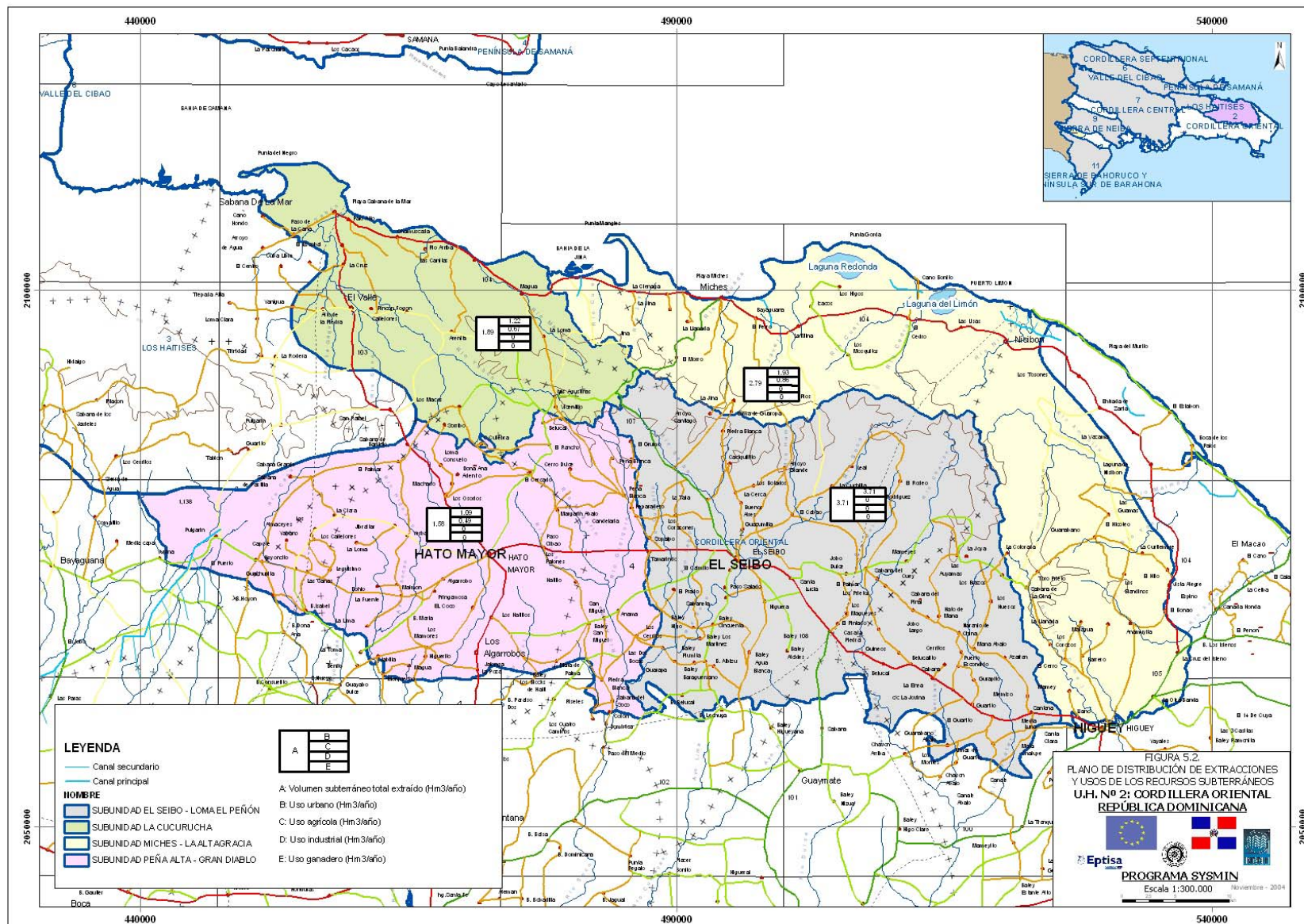
Por tipos de usos, el volumen total de origen subterráneo utilizado para abastecimiento o uso urbano es de 7.95 hm³/año, y para agricultura 2.02 hm³/año. La industria es residual y por tanto se ha despreciado su consumo, y el uso ganadero no se ha podido estimar dado el escaso número de datos que se dispone. La distribución espacial de las extracciones por subunidades se ha representado en la figura 5.2.

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

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm ³ /año)	Industrial (hm ³ /año)	Ganadero (hm ³ /año)	Agrícola (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
Cucurucha	1.22	0	0	0.67	1.89
Miches - La Altagracia	1.93	0	0	0.86	2.79
Peña Alta - Gran Diabolo	1.09	0	0	0.49	1.58
El Seibo - Loma El Peñón	3.71	0	0	0	3.71
Total U.H. Cordillera Oriental	7.95	0	0	2.02	9.97

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





5.2. INFORMACIÓN DE PARTIDA

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

Vegetación y usos de la tierra. 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 **7.95 hm³/año**, teniendo como referencia los datos aportados por INAPA en relación con los consumos de agua para la ZONA VI en la cual el consumo medio por persona es de 333 l/habitante/día, de los cuales el 41.43% corresponden a aguas subterráneas y a una población de 157837 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 1.53% en el periodo 93/04.

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

Cuadro 5.3.1. Extracciones para abastecimiento urbano por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Población (2004)	Demanda según dotación 333 l/hab/día	Extracciones de aguas subterráneas
		hm ³ /año	hm ³ /año
La Cucurucha	24175	2.94	1.22
Miches-la Altagracia	38259	4.65	1.93
Peña Alta-Gran Diablo	21638	2.63	1.09
El Seibo-Loma El Peñón	73765	8.97	3.71
TOTAL		19.18	7.95

5.3.2. Usos agrícolas

El volumen anual de recursos subterráneos utilizados para regadío se ha estimado en **2.02 hm³/año**, cuyo valor se ha obtenido de aplicar al volumen total de agua demandada un 5% en aquellos sistemas de riego, de los cuales se tiene información acerca de captaciones de aguas subterráneas.

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

Cuadro 5.3.2. Extracciones para usos agrícolas por subunidades hidrogeológicas

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm³)	Total extracciones (hm³)
Subunidad la Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	8.66	0.43
			Magua	511.8	4.79	0.24
			Total	1436.8	13.46	0.67
		Total extracciones por subunidad				
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Culebra/arroyo Rico	428.97	4.02	0.20
			La Gina	329.94	3.09	0.15
			Total	758.91	7.11	0.36
		Higuey	Nisibón	434.53	3.68	0.18
			Cuarón	576.25	4.88	0.24
			La Mina	176.61	1.49	0.07
			Total	1187.39	10.05	0.50
		Total extracciones por subunidad				
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9.78	0.49
			Total	1055.36	9.78	0.49
		Total extracciones por subunidad				
TOTAL EXTRACCIONES EN LA U.H.						2.02

6. SÍNTESIS GEOLÓGICA

6.1. INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cordillera Oriental se localiza en la parte noroccidental del territorio de la República Dominicana.

Se extiende de este a oeste, a lo largo de unos 60 Km, con una anchura máxima de 30 km, aproximadamente. Su línea de cumbres (con cotas máximas variables entre 634 y 736 m) se encuentra más cercana a su borde norte, lo que propicia que las vertientes septentrionales (y las redes hidrográficas correspondientes) sean más abruptas y pendientes que las meridionales.

La vertiente norte cae directamente a la costa atlántica, mientras que las vertientes sur y este gradúan a los llanos costeros orientales. Al oeste, limita con la zona de Los Haitises.

6.2. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA.

La serie estratigráfica en la Cordillera Oriental es, de muro a techo, como a continuación se indica.

- Conjunto de más de 400 m espesor, de rocas magmáticas y volcano-sedimentarias (RVS), generalmente originadas en ambientes de arco-islas, y de edad predominante Cretácico inferior. Contiene intercalaciones de calizas de espesor probablemente inferior a los 100 m.
- Depósitos calcáreos de edad Senoniense (Cc) de edad Senoniense. Su potencia es probablemente inferior a los 80 m.
- Sucesión de rocas volcano-sedimentarias, de edad Cretácico superior (RVS), de espesor superior a los 300 m.
- Intrusiones de tamaño máximo kilométrico, de rocas plutónicas (RPg). Intruyen al conjunto inferior en la parte oeste de la sierra, mientras que al norte y este de la misma, afectan a la sucesión volcano-sedimentaria (RVS) del Cretácico superior.
- Sucesión de alrededor de 200 m o más de espesor, de rocas volcanosedimentaria (RVS), de edad Paleoceno-Eoceno. Contienen, también, intercalaciones de calizas (Ec, cuya potencia es del orden de 80-150 m) y de conglomerados.

Dado el carácter abrupto de esta sierra, los depósitos cuaternarios son poco importantes en ella. Guardan relación, fundamentalmente, con los cursos hidrográficos más importantes y con la franja costera septentrional. Son de permeabilidad media-alta, cuando son cuaternarios indiferenciados (Qi) o de permeabilidad muy alta cuando son aluviales (respectivamente, Qi y Qa, de la Leyenda Hidrogeológica de la República Dominicana).

Desde el punto de vista hidrogeológico, las litologías más interesantes de la Cordillera Oriental son las intercalaciones calcáreas. Corresponden a las diferenciaciones Cc (calizas cretácicas) y Ec (calizas eocenas) de la Leyenda Hidrogeológica del conjunto de la República Dominicana. Son de permeabilidad alta, por karstificación.

Las sucesiones volcano-sedimentarias corresponden a la diferenciación RVS de la Leyenda Hidrogeológica citada anteriormente. Son de permeabilidad media-baja, por porosidad intergranular, cuando la cementación esté ausente.

Las intrusiones rocas plutónicas (RPg) presentan permeabilidad media-baja. Sólo puede tener interés hidrogeológico en su parte superior meteorizada (sobre todo si se presenta arenizada) o su red de diaclasado, si ambas son de importancia.

6.3. ESTRUCTURA TECTÓNICA

La sucesión volcano-sedimentaria de edad Cretácico inferior se presenta probablemente replegada y vergente hacia el norte. Cabalga hacia el norte, en las proximidades de la línea de cumbres de la Cordillera, sobre la sucesión volcano-sedimentaria de edad Cretácico superior.

Las intercalaciones calcáreas del Cretácico inferior se presentan probablemente replegadas, dentro de su conjunto volcano-sedimentario correspondiente, conformando áreas de afloramiento de 3-6 km de largo y 0,5 – 2 km de ancho. Las del Cretácico superior presentan disposición sinclinal sobre el conjunto volcano-sedimentario inferior; estos sinclinales presentan dimensiones cartográficas de 0,5 – 7 km de ancho y 5-14 km de largo. También aparecen como bandas estrechas (de menos de 1 km de anchura) limitadas por fallas NO-SE en el borde oriental de la Sierra.

La sucesión volcanosedimentaria del Paleoceno-Eoceno y sus intercalaciones calcáreas se presentan sólo en una estrecha franja del borde oriental de la Cordillera, y como un retazo sinclinal (de 5 X 10 km de extensión) en la parte sur oriental de la misma.

Todo el conjunto de la Cordillera aparece cortado por fallas normales de dirección más frecuente ONO-ESE.

Al sur y este de la Cordillera, las calizas arrecifales (Plc) detríticas del Plio-Pleistoceno (tipo Los Haitises) recubren discordantemente las formaciones cretácico-eocenas descritas.

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

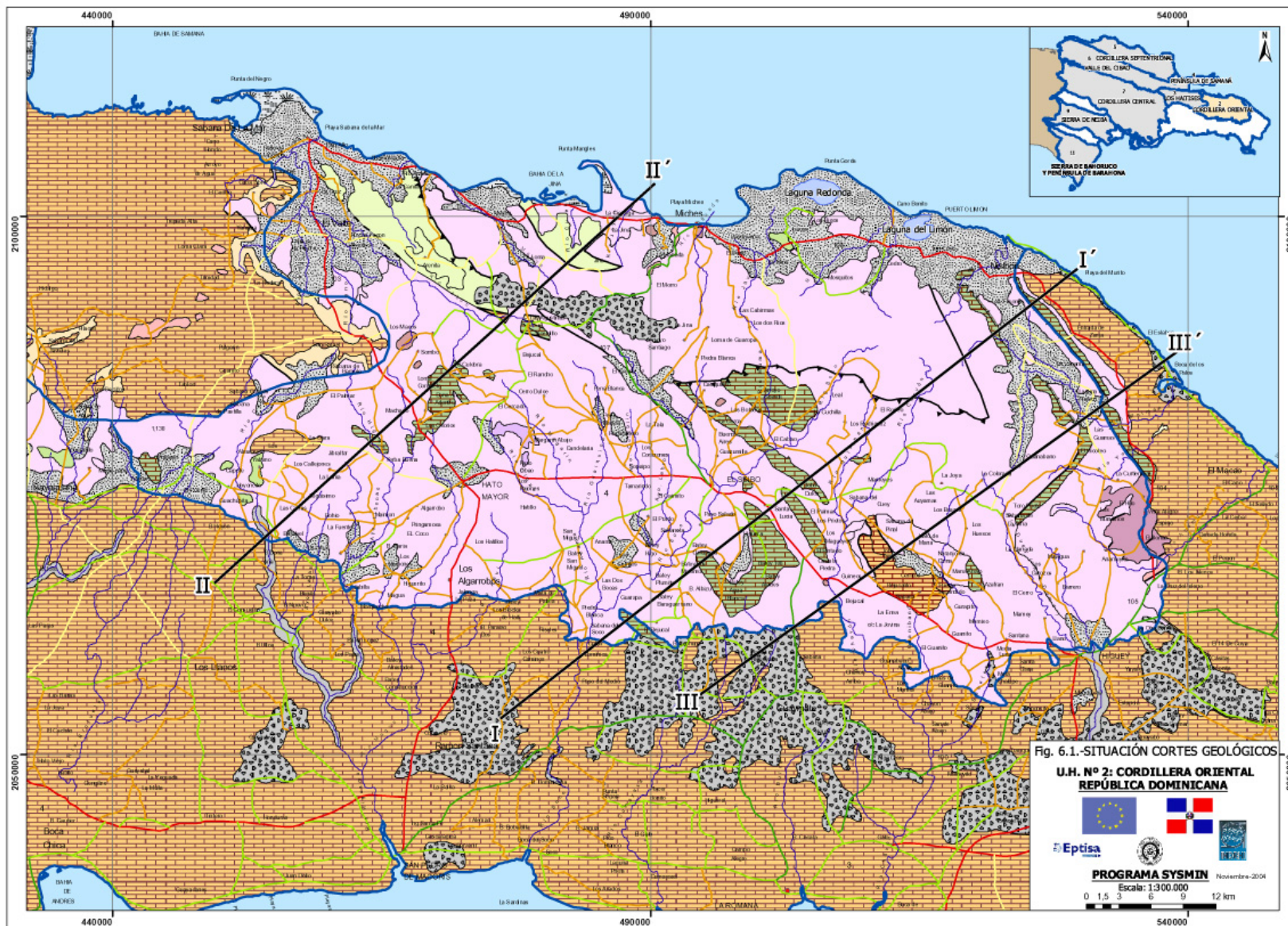
Como ha sido descrito anteriormente, las litologías más interesantes son las calcáreas (calizas del Cretácico inferior (Cc), del Cretácico superior, y del Paleoceno-Eoceno (Ec)).

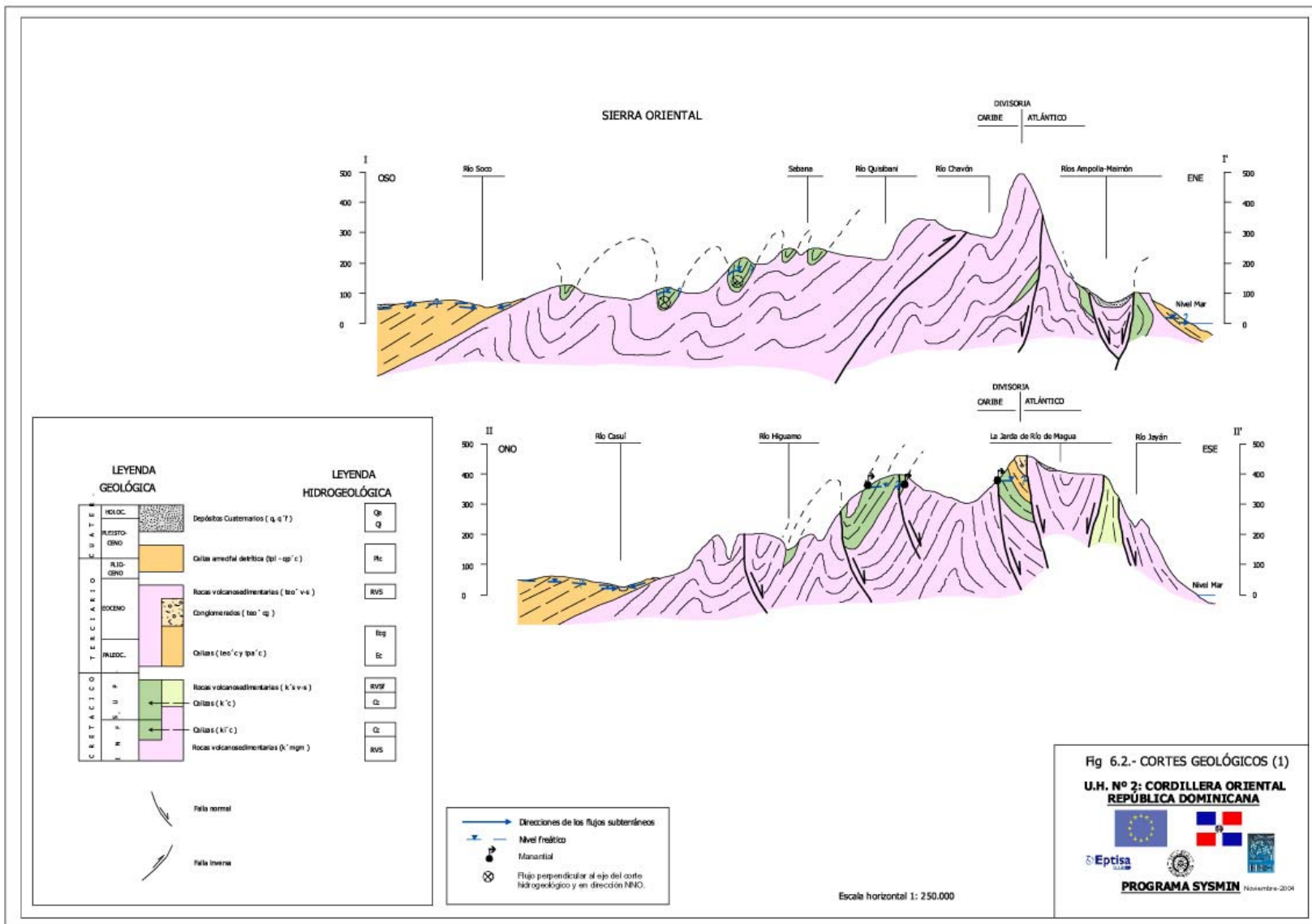
Por su mayor resistencia a la erosión respecto de las formaciones volcano-sedimentarias que les rodean, estas litologías calcáreas se suelen localizar en partes altas de los interfluvios de la vertiente meridional de la sierra, y en algunos casos se presentan cortadas por algunos cursos de agua.

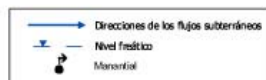
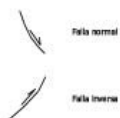
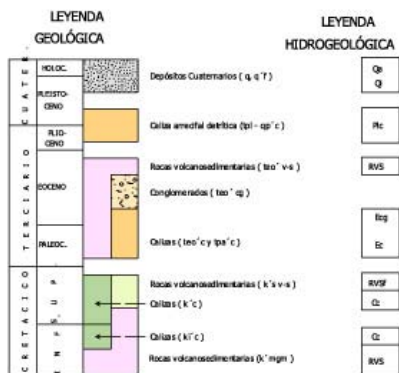
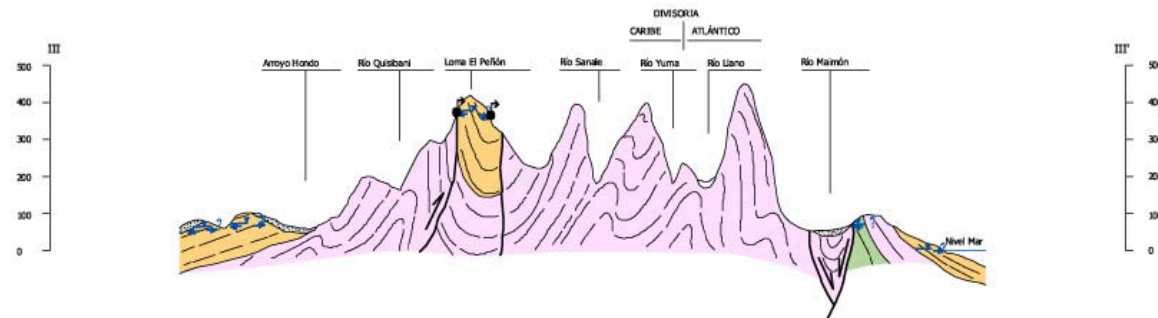
Su disposición estructural (sinclinal para las calizas del Cretácico superior y del Paleoceno-Eoceno, y probablemente intercalaciones replegadas para las calizas del Cretácico inferior) hace que deba considerárseles como acuíferos locales sobre o entre formaciones de permeabilidad media-baja (las formaciones volcano-sedimentarias). Las estructuras sinclinales colgadas presentarán un drenaje pequeño en sus bordes y contendrán unos ciertos recursos hídricos en sus partes centrales, a modo de cubetas. Las estructuras sinclinales o las intercalaciones cortadas por cursos de agua presentarán un mayor drenaje hacia dichos cursos, y, por tanto, presentarán menos interés hidrogeológico que las anteriores.

La red hidrográfica drenante de la Cordillera pasa a correr, en las faldas sur y este de la misma, sobre las calizas plio-pleistocenas tipo Los Haitises (de permeabilidad alta a muy alta), presentándose el contacto con ellas a unos 40-60 m de cota. Cabe suponer que estos cursos perderán parte de su caudal, por infiltración, al pasar sobre las mencionadas calizas.

Lo mismo cabe deducir para la red hidrográfica drenante del borde norte de la Cordillera, que, a unos 100 m de cota pasa a correr sobre formaciones cuaternarias costeras, en las que se infiltrará parte de su caudal.







Escala horizontal 1: 250.000

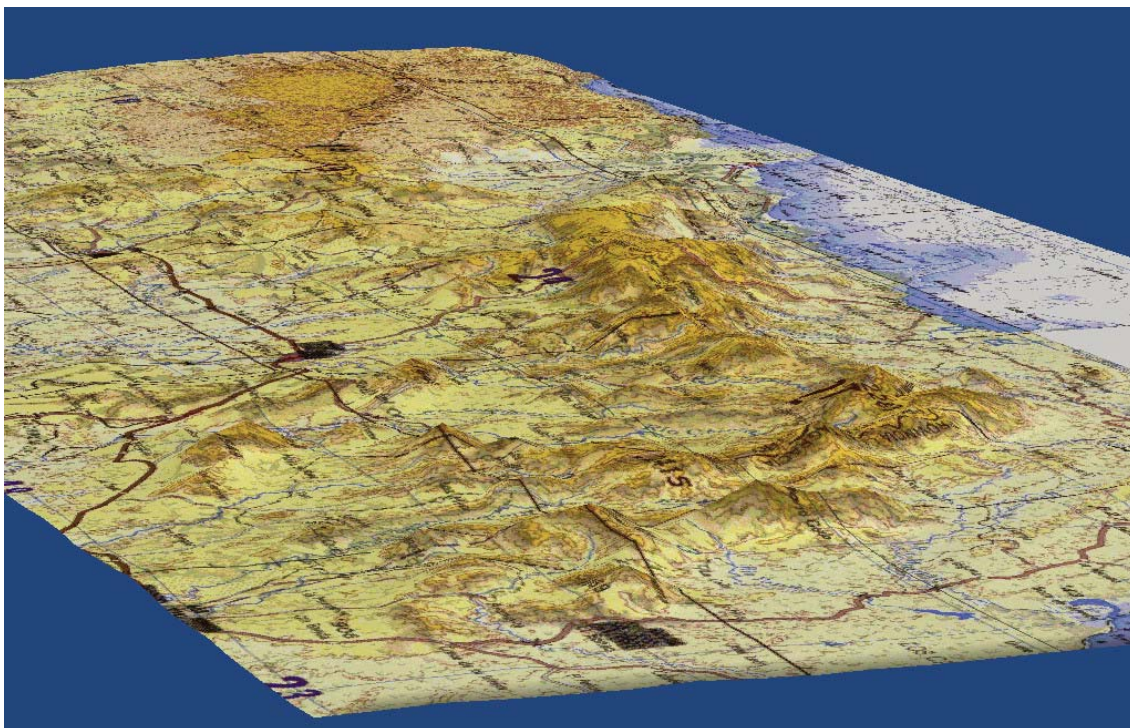
Fig 6.2.- CORTES GEOLOGICOS (2)

U.H. Nº 2: CORDILLERA ORIENTAL
REPÚBLICA DOMINICANA



PROGRAMA SYSMIN Noviembre 2004

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



7. HIDROGEOLOGÍA

7.1. MARCO HIDROGEOLÓGICO

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 2: Cordillera Oriental, se emplaza en el este del país e incluye la cordillera que lleva su nombre, que se extiende de oeste a este a lo largo de 60 Km, con una anchura aproximada de 30 Km.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, alcanzan una superficie total próxima a los 3127 km², de los cuales una tercera parte corresponde a rocas volcanosedimentarias (alrededor de 1944 km²) siendo materiales considerados como no acuíferos o como acuíferos puntuales (en el caso de las rocas volcanosedimentarias fisuradas) y de escasa o nula potencialidad de explotación.

En la superficie de dicha unidad se identifican pequeños afloramientos calcáreos de distintos tipos. Un acuífero carbonatado formado por las calizas cretácicas (Cc) que forman el acuífero de mayor interés de la zona y otro acuífero carbonatado formado por niveles de calizas eocenas (Ec). También se observan depósitos de rocas de distinta naturaleza como rocas volcanosedimentarias fisuradas (RVsf), rocas plutónicas fisuradas o alteradas (RPF), Flysch cretácico (Cf), materiales pleistocenos-pliocenos (Pcg), conglomerados y areniscas del Eoceno (Ecg) y diversos tipos de depósitos cuaternarios (terrazas fluviales, aluviales e indiferenciado) que constituirán importantes acuíferos detríticos y mixtos con permeabilidad variable entre media y muy alta (según los tipos de materiales) debido a la porosidad intersticial.

Dentro de los materiales carbonatados se identifican procesos de karstificación, principalmente en las calizas cretácicas (Cc) y eocenas (Ec), situadas al sur y al este de la cordillera.

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 1:250.000, 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, aquéllas 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 ha establecido la delimitación de la unidad, que alcanza una superficie total de 3475.85 km², de los cuales el 34.14% (unos 1186.79 km²) corresponden a formaciones permeables de diferentes tipos, siendo unos 1062.38 km² materiales con permeabilidades variables entre muy alta, alta y media, y el resto, unos 120.47 km², materiales de formaciones de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico.

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

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

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

Formaciones con permeabilidad por porosidad intersticial:

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

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

Qa: compuestos por depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario. Se distribuyen en la zona norte y oriental, las zonas costeras entre el río Yeguada y el río Maimón, además de la zona suroccidental de la unidad, donde la extensión de estos depósitos es escasa. En la zona oriental de la unidad (subunidad de Miches-La Altagracia), estos depósitos aparecen en la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Yeguada y Maimón donde la formación tiene su mayor extensión (216.34 km²). En su conjunto, estos materiales alcanzan una superficie total de 483 km², que suponen el 18.22% de la superficie total de materiales permeables y el 6.22% de la superficie total de la unidad. Sus litologías (arenas y gravas, en matriz arcillosa) y su escasa cementación le confieren una permeabilidad de alta a muy alta y el que funcionen como un acuífero libre, de tipo detrítico y con permeabilidad primaria por porosidad intersticial. Su productividad y potencialidad de explotación también es muy alta, debido a que a la excelente permeabilidad de sus materiales se une un elevado volumen de recarga, al estar emplazados, en su mayor parte, en zonas de descarga de flujos subterráneos y superficiales (zonas de borde).

Qal: compuestos por depósitos de aluvial reciente, que se distribuyen, fundamentalmente, por los cauces de los ríos de la unidad. En su conjunto alcanzan una superficie total de 349.05 km², que suponen el 29.41% de la superficie total de materiales permeables y el 10.04% 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, funcionando como un acuífero libre, de tipo detrítico y con permeabilidad primaria por porosidad intersticial. Su productividad y potencialidad de explotación también será muy alta, debido a que a la excelente permeabilidad de sus

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

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

Qi: compuesto por materiales indiferenciados del Cuaternario, que se localizan en el límite de las subunidades de La Cucurucha, Miches-La Altagracia y El Seibo. Ocupan una superficie total de 45.4 km², que supone el 3.82% de la superficie total de materiales permeables y el 1.30% de la superficie total de la unidad. La variedad de las litologías de sus materiales hace muy difícil su valoración hidrogeológica conjunta, aunque se ha estimado una permeabilidad media-alta y un funcionamiento como un acuífero libre con permeabilidad por porosidad intersticial.

- **Formaciones porosas con permeabilidad variable y productividad (potencialidad real de explotación) baja:** Dentro de este subgrupo habría que distinguir entre los depósitos de marismas y manglares del Cuaternario (**QI**), que se distribuyen, con extensiones limitadas en el norte de la subunidad de La Cucurucha.

Formaciones con permeabilidad por fisuración-karstificación:

En este segundo grupo se ha distinguido sólo un subgrupo y tres tipos de formaciones:

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

Cc: corresponden a calizas cretácicas de color gris, que afloran, fundamentalmente, en las subunidades de El Seibo y Peña Alta-Gran Diablo y Miches-La Altagracia. Alcanzan una superficie aflorante total de 143.65 km², que suponen el 12.10% de la superficie total de materiales permeables y el 4.13% de la superficie total de la unidad. Su espesor (estimativo) parece ser del orden de los 400 m, y por su importante grado de karstificación se le ha asignado una permeabilidad alta. Constituye un acuífero en su mayor parte libre, y en todos los casos se trataría de un acuífero del tipo cárstico y con permeabilidad secundaria por fracturación-karstificación.

Su productividad y potencialidad de explotación será alta, debido al alto grado de karstificación de sus materiales y al volumen de recarga por infiltración de la lluvia caída sobre su superficie aflorante.

Ec: Formación de caliza arrecifal detrítica, muy carstificada y del Eoceno-Mioceno. Ocupa una superficie aflorante de unos 30.16 km², que suponen el 2.54% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 0.86% de la superficie total de la unidad, que se extiende, puntualmente, por la subunidad de El Seibo. Su espesor (estimativo) parece superar los 400 m y por su avanzado grado de karstificación se le ha asignado una permeabilidad alta. Constituye un acuífero libre, y en todos los casos se trataría de un acuífero del tipo cárstico y con permeabilidad secundaria por fracturación-karstificación.

Su productividad y potencialidad de explotación será alta, debido al alto grado de karstificación de sus materiales y al volumen de recarga por infiltración de la lluvia caída sobre su superficie aflorante.

Plc: Calizas arrecifales, molasas, calizas detríticas y areniscas. Ocupa una superficie aflorante de 11.01 Km², que suponen el 0.92% de la superficie total de materiales permeables aflorantes y el 0.31% de la superficie total de la unidad, que se extiende puntualmente en la subunidad de la Peña Alta-Gran Diablo. El acuífero será libre de tipo kárstico con una permeabilidad elevada debida a fisuración-karstificación. Su productividad será elevada.

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

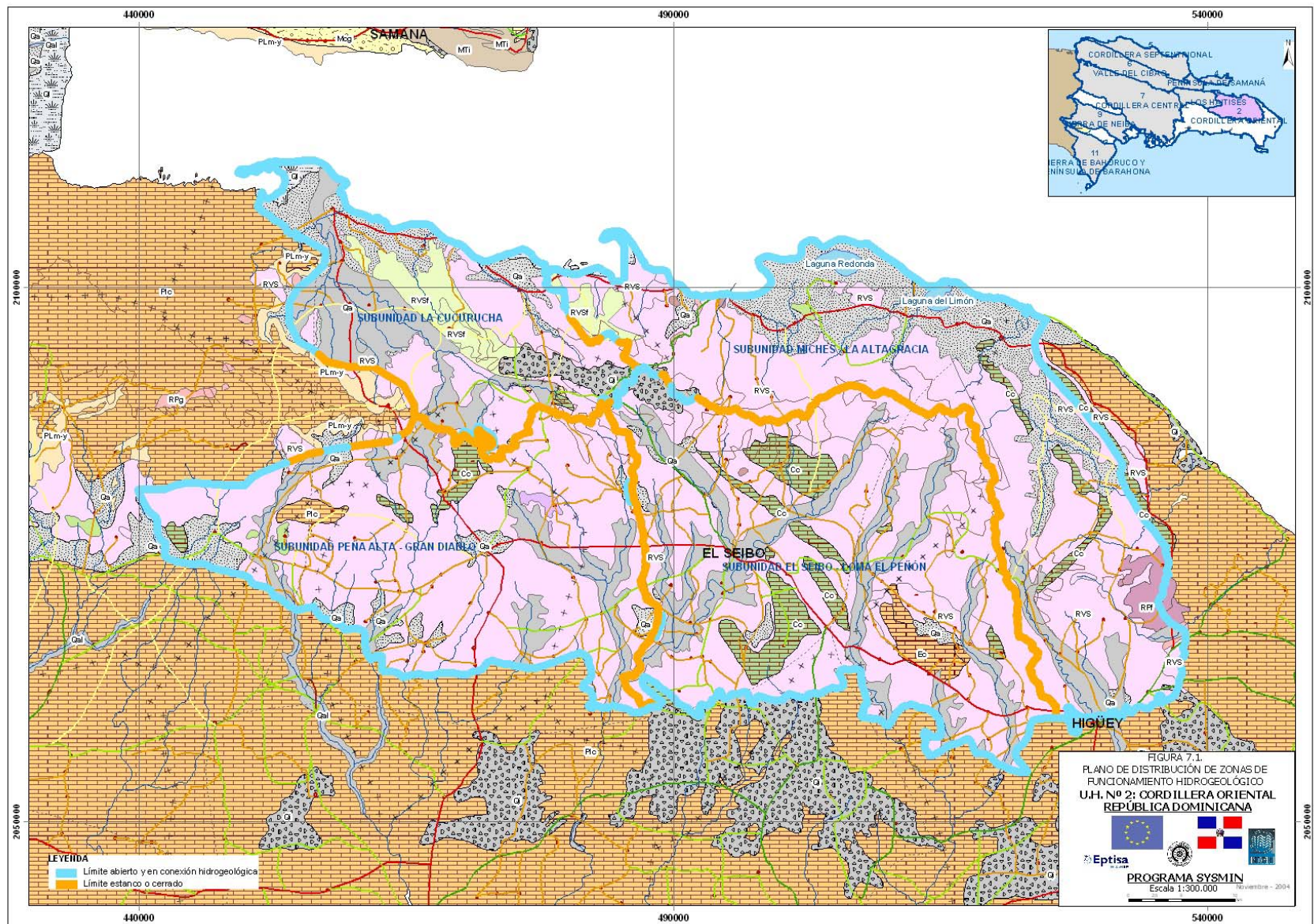
Pcg: Formación compuesta por depósitos de conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno-Plioceno, que afloran en la subunidad de Peña Alta-Gran Diablo. Su superficie es de 2.76 km², que supone el 0.23% de la superficie total de materiales permeables y el 0.08% de la superficie total de la unidad. Su permeabilidad variable y, por lo general, de grado medio, le confieren una productividad y potencialidad real de explotación moderada-baja.

RVSf: Rocas volcano-sedimentarias fisuradas. Afloran en la zona de La Culebra/Arroyo Rico y La Gina, en el límite entre las subunidades de La Cucurucha y Miches-La Altagracia. Su superficie es de 87.80 km², la cual supone el 7.39% de la superficie total de los materiales permeables y el 2.52% de la superficie total de la unidad. Su permeabilidad media-baja se debe a la fisuración de las rocas, y su potencialidad real de explotación es moderada-baja.

Cf: unidad formada por facies flysch, calcarenitas, margas, calizas y areniscas. Afloran en las unidades de Peña Alta-Gran Diablo (puntualmente en la zona occidental de ésta) y Miches-Alta Gracia (puntualmente en la parte norte de la misma cerca de la costa). Su superficie es de 6.51 Km², la cual supone el 0.54% de la superficie total de los materiales permeables y el 0.18% de la superficie total de la unidad. Estos materiales poseen una permeabilidad moderada-baja debido al contenido de materiales que presenta estas facies flysch.

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 plutónicas: granitos (**RPg**), las rocas volcano-sedimentarias (**RVS**), las rocas plutónicas indeferenciadas (**RPI**) y los depósitos de marismas y manglares del Cuaternario Holoceno (**QI**), cuya extensión total es del orden de los 2289.06 km².

Con estos mismos criterios metodológicos, se han identificado y establecido los límites de tres subunidades o sectores de funcionamiento hidrogeológico, dentro de la unidad de la Cordillera Oriental. 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 identificados dentro de la unidad de la Cordillera Oriental

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
La Cucurucha	258.68 km ²	200.22 km ²	- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: en este contacto hay zonas en la cual es abierto con conexión hidráulica con las Calizas del Eoceno-Mioceno (Ec) de la unidad de Los Haitises y cerrada y estanco con las rocas volcanosedimentarias (RPI) de la misma unidad de Los Haitises. - Este: abierto con conexión hidráulica con los materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) de la subunidad de los Miches-La Altagracia. Abierto sin conexión hidráulica en contacto con las rocas volcanosedimentarias fisuradas (RVSf) de la subunidad de La Altagracia. Cerrado con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de El Seibo. - Sur: Cerrado y estanco a las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de Peña Alta. Abierta sin conexión hidráulica con las calizas cretácica (Cc) de la subunidad Peña Alta	- RVSf: 68.74 Km² - Qi: 27.27 km² - Qa: 157.37 km² - Ec: 1.19 km² - Cc: 2.98 km² - Ecg: 1.13 Km²
Miches-La Altagracia	324.78 km ²	522.65 km ²	- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: Abierto y con conexión hidráulica con los materiales del Cuaternario indiferenciado (Qi) y las rocas volcanosedimentarias fisuradas (RVSf) y cerrado y estanco con las rocas volcanosedimentarias (RVS), todas de la subunidad de La Cucurucha. - Este: abierto sin conexión hidráulica con las calizas cretácicas (Cc) de la unidad Planicie Costera Occidental. - Sur: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la unidad de El Seibo y abierta sin conexión hidráulica con las calizas cretácicas (Cc) de la unidad Planicie Costera Oriental.	- Cc: 20.79 km² - Qa: 216.34 km² - Qi: 3.94 km² - Qal: 40.43 Km² - RVSf: 19.05 km² - Cf: 1.94 Km² - Rpf: 22.26 Km²

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
El Seibo	367.73 km ²	639.9 km ²	- Norte: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la unidad de Miches-Alta Gracia, y un pequeño tramo abierto con conexión hidráulica en contacto con materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) de la misma subunidad. - Este: Cerrado y estanco en contacto con rocas volcaosedimentarias (RVS) de la unidad Planicie Costera Oriental. - Sur: Abierto sin conexión hidráulica en contacto tanto con calizas arrecifales pliocenas (Plc) como materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) ambas de la unidad Planicie Costera Oriental. - Oeste: En su gran mayoría cerrado y estanco en contacto con rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de Peña Alta.	- Qa: 30.81 km² - Qi: 14.01 km² - Qal: 198.29 Km² - Cc: 95.64 Km² - Ec: 28.97 Km²
Peña Alta-Gran Diablo	231.67 Km ²	581.2 Km ²	- Norte: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de La Cucurucha. - Este: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de El Seibo. - Oeste: abierto sin conexión hidráulica en contacto con calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la subunidad de Los Haitises. - Sur: Abierto sin conexión hidráulica en contacto con las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la unidad de la Planicie Costera Oriental.	- Cc: 24.24 Km² - Qi: 0.12 Km² - Pcg: 2.77 Km² - Qa: 78.63 Km² - Cf: 4.57 Km² - Plc: 11.01 Km² - Qal: 110.33 Km²
TOTAL	1182.86km²	1944 km²		- Cc: 143.7 km² - Cf: 6.5 km²

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
				- Ec: 30.2 - Ecg: 1.13 km² - Pcg: 2.76 km² - Plc: 11.01 km² - Qa: 483.16 km² - Qal: 349 Km² - Qi: 45.35 km² - Rpf: 22.26 - RVSf: 87.80 km²

7.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

7.3.1. Análisis de datos previos existentes.

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

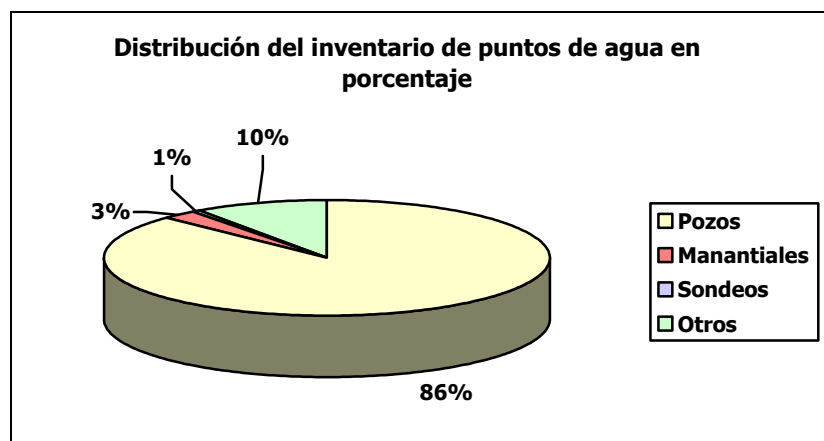
En cuanto a la existencia de un registro físico de la información (ya sea en papel, o en formato digital), no se tiene constancia de que haya informes o bases de datos de la zona que incluyan inventario exhaustivo de puntos de agua. Así pues, no se ha podido realizar análisis de datos existentes, por lo que la práctica totalidad de puntos inventariados dentro de la unidad son 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).

La inexistencia de inventario previo dentro de los límites de esta unidad hidrogeológica conlleva a que todos los puntos utilizados en este estudio sean de nuevo inventario. En total, se han inventariado 302 puntos de agua, cuya distribución según la naturaleza del punto es la siguiente:

- 263 pozos.
- 8 manantiales.
- 2 sondeos.
- 1 pozo con galería o taladro.
- 1 zanja o socavón.
- 5 Otros.
- 22 Cauces superficiales.



La mayor parte del inventario realizado se concentra en la mitad meridional de la unidad hidrogeológica, en la que se encuentran los principales núcleos de población así como las principales zonas de cultivo. Este inventario se sitúa fundamentalmente en los valles de los principales cursos de agua que se encuentran encajados en su mayor parte sobre los materiales volcano-sedimentarios que ocupan la mayor parte de la superficie de la unidad hidrogeológica. Estos depósitos presentan un grado de permeabilidad de medio a bajo pudiendo constituir acuíferos locales de poca importancia hidrogeológica restringidos a zonas fracturadas y alteradas.

Este hecho queda reflejado en la tipología de puntos inventariados que están constituidos fundamentalmente por pozos de profundidad variable, no existiendo apenas manantiales u otras tipologías más típicas de acuíferos carbonatados de alta productividad (simas, lagunas, etc.). Así pues, el 87% de los puntos inventariados corresponde a pozos, mientras que únicamente el 2.6% son manantiales.

Del total de puntos de agua inventariados, únicamente se dispone de datos de profundidad de la obra de 124 puntos. De ellos, 88 superan los 20 metros de profundidad, existiendo 27 puntos de entre 100 y 200 metros y 12 de más de 200 metros de profundidad. En esta unidad hidrogeológica se encuentran la mayor parte de los pozos profundos inventariados en el presente estudio hidrogeológico de la República Dominicana. Estos pozos están emboquillados mayoritariamente sobre los depósitos volcano-sedimentarios y cuaternarios aluviales.

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

- 207 Abastecimiento doméstico (198 pozos, 6 manantiales, 1 sondeo y 2 desconocido)

- 9 Abastecimiento a núcleos urbanos (6 manantiales, 1 sondeo y 2 desconocido)
- 3 Abastecimiento y agricultura (2 pozos y 1 manantial)
- 21 Abastecimiento y ganadería (20 pozos y 1 pozo con galería)
- 1 Agricultura (1 pozo)
- 24 Ganadería (24 pozos)
- 3 Industrial (2 pozos y 1 sondeo)
- 1 Turismo (1 pozo)
- 23 No se utiliza (1 pozo, 22 cauces superficiales)
- 10 Uso desconocido (6 pozos, 1 manantial y 3 desconocido)

Del análisis de los usos del agua se puede deducir que la mayor parte de los puntos de agua inventariados son utilizados para abastecimiento doméstico. Asimismo existen hasta 24 puntos que tienen usos conjuntos de abastecimiento y otro, y 9 puntos utilizados para el abastecimiento a núcleos urbanos. Por lo tanto, contabilizando los puntos que son usados total o parcialmente para abastecimiento urbano se obtiene un total de 240 puntos los que representa más del 79% de los puntos inventariados en la unidad hidrogeológica. El siguiente uso en cuanto a importancia es la ganadería con 24 puntos destinados a tal fin, lo que representa un 8% del total. El resto de los usos se consideran minoritarios.

Aunque la mayor parte de los puntos de agua del inventario se encuentra dentro de los límites de la poligonal de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental, existe un total de 46 puntos que se sitúan en la poligonal de la Planicie Costera Oriental, aunque muy cerca del límite entre ambas unidades hidrogeológicas. Estos puntos han sido utilizados en la realización del presente estudio pues aportan información de gran utilidad a la hora de conocer las características hidrogeológicas de las zonas de borde de la unidad.

La distribución del inventario de puntos de agua por unidad hidrogeológica y según su naturaleza queda descrita en el siguiente cuadro:

Cuadro 7.3.1. Distribución del inventario de puntos de agua por unidad hidrogeológica

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
Cordillera Oriental	218	7	2	29	256
Planicie Costera Oriental	45	1			46

En cuanto a la distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000 queda de la siguiente forma:

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

Nº Hoja	Nombre Hoja	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
6272 II	Bayaguana				1	1
6371 I	Ramón Santana	14	1		1	16
6371 IV	Los Llanos	14				14
6372 I	Miches	10			3	13
6372 II	El Seibo	94	1		2	97
6372 III	Hato Mayor del Rey	63	4	1	6	74
6372 IV	El Valle	4	1			5
6373 III	Sabana de la Mar	7	1		2	10
6471 I	Salvaleón de Higüey				1	1
6471 IV	Guaymate	5			2	7
6472 I	La Vacama	10				10
6472 II	El Salado				3	3
6472 III	Rincón Chavón	32		1	3	36
6472 IV	Las Lisas	10			4	14

Las hojas topográficas con mayor densidad de puntos son las que se encuentran situadas en la mitad meridional de la unidad hidrogeológica (Hato Mayor del Rey, El Seibo y Rincón Chavón). Entre estas tres hojas queda englobado casi el 72% del total de puntos de agua inventariados.

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

Cuadro 7.3.3. Características más importantes de los puntos de agua inventariados en la Unidad Cordillera Oriental

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6174420005	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	514863	2062120	164	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6273210034	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481097	2073221	62	POZO	GANADERÍA	160
6371110001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479535	2063300	90	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479619	2063880	78	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110003	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479794	2062724	104	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110004	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479238	2061391	83	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	120
6371110005	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479457	2061606	80	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110006	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479458	2061551	73	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110007	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479433	2061607	78	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110008	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479458	2061631	91	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110009	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	479854	2061367	94	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110010	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	480360	2062435	82	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110011	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	480319	2062356	97	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110012	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	480291	2062394	84	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371110013	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	480615	2061591	72	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	110
6371130001	CORDILLERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	495780	2098745		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371150002	CORDILLERA ORIENTAL	6371 I	Ramon Santana	482534	2065755	60	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371420001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	459053	2062543	73	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371420002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	464769	2060191	54	POZO	GANADERÍA	
6371420003	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	463147	2061393	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	130
6371420004	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	458786	2063496	35	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371430001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	471937	2062121	59	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	90
6371430004	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	472097	2062288	63	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	80
6371430005	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	471850	2062238	50	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	130
6371430006	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	471938	2062273	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	130
6371430007	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	466024	2061780	46	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371430008	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	466972	2060268	37	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6371430009	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	467245	2063539	59	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	43
6371430009_D	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	466890	2060301	14	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371430010	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	466778	2063494	59	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6371430010_D	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6371 IV	Los Llanos	472326	2063059	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	484299	2064159	45	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6372110001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	481496	2100136	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372130001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	495067	2076256	94	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372150001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	491072	2082575	86	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	2,4
6372150002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	491034	2082564	88	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	240
6372150003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	491182	2082783	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	1,75
6372150004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	488193	2086294	172	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372150006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	483375	2082833	245	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372160001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	494421	2082657	105	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	245
637220002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482246	2077985	98	POZO	GANADERÍA	175
6372210002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	477254	2073795	102	POZO	GANADERÍA	
6372210003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479079	2076962		POZO		
6372210004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479415	2077607	113	POZO	GANADERÍA	
6372210005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479253	2077981	103	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	140
6372210006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479200	2077872	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	49
6372210007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479704	2078660		POZO		
6372210008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479710	2078662	103	POZO		
6372210009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479683	2078636	151	POZO		
6372210010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481410	2079156	90	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	40
6372210011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	473717	2075021	103	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	473812	2075198	100	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	25
6372210013	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474409	2075548	113	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210014	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474688	2075616	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210014_D	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	476245	2077890	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372210015	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475153	2076065	104	POZO	INDUSTRIAL	2,5
6372210016	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	477667	2075820	158	POZO	TURISMO	57
6372210017	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481456	2075155	77	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210017_D	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474945	2077571	107	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210018	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474956	2077578	138	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210020	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	477107	2079063	111	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210021	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	476964	2079675	112	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	1451
6372210022	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474476	2080444	135	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210023	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474938	2080357		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210024	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474912	2080345	116	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210025	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474850	2080441	117	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210026	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474836	2080567	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	30
6372210027	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474832	2080693	119	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	30
6372210028	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474782	2080725	170	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210029	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474960	2080583	148	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372210030	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474950	2080636	122	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	40
6372210032	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	478818	2074874	182	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
63722133	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	480593	2073138	183	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	18
6372220001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482967	2079065		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482227	2077440	82	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	488140	2077050	91	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	175
6372220005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	488032	2077303	96	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	487094	2078292	78	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	30
6372220007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	487138	2078999	104	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	483088	2081040	154	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482776	2080669	140	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	18
6372220011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	488470	2078610	76	POZO	GANADERÍA	
6372220012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	488372	2079403	77	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372220013	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	488455	2079466	110	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	120
6372220014	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	489020	2081047	1132	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372220015	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	489501	2081204	79	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	175
6372220016	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	489470	2080669	118	POZO	GANADERÍA	70
6372220018	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	490572	2081707	83	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	247
6372220019	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	490521	2080198	84	POZO	GANADERÍA	250
6372220020	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	490996	2081443	85	POZO	GANADERÍA	
6372222001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	490075	2081830	82	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372230002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	495066	2076272	92	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372230003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	499504	2077719	93	POZO	GANADERÍA	
6372230004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	497714	2078528	94	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	135
6372230006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	498976	2080350	95	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	80
6372230007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	493595	2081267	103	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	125
6372230008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	495700	2081381	106	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	240
6372230009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	495780	2080456	138	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474534	2068951	59	POZO	GANADERÍA	95
6372240002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475302	2067647	62	POZO	GANADERÍA	
6372240003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	473617	2069354	78	POZO	GANADERÍA	
6372240004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	473799	2069690	66	POZO	AGRICULTURA	
6372240005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	477667	2067322	86	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240005_D	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	483205	2068375	61	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479444	2066866	62	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	210
6372240007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479087	2066506	74	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6372240008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479160	2066282	71	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479137	2066115	70	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479043	2066078	69	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240011	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	479052	2064744	84	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6372240012	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	478945	2064517	66	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372240013	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	478895	2064552	88	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240014	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	478189	2064336	93	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240015	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481620	2068302	64			
6372240016	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475353	2071880	78	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	1,65
6372240017	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475270	2071594	82	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240018	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475584	2071718	86	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240019	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475194	2071589	84	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240020	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	475020	2071655	77	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	162
6372240021	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	474534	2071957	94	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372240022	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481473	2072022	133	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	10
6372240023	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481920	2071555	62	POZO	GANADERÍA	40
6372240024	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	481495	2071848	63	POZO	GANADERÍA	
6372250001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482429	2065628	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	483434	2066440	50	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482655	2068747	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482312	2069925	59	POZO	GANADERÍA	
6372250007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482377	2068645	84	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	160
6372250008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482047	2066880	108	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250008_D	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	485092	2080655	128	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482159	2067204	63	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	16
6372250010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482904	2067835	59	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482317	2068132	91	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	482641	2064760	195	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372250013	CORDILLERA ORIENTAL	6372 II	El Seibo	484598	2064398	43	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	55
637230005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	498171	2079698	158	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	86
6372320001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	457604	2074351		POZO	GANADERÍA	
6372320002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	456683	2075550	112	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372320003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	457034	2075695	136	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	64

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372320004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	456942	2075406	103	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372320005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	459318	2078698	185	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372320006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	459224	2079178	170	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372320007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	461468	2079850	180	POZO	GANADERÍA	
6372320008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	463067	2078584	182	POZO	GANADERÍA	
6372320009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	464801	2076609	110	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	466455	2077497	112	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	465929	2077539	111	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6372330003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470990	2074747	112	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	473658	2074915	1,33	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	102
6372330004_D	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	469781	2073154	45	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	95
6372330005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	473761	2075063	158	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472111	2075999	105	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	11
6372330007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472148	2076071	105	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	6
6372330008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472058	2076025	106	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	7
6372330009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471987	2076235	116	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	9
6372330010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471727	2076448	116	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	8
6372330011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471276	2077184	140	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	14
6372330012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471383	2076926	102	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	38
6372330013	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470433	2079054	138	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330014	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470809	2079680	166	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	13
6372330015	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470825	2079872	182	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	38
6372330017	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472064	2080569	216	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372330018	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470434	2079729	156	POZO	GANADERÍA	55
6372330019	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	469632	2079526	180	POZO	INDUSTRIAL	38
6372330020	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470542	2078450	152	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	16
6372340001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	455669	2065664	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	100
6372340002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	453975	2067943	45	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	120

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372340003	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	453830	2068378	81	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	123
6372340004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	453095	2071179		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	160
6372350001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	456825	2069405		POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	10
6372350002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	460837	2065928	63	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	459659	2070483	56	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	464064	2070142	56			
6372350006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	464664	2064301	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	464760	2064358	48		ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	464617	2065760	52	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350009	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	463920	2065524	48	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	463657	2064107	71	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372350011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	461929	2071420	66	POZO	GANADERÍA	
6372350012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	462251	2071571	82	POZO	GANADERÍA	91
6372350013	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	461744	2071090	75	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470839	2068769	60	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	65
6372360002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470856	2069662	73	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	200
6372360003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472399	2071805	92		ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470329	2067897	42	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	20
6372360005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	470194	2068040	57	POZO	NO SE UTILIZA	
6372360006	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	465943	2064730	58	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	135
6372360007	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	466227	2069873	76	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	6
6372360008	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	473751	2068459	71	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360010	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471898	2065797	80	POZO	GANADERÍA	240
6372360011	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471853	2066230	107	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360012	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471825	2066226	145	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360014	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471928	2066227	70	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360015	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471781	2066019	51	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360016	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471803	2065983	70	SONDEO	INDUSTRIAL	

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6372360017	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	471716	2065642	97	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	17
6372360020	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472306	2067066	76	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360021	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472345	2067139	75	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372360022	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472436	2067083	66	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	30
6372360023	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472498	2067339	73	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	33
6372360024	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472679	2067598	123	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	19
6372360025	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472720	2067694	73	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	19
6372360026	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472766	2067847	76	POZO	GANADERÍA	15
6372360027	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	472775	2068040	118	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	23
6372360028	CORDILLERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	473752	2069763	70	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	150
6372390005	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6372 III	Hato Mayor del Rey	455657	2068887	53	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	172
6372410005	CORDILLERA ORIENTAL	6372 IV	El Valle	456074	2098228	54	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372420001	CORDILLERA ORIENTAL	6372 IV	El Valle	460390	2092640	94	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	90
6372420002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 IV	El Valle	460628	2098514	69	MANANTIAL		
6372420003	CORDILLERA ORIENTAL	6372 IV	El Valle	456627	2098256	20	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	180
6372420004	CORDILLERA ORIENTAL	6372 IV	El Valle	456627	2098256	70	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6372I50002	CORDILLERA ORIENTAL	6372 I	Miches	483220	2083218	164	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6373330016	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	471967	2080687	221	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	180
6373340001	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	455328	2105280	180	MANANTIAL	ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA	
6373350001	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	459209	2105972	8	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	16
6373350002	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	459245	2106020	14	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	8
6373350003	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	459300	2105958	10	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	16
6373360001	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	472830	2101957	179	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6373450004	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	459552	2108032	56	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6373450005	CORDILLERA ORIENTAL	6373 III	Sabana de la Mar	459041	2107665	6	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	53
6471420001	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	511305	2063825	122	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	210
6471420002	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	511387	2063915	115	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	50
6471420003	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	515515	2062638	123	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	197

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6471420004	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	513182	2062034	163			
6471420006	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	517350	2063465	165	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6471430001	CORDILLERA ORIENTAL	6471 IV	Guaymate	518096	2063590	166	ZANJAS O SOCAVONES	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	190
6472110001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	528830	2091305		POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	
6472110002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	528719	2091255	22	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472110003	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	528572	2091570	34	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472140001	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	530131	2088401	219	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	12
6472140002	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529928	2088722	220	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472140003	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529861	2089053	221	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472140004	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529863	2088595	30	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472140004_D	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529785	2088357	60	POZO		20
6472140005	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529781	2088359	40	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472140006	PLANICIE COSTERA ORIENTAL	6472 I	La Vacama	529124	2090584	18	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472310001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	500489	2081026	96	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	60
6472310002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	504555	2073195	129	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	200
6472310003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	506090	2074526	131	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	
6472320001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	509376	2074310	136	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	92
6472320002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	513705	2077582	138	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	
6472320004	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	513450	2080700	142	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	55
6472340001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	501234	2072729	141	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472340002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	500966	2072864	168	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	44
6472340003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	502756	2072911	182	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472340004	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	508211	2065266	144	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	17
6472340005	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	508248	2065230	145	SONDEO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	61
6472340006	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	508630	2065013	146	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	91
6472340007	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	508822	2064931	128	POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA	70
6472350001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	511901	2072369	137	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	85
6472350002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	512150	2072140	138	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	54

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6472350003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	509074	2064844	148	POZO	ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA	49
6472350004	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	509960	2064410	149	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	16
6472350005	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	509958	2064414	150	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472350006	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	511792	2064561	142	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	51
6472350007	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	511934	2064599	121	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472350008	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	512274	2064632	155	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472350009	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	511993	2064848	156	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	14
6472350010	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	511845	2064933	157	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472350012	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	510627	2066031	160	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	6
6472350014	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	512884	2064564	145	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	15
6472350015	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	512992	2064272	145	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	18
6472350016	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	513486	2064157	174	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	420
6472350017	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	513484	2064157	135	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472350018	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	510252	2066407	160	POZO	ABASTECIMIENTO A NÚCLEOS URBANOS Y OTRA ACTIVIDAD	
6472360001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	518653	2064751	110	POZO		43
6472360002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	518067	2066594	168	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	
6472360003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	520332	2067516	169	POZO CON GALERÍA O	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472360004	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	519535	2065341	117	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472360005	CORDILLERA ORIENTAL	6472 III	Rincon Chavon	520214	2064918	159	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	15
6472420005	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	509125	2075583	143	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	280
6472430001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	521189	2095063	35	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472430002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	520753	2096391	52	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472430003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	521599	2096819	35	POZO	ABASTECIMIENTO Y GANADERÍA	
6472440001	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	500790	2082313	98	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	80
6472440002	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	500766	2083473	99	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	40
6472440003	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	501161	2083602	97	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	4
6472440004	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	501366	2084259	100	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	60
6472440005	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	501450	2084604	175	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	70

CodPunto	Unidad Hidrogeológica	Hoja 1:50000	Nombre Hoja	coord. X	coord. Y	Cota	Naturaleza	Uso	Prof
6472440006	CORDILLERA ORIENTAL	6472 IV	Las Lisas	501405	2084936	102	POZO	ABASTECIMIENTO (DOMESTICO)	80

7.4. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

La información disponible sobre parámetros hidráulicos referentes a materiales de la unidad de la Cordillera Oriental es muy escasa o incluso nula al no existir datos disponibles sobre ensayos o pruebas de bombeo realizados sobre las formaciones permeables de la unidad (calizas del Eoceno-Mioceno -Ec-, del Cretácico -Cc- o arrecifales pliocenas -Plc-, Cuaternario indiferenciado -Qi-, terrazas fluviales -Qa- o aluviales -Qal-), salvo las interpretaciones que puedan obtenerse del funcionamiento hidrogeológico de la unidad. Las permeabilidades asignadas a dichos materiales, así como al resto de las formaciones identificadas en las cartografías elaboradas, son, por lo tanto, estimativas (basadas en materiales similares de otras zonas) y relativas (en comparación de unos materiales con otros).

En la zona de Cordillera Oriental, el material más permeable (además de los depósitos cuaternarios) son las calizas pliocenas (Plc), cretácicas (Cc) y eocenas-miocenas (Ec). Sus grados de karstificación le asignan una permeabilidad alta, de tipo secundario por karstificación.

Los conglomerados y areniscas eocenas (Ecg) se prevén de permeabilidad media por porosidad intersticial.

El sustrato cretácico volcanosedimentario (RVS) consta de zonas en la que presentan fisuración (RVSf), existen además, materiales del Pleistoceno (Pcg) y flysch (Cf) los cuales se suponen de permeabilidad generalmente baja.

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

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 la mayor parte del inventario se sitúa en la mitad meridional de la unidad hidrogeológica, con lo que quedan zonas en las que no va a existir información de los niveles piezométricos.

Para facilitar el análisis de la información piezométrica de la red de control definida, se ha realizado una agrupación de los puntos de control por subsectores. Estos subsectores han sido definidos en función de los materiales sobre los que se sitúan los puntos de control, y de su situación geográfica. En total se han definido 13 subsectores cuya denominación y características piezométricas pueden verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 7.5.1. Características piezométricas por subsectores

Subsector	Nivel piezométrico (m.s.n.m.)		
	Máximo	Mínimo	Medio
El Valle-Palo Alto	8.57	3.19	5.95
Aluvial del Magua	8.66	7.93	8.35
Los Tocones-La Zanja	26.70	-6.54	7.47
Loma del Peñón	159.03	75.00	124.67
Santa Lucía	173.31	166.86	169.97
Los Botados	172.74	125.87	150.25
Aluvial del Seibo	167.73	92.75	124.81
Peña Blanca (U.H 2)	241.49	73.37	124.86
Hato Mayor	174.05	93.85	125.53
Magua-Mata de Palma	56.17	21.50	39.84
Los Algarrobos-San Miguel	76.45	14.00	55.55
La Fuente	92.22	69.30	78.88
Yerba Buena	180.50	102.08	148.31

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

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

Subsector El Valle-Palo Alto:

Se trata de la zona situada al noroeste de la unidad hidrogeológica y engloba a tres puntos de la red piezométrica. Las características de estos tres puntos son bien diferentes, pues sus profundidades oscilan entre 16 y 180 metros. Los tres

pozos se encuentran emboquillados sobre terrazas fluviales cuaternarias que constituyen formaciones de alta permeabilidad por porosidad intersticial y productividad elevada. Los materiales captados por cada una de las captaciones varían, ya que probablemente el punto de 180 metros de profundidad esté captando, además de los depósitos cuaternarios, las calizas pliocenas de Los Haitises.

Los niveles medidos en este subsector se mantienen bastante estables, presentando pocas oscilaciones. Las variaciones entre los máximos y mínimos controlados no superan los 6 metros.

Subsector Aluvial del Magua:

Éste es el único subsector que se encuentra en la zona norte de la unidad hidrogeológica, y está representado únicamente por un punto de control. Este punto se encuentra emboquillado sobre los depósitos volcano-sedimentarios que constituyen materiales porosos de permeabilidad variable y baja productividad.

Los niveles piezométricos controlados en este subsector están en torno a los 8 m.s.n.m., con oscilaciones mensuales mínimas.

Subsector Los Tocones-La Zanja:

Este subsector se encuentra situado en la zona noreste de la unidad hidrogeológica, aunque fuera de los límites de ésta, dentro de la hoja a escala 1:50.000 6472 I La Vacama. Los tres puntos de control pertenecen a la unidad hidrogeológica de la Planicie Costera Oriental, y están emboquillados sobre las calizas del Plioceno que constituyen una formación de alta permeabilidad por fisuración y karstificación y de gran productividad.

Los niveles controlados en esta subzona son bastante dispares, existiendo unas diferencias de hasta 30 m.s.n.m. entre unos puntos y otros. En uno de los piezómetros (6472140006) los niveles se sitúan incluso por debajo del nivel del mar. En general, entre los meses de noviembre y enero se aprecia una recuperación de los niveles que pueden llegar a ascensos de hasta 8 metros.

Subsector Loma del Peñón:

Este subsector se encuentra situado en la zona sureste de la unidad hidrogeológica en el contacto entre los materiales volcano-sedimentarios con las calizas del Eoceno. Las características constructivas de los 7 piezómetros incluidos dentro de este subsector son muy diferentes, existiendo pozos de gran profundidad (en torno

a 200 metros) y otros superficiales (< 20 metros). Los pozos de menor profundidad captan pequeños niveles arenosos de bajo grado de permeabilidad y poca productividad.

Los niveles piezométricos controlados dentro del subsector varían entre 160 y 75 m.s.n.m., con oscilaciones de la mayor parte de los puntos de control de entre 5 y 10 metros entre máximos y mínimos.

La evolución de los gráficos de piezometría difiere ligeramente entre los puntos de mayor profundidad y los más superficiales. Así, en los piezómetros más profundos, se produce una ligera recuperación de los niveles entre los meses de noviembre y enero, mientras que en los piezómetros más superficiales esta recuperación es entre enero y marzo.

Subsector Santa Lucía:

Este subsector, que únicamente engloba un punto de control, se sitúa al oeste de la población de El Seibo. El pozo de control de la red está emboquillado en el contacto entre los materiales volcano-sedimentarios de bajo grado de permeabilidad y las calizas del Cretácico que afloran al oeste del punto control (material que probablemente estén captando).

Los niveles medidos en este subsector están en torno a los 170 m.s.n.m., existiendo una diferencia de 6-7 metros entre los niveles máximos y mínimos controlados en el año hidrológico.

Subsector Los Botados:

Este subsector se encuentra emplazado al norte de la población del Seibo, entre las cuencas de los ríos Seibo y Huma. En este subsector existen dos afloramientos de materiales calizos del Cretácico con alta permeabilidad por fisuración y karstificación, sobre los que se sitúan los tres piezómetros que constituyen la red de control. Únicamente se tienen datos de profundidad de dos de los piezómetros, siendo superiores a 70 metros.

Los niveles piezométricos controlados difieren bastante de unos puntos a otros. Los niveles mínimos controlados se encuentran en torno a 125 m.s.n.m. y los máximos en torno a 170 m.s.n.m.

Subsector Aluvial del Seibo:

Este subsector se encuentra emplazado en la zona central de la unidad hidrogeológica, sobre los depósitos cuaternarios del aluvial del río Seibo. Estos

materiales presentan una alta permeabilidad por porosidad intersticial y una gran productividad.

En este subsector se incluyen tres puntos de control, cuyas características constructivas se desconocen, aunque muy posiblemente, se trate de pozos de poca profundidad (< 20 metros) que explotan únicamente los depósitos cuaternarios.

Las diferencias existentes entre los niveles piezométricos de los distintos puntos de control son consecuencia de la diferencia de cota topográfica, ya que los puntos de control se encuentran situados a lo largo del aluvial del río. Los valores más altos se encuentran en torno a los 165 m.s.n.m., mientras que los niveles más bajos están en torno a 92 m.s.n.m.

Subsector Peña Blanca (U.H 2):

Engloba un total de 7 piezómetros que controlan las oscilaciones de nivel piezométrico en la zona centro de la unidad hidrogeológica. La mayor parte de estos puntos se encuentran situados sobre materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja y reducida productividad.

Existen importantes oscilaciones en los niveles piezométricos ya que este subsector engloba una gran superficie y además hay grandes variaciones entre las profundidades de los piezómetros (desde pozos menores de 20 metros a pozos de 120 metros de profundidad). Así pues, los niveles piezométricos oscilan entre cotas de 240 m.s.n.m a cotas en torno a 75 m.s.n.m.

En general, los gráficos de evolución anual de los niveles se mantienen bastante estables, existiendo pequeñas oscilaciones (inferiores a 2 metros) entre los máximos y mínimos mensuales.

Subsector Hato Mayor:

Este subsector controla los niveles al norte de la población de Hato Mayor. De los 7 puntos de control que conforman el subsector, 4 se encuentran emplazados sobre los depósitos volcano-sedimentarios de bajo grado de permeabilidad y poco productivos, y los 3 restantes están situados sobre materiales detríticos cuaternarios de origen fluvial de alta permeabilidad que pueden dar lugar a acuíferos de cierta productividad.

Los puntos de los que se tienen datos de profundidad indican que se trata de pozos poco profundos, siendo la construcción más profunda menor de 40 metros.

Los gráficos de evolución de los piezómetros de cada uno de los puntos de control muestran en general pocas oscilaciones de los niveles (menores a 2 metros). No obstante, dentro del subsector, existen importantes diferencias de nivel piezométrico según las zonas y los materiales captados. Los máximos niveles se encuentran a una cota en torno a los 174 metros, mientras que los niveles mínimos están en torno a los 94 metros.

Subsector Magua-Mata de Palma:

Se encuentra situado en el límite suroeste de la unidad hidrogeológica, existiendo dos puntos de control que incluso pertenecen a la unidad hidrogeológica contigua de la Planicie Costera Oriental.

En este subsector se han agrupado cinco puntos de control, de los cuales 3 se encuentran situados sobre materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja, mientras que los otros 2 puntos (pertenecientes a la unidad hidrogeológica de la Planicie Costera Oriental) están emplazados sobre las calizas del Plioceno, consideradas de alta permeabilidad por fisuración y karstificación y altamente productivas.

Únicamente se tiene datos de profundidad de dos de las captaciones, superando ambas los 130 metros. Los datos de nivel piezométrico oscilan entre 56 y 21 metros sobre el nivel del mar, dependiendo del punto de control. En general se aprecia una recuperación de los niveles desde el mes de agosto hasta diciembre-enero, produciéndose un ligero descenso de los mismos a partir de estos meses. Las diferencias entre máximos y mínimos de cada piezómetro son significativas aunque no se superan los 6 metros.

Subsector Los Algarrobos-San Miguel:

Este subsector se encuentra situado en la zona suroeste de la unidad hidrogeológica y es el de mayor extensión de todos los subsectores, estando controlados por un total de 10 piezómetros. La totalidad de los materiales aflorantes de este subsector son los depósitos volcano-sedimentarios, que constituyen una formación de permeabilidad media a baja por porosidad intersticial y de escasa productividad e interés hidrogeológico.

Los datos de profundidad de los puntos de control son variables, existiendo varios piezómetros de más de 100 metros de profundidad que podrían estar captando niveles acuíferos más productivos, aunque dada la ausencia de información en cuanto a columnas de sondeos, se desconocen los materiales captados.

El nivel piezométrico del subsector es muy irregular y oscila entre 76 y 14 metros sobre el nivel del mar en función de la zona, de los materiales captado y de las características constructivas del pozo.

Subsector La Fuente:

Situado en la zona suroeste de la unidad hidrogeológica, controla los niveles piezométricos por medio de tres puntos de agua situados sobre los materiales volcano-sedimentarios de baja productividad y grado de permeabilidad medio-bajo.

Los niveles piezométricos medidos en este subsector oscilan entre 90 y 70 metros sobre el nivel del mar, dependiendo de la zona. Los niveles de cada uno de los piezómetros se mantienen bastante constantes con ligeras fluctuaciones que no suelen superar el metro.

Subsector Yerba Buena:

Este subsector se encuentra situado al oeste de la unidad hidrogeológica y controla los niveles piezométricos de esta zona medidos en 4 puntos de control. Las características constructivas de estos puntos se desconocen por lo que no se puede determinar si se trata de pozos profundos o superficiales, y por lo tanto los niveles que están captando.

Tres de los cuatro piezómetros están emplazados sobre los materiales volcano-sedimentarios de permeabilidad media-baja. El otro punto se encuentra emboquillado sobre un pequeño afloramiento de calizas del Plioceno.

Los niveles piezométricos medidos en este subsector oscilan entre 102 y 180 metros sobre el nivel del mar. En general se aprecia una ligera recuperación de los niveles entre los meses de agosto y diciembre, produciéndose un descenso brusco en el mes de enero con una estabilización posterior.

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

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

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (m.s.n.m.)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (mS/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
El Valle-Palo Alto	6372420003	9.79	3.87	7.27	28	28	28.00	30	24	25.97	0.38	0.26	0.32	8.9	5.7	6.58
	6373350001	7.19	5.65	6.38	30	28	28.71	30	24	26.33	1.04	0.18	0.51	7.6	5.1	6.63
	6373450005	5.00	3.19	4.43	29	22	25.43	31	21	25.29	0.7	0.17	0.52	22	5.2	10.07
Aluvial del Magua	6372110001	8.66	7.93	8.35	31	30	30.20									
Los Tocones-La Zanja	6472110002	5.02	1.94	3.30	30	28	29.43	29	24	25.93	0.65	0.52	0.56	7.9	6.5	7.00
	6472140004	26.70	18.69	22.51	30	28	29.14	28.7	24	26.11	0.76	0.5	0.61	74	6.2	15.29
	6472140006	1.70	-8.39	-4.04	31	25	29.09	29	24	25.91	0.82	0.47	0.67	7.8	6.2	6.95
Loma del Peñón	6471420001	117.02	111.98	115.88	31	27	28.80									
	6471420003	111.57	108.83	110.59	30	27	28.60									
	6472340006	141.34	137.17	139.11	29	27	28.00	25	23	23.67	0.87	0.68	0.78	7.6	6.3	7.30
	6472350012	159.03	154.47	157.21	31	27	28.83	25	24	24.33	1.04	0.72	0.86	8.3	6.4	7.60
	6472350014	143.99	139.64	142.19	31	27	28.60	25	21	23.80	0.89	0.82	0.85	7.6	6.7	7.35
	6472350017	130.38	124.62	128.24	31	27	28.60	25	22	23.60	0.97	0.78	0.87	8.1	6.8	7.65
	6472360001	83.91	75.00	79.46	31	27	28.80	25	21	23.60	0.87	0.77	0.82	8.5	7.7	7.96
Santa Lucia	6472340003	173.31	166.86	169.97	29	27	27.75	27	24	25.33	0.79	0.68	0.74	7.5	5.9	6.70
Los Botados	6372230009	127.31	125.87	126.52	29	27	28.50	29	29	29.00						
	637230005	154.23	129.00	150.40	28	26	27.00	27	22	23.80	1.33	1.19	1.28	8.6	6.7	7.53
	6472440005	172.74	168.30	170.89	30	26	27.60	31	31	31.00						
Aluvial del Seibo	6372130001	93.02	92.75	92.86	30	28	29.20	31	31	31.00						
	6372150003	113.42	109.09	111.99	31	28	29.20									
	6372150004	167.73	162.25	165.58	31	28	28.80	31	31	31.00						

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (m.s.n.m.)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (mS/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
Peña Blanca (U.H 2)	6372150006	241.49	238.35	239.72	30	26	28.00	30	30	30.00						
	6372210006	114.71	111.92	113.28	30	27	28.60	31	31	31.00						
	6372210010	88.84	86.39	87.44	30	28	29.00									
	6372220003	75.78	73.37	74.43	30	28	29.40	33	26	29.50	0.92	0.92	0.92	9.4	9.4	9.40
	6372220010	135.95	132.54	134.69	30	26	28.20	32	32	32.00						
	6372220013	103.90	102.50	103.59	31	26	28.43	28	22	24.86	1.09	0.78	0.94	9.3	7.2	8.36
	6372220016	115.98	115.41	115.82	31	26	28.20	28	22	24.80	1.8	0.79	1.09	8.9	7.8	8.35
Hato Mayor	6372210012	95.00	93.85	94.28	29	26	28.29	29	22	25.50	1.6	0.81	1.02	9.2	6.8	8.09
	6372210015	98.50	96.80	97.77	30	28	28.83	29	26	27.50	1.42	1.42	1.42	6	6	6.00
	6372210018	137.37	135.85	136.61	29	23	27.43	29	23	25.43	1.8	0.02	0.95	8.1	6.6	7.41
	6372210022	130.65	128.59	129.52	29	28	28.60	29	29	29.00						
	6372330009	110.21	108.60	109.53	30	28	29.17	27	24	25.67	1.3	1	1.11	8.2	2.72	6.78
	6372330019	174.05	169.81	171.69	30	28	28.80	26	25	25.25	0.72	0.54	0.63	8.4	6.6	7.75
	6372330020	147.60	144.02	145.57	30	28	28.83	25	21	24.00	0.89	0.58	0.65	8.6	6.3	7.43
Magua-Mata de Palma	6371150002	36.14	35.73	35.97				29	29	29.00						
	6371430005	23.30	21.50	22.52	30	26	28.00	30	22	25.57	1.35	0.63	0.89	8.05	5.4	7.16
	6372240012	56.17	49.38	54.48	30	26	27.83	28	23	25.00	0.89	0.56	0.78	8.2	7	7.34
	6372250003	45.72	26.00	41.22	30	27	28.33	29	23	27.00	3.81	0.33	2.65	7.4	5.3	6.78
	6372360006	49.17	43.58	46.64	30	26	28.20	30	25	26.25	0.97	0.81	0.89	7.8	7.1	7.47
Los Algarrobos-San Miguel	6273210034	54.00	52.98	53.49												
	6372240001	51.74	47.07	48.28	30	26	27.50									
	6372240006	54.76	51.47	53.63	30	26	28.50	31	25	27.75	3.11	0.7	1.40	8.2	5.5	6.85

Subsector	CodPunto	Nivel piezométrico (m.s.n.m.)			Tª Aire °C			Tª Agua °C			Conductividad Eléctrica (mS/cm)			pH		
		Máx	Mín	Medio	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
	6372240015	63.20	58.23	60.93	30	28	28.80									
	6372240016	76.45	74.75	75.17	30	27	28.83	30	30	30.00						
	6372240023	41.82	30.36	36.75	30	27	28.67	26	24	24.67	1.45	1.2	1.37	8.7	6	7.94
	6372360004	40.37	14.00	35.54	30	26	28.20	25	21	24.00	1.3	0.65	1.05	7.8	6.3	7.18
	6372360014	68.05	65.15	66.72	30	26	28.00	31	31	31.00						
	6372360022	59.90	57.81	58.44	30	26	28.43	29	29	29.00	0.29	0.29	0.29	9.3	9.3	9.30
	6372360028	67.69	60.07	65.76	30	26	28.83	28	28	28.00						
La Fuente	6372320004	92.22	90.30	91.46	30	28	29.00	31	31	31.00						
	6372350012	75.82	73.00	74.28	30	28	29.00	26	26	26.00	1.34	0.77	1.00	9	8.2	8.50
	6372360007	70.98	69.30	70.32	30	28	29.14	31	23	25.25	6.7	0.71	1.62	8.1	0.78	6.74
Yerba Buena	6372320006	152.88	124.33	141.13	29	26	27.71	30	23	25.75	0.59	0.54	0.56	7.7	6.9	7.23
	6372320007	171.43	168.05	169.66	29	27	27.67	30	30	30.00						
	6372320008	180.50	177.02	178.82	29	27	27.60	30	30	30.00						
	6372320009	105.80	102.08	103.64	29	27	27.80	28	28	28.00						

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

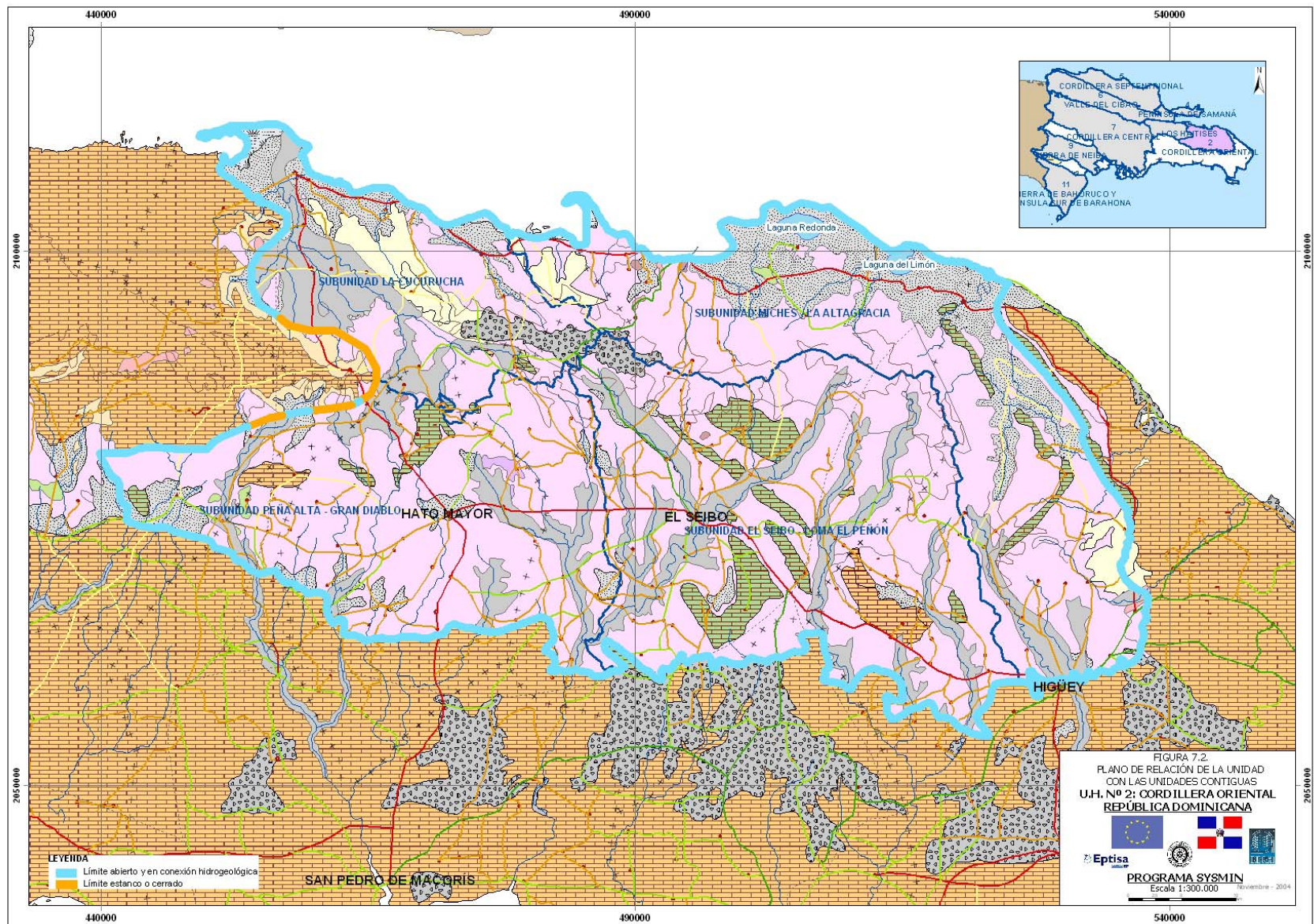
7.6. RELACIÓN CON UNIDADES CONTIGUAS

De acuerdo con la distribución de unidades o zonas hidrogeológicas establecidas por el PLANIACAS (1989), las zonas o unidades hidrogeológicas limítrofes con la U.H. nº 2: Cordillera Oriental, son el sector oriental de la U.H. nº 3: Los Haitises y el norte de la Planicie Costera Oriental (Figura 7.2):

Desde el punto de vista hidrogeológico, y en función de los límites de funcionamiento definidos en apartados anteriores, la relación de la Zona o U.H de la Cordillera Oriental con las citadas Zonas o UU.HH. limítrofes es la siguiente:

- El borde sur de la unidad (Subunidades Peña Alta-Gran Diablo, El Seibo y la zona sur de la subunidad Miches-La Alta Gracia) se encuentra conectado superficialmente con el borde meridional de la Planicie Costera Oriental. Se trata de un borde, en superficie, abierto con conexión hidráulica, debido al contacto de las rocas volcanosedimentarias (RVS) y materiales cuaternarios aluviales (Qal) de las subunidades de dicha unidad y los materiales del Cuaternario indiferenciado (Qi) y las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la Planicie Costera Oriental, este borde actúa como recarga hídrica superficial de la Unidad de la Cordillera Oriental hacia la Unidad de la Planicie Costera Oriental.
- El borde occidental de la unidad (subunidades de La Cucurucha y Peña Alta-Gran Diablo) se encuentra conectado superficialmente con el borde oriental de la unidad de Los Haitises. Se trata de un borde complejo y heterogéneo, en la parte norte será un contacto superficial abierto con conexión hídrica, debido al contacto de los materiales del Cuaternario de terraza (Qa) de la subunidad de la Cucurucha con las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la unidad de Los Haitises, que funcionará como un borde de recarga desde la Unidad de Los Haitises hacia la Unidad de la Cordillera Oriental, aunque principalmente de tipo superficial debido al escaso espesor de los materiales permeables, mientras en el sur del contacto es abierto sin conexión hidráulica, debido al contacto de las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de La Cucurucha y Peña Alta con las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la unidad de Los Haitises; este contacto se comportará como un borde de recarga superficial desde la Cordillera Oriental.
- El borde oriental de la unidad (subunidad de Miches-La Altagracia) se encuentra conectado superficialmente con el borde norte de la Unidad de la Planicie Costera Oriental. Se trata de un borde abierto con conexión hídrica subterránea, debido al contacto de rocas permeables, como las rocas plutónicas fisuradas o alteradas (Rpf) de

ambas unidades, como superficial en los materiales impermeables, tales como las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la Unidad de la Cordillera Oriental con las calizas arrecifales pliocenas (Plc) y calizas cretácicas (Cc) de la Unidad de la Planicie Costera Oriental. Este borde se comporta como una zona de recarga hídrica desde la Unidad de la Cordillera Oriental hacia la Unidad de la Planicie Costera Oriental.



7.7. RELACIÓN CON CAUCES SUPERFICIALES

Como ya se ha venido comentando en apartados anteriores, la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental 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 las subunidades del norte de la unidad (La Cucurucha y Miches-Altagracia) se identifica un eje principal de descarga S-N, siendo en la zona más occidental SE-NO. El cauce más importante del eje es el Río Yabón, el cual drena grandes afloramientos de materiales cuaternarios de terrazas fluviales (Qa). Se trata de un río ganador con respecto a los materiales cuaternarios que atraviesa. En la zona meridional los ríos toman una disposición N-S, con cortos recorridos y drenando, en su mayoría, materiales cuaternarios de terraza fluvial (Qa).
- En el sector sur de la unidad que comprende a las subunidades de Peña Alta-Gran Diablo y El Seibo presenta un eje de drenaje predominantemente N-S, los ríos más importantes del eje son Higuamo, Soco y Chavón. Los cauces fluviales discurren por materiales permeables tales como materiales cuaternarios (Qal) en la zona septentrional y meridional de la unidad. Estos ríos también drenan afloramientos de calizas arrecifales eocenas-miocenas, pliocenas y cretácicas.
- El último eje que se observa es la parte oriental de la unidad (subunidad de Miches-Altagracia). Este eje presenta una red de drenaje en dirección E-O; los cauces más importantes de la subunidad son el río Maimón y el río Anamuya. En esta subunidad los cauces de los ríos discurren tanto por materiales permeables tales como materiales cuaternarios de terrazas (Qa) al norte, como por materiales impermeables tales como las rocas volcanosedimentarias (RVS). También drenan pequeños afloramientos alargados en dirección SE-NO y SO-NE de calizas cretácicas (Cc).

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

8. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 02. Cordillera Oriental se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas, entre noviembre y diciembre de 2003 (primera campaña) y en abril 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 28 puntos de agua en la unidad, que corresponden a sondeos, pozos y 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 agua procedentes de los puntos de control seleccionados.

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

Nº orden	Codigo	Paraje	Municipio	Naturaleza	Prof. (m)	Nivel estático (m)
11	6472310002	Cañada De La Vaca	El Seybo	Pozo	200	
12	6472320002	Higua	El Seybo	Pozo		
13	6472320004	El Rodeo	El Seybo	Pozo	55	
14	6472340005	Bejucal		Sondeo	61	
15	6472350012	Los Guineo	Higüey	Pozo	6	5,5
16	6174420005	Camino Real	Higüey	Pozo		
17	6472140004_D			Pozo	20	
18	6472430002	Sabana De Nisibon	Higüey	Pozo		
19	6472110001	Los Tocones	Nisibón Higüey	Pozo		
27	6372420001	El Cabao	El Valle, Hato Mayor	Pozo	90	
28	6373450005	Sabana De La Mar	Hato Mayor	Pozo	53	2,8
29	6373350002	Sabana De La Mar	Hato Mayor	Pozo	8	
30	6373360001	Cañada Grande	El Seybo	Pozo		
31	6373350003	Sabana De La Mar	Hato Mayor	Pozo	16	
32	6372210023	El Cercado	El Seybo	Pozo		
33	6372210016	Paso Cibao	Hato Mayor	Pozo	57	
34	6372220001		El Seybo	Pozo		
35	6372220004	Sopaipo	El Seybo	Pozo	175	
36	6372220015	Los Corazones	Candelaria	Pozo	175	7,2
37	6372240023	Las Lajas	El Seybo	Pozo	40	31,6
38	6372240006	Mata De Palma	El Seybo	Pozo	210	10,5
39	6372360016	Guayabo Dulce	Hato Mayor	Sondeo		0,5
40	6372360002	El Coco	La Comunidad	Pozo	200	
41	6372330019	Manchado Km 7	Hato Mayor	Pozo	38	10,2
42	6372320005	La Clara	Hato Mayor	Manantial		
43	6372420003	Alto De La Piedra	Hato Mayor	Pozo	180	12,6
43 ^a	6372420004	Alto De La Piedra	El Valle, Hato Mayor	Pozo		13,6
51	6373340001	Caño Hondo	Sabana De La Cruz El Seybo	Manantial		

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

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

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

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

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

8.2.1. Primera campaña

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

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 90 y 1310 microS/cm. El valor más alto corresponde a la muestra nº 35, procedente de un pozo de 175 m de profundidad situado en el municipio de El Seybo. El valor mínimo se obtiene en la muestra 43A, correspondiente a un pozo situado en el municipio de Hato Mayor.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 22 y 29 °C. El valor mínimo se registra en la muestra número 51, tomada en un manantial del municipio de Sabana de la Cruz El Seybo, en el paraje de Caño Hondo, y el máximo corresponde a la muestra nº 35, que también presenta la conductividad más elevada dentro de la unidad.

Por último, los valores de pH presentan un rango de variación muy amplio, que oscila entre 4.2 y 9.2. El valor mínimo se ha registrado la muestra número 43, procedente de un pozo de 180 m de profundidad situado en el municipio de Hato Mayor. Por su parte, el valor máximo corresponde a la muestra nº 37 procedente de un pozo de 40 m de profundidad, muestreado en el paraje denominado Las Lajas, dentro del municipio de El Seybo.

Cuadro 8.2.1. Resultados de los análisis "in situ" de la 1ª campaña (UH. 02. Cordillera Oriental)

Nº Orden	Código	Municipio	Fecha de muestreo	Temp °C		Cond. (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
11	6472310002	El Seybo	21/11/2003	26	25	0,79	7,8
12	6472320002	El Seybo	21/11/2003	27	27	0,3	7,4
13	6472320004	El Seybo	21/11/2003	27	26	0,29	7,5
14	6472340005		21/11/2003	26	26	0,75	7,5
15	6472350012	Higuey	21/12/2003	26	26	0,95	7,9
16	6174420005	Higuey	21/11/2003	25	25	1,11	7,6
17	6472140004 (S)	Nisibón Higuey	22/11/2003			0,09	6,1
18	6472430002	Higuey	22/11/2003	30	27	0,54	8,3
19	6472110001	Nisibón Higuey	22/11/2003	27	26	0,66	7,8
27	6372420001	El Valle, Hato Mayor	01/12/2003	26	24	0,56	8,3
28	6373450005	Hato Mayor	02/12/2003	26	27	0,97	7,3
29	6373350002	Sabana De La Mar	01/12/2003	26	26	0,36	7,4
30	6373360001	El Seybo	01/12/2003	26	25	0,26	7,7
31	6373350003	Hato Mayor	01/12/2003	26	26	0,17	6,4
32	6372210023	El Seybo	02/12/2003	29	28	0,7	7,9
33	6372210016	Hato Mayor	02/12/2003	29	28	0,96	7,9
34	6372220001	El Seybo	02/12/2003	28	26	1,28	7,9
35	6372220005 (s)	El Seybo	02/12/2003	31	29	1,31	7,9
36	6372220015	Candelaria	02/12/2003	29	26	0,7	7,6
37	6372240023	El Seybo	02/12/2003	30	27	1,26	9,2
38	6372240006	El Seybo	02/12/2003	24	25	0,82	6,6
39	6372360016	Hato Mayor	03/12/2003	30	27	0,7	7,4
40	6372360002	La Comunidad	03/12/2003	29	26	0,83	7,7
41	6372330019	Hato Mayor	03/12/2003	30	25	0,7	6,9
42	6372320005	Hato Mayor	03/12/2003	26	24	0,51	7,2
43	6372420003		04/12/2003			0,47	4,2
43 ^a	6472140004	Nisibón	22/11/2003	29	26	0,09	6,1
51	6373340001	Sabana De La Cruz El Seybo	05/12/2003	24	22		7,5

8.2.2. Segunda campaña

La segunda campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en abril 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.

La conductividad de las muestras de agua analizadas está comprendida entre 80 y 2590 microS/cm. El valor más alto corresponde a la muestra nº 38, procedente de un pozo situado en el municipio de El Seybo. El valor mínimo se obtiene en la muestra 17, correspondiente a un pozo situado en el municipio de Nisibon.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 23 y 30 °C. El valor mínimo se registra en una muestra tomada en el paraje denominado La Clara, dentro del municipio de Hato Mayor, y el máximo corresponde a la muestra nº 28.

Por último, los valores de pH presentan un rango de variación muy amplio, que oscila entre 5.3 y 8.2. El valor mínimo se ha registrado la muestra número 31, procedente de un pozo situado en el municipio de Hato Mayor. Por su parte, el valor máximo corresponde a la muestra nº 27 procedente de un pozo muestreado en el paraje denominado El Cabao, dentro del municipio de Hato Mayor.

Cuadro 8.2.2. Resultados de los análisis "in situ" de la 2ª campaña (UH. 02. Cordillera Oriental)

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha De Muestreo	Temp °C		Cond (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
6372420003			29/04/2004	32	27	0,56	5,4
6372420004			29/04/2004			0,34	6,6
6472350012	Los Guineos	Higüey	27/04/2004	31	26	1.150	7,6
6174420005	Camino Real	Higüey	27/04/2004	32	26	1.290	7,5
6372210016	Paso Cibao	Hato Mayor	26/04/2004	33	28	1.280	7,5
6372210023	El Cercado	El Seybo	26/04/2004	31	27	0,72	7,4
6372220001	Magarin	El Seybo	27/04/2004	28	27	1.580	7,3
6372220005 (S)	Sopaipo	El Seybo	27/04/2004	30	27	1.570	7,3
6372220015	Los Corazones	Candelaria	27/04/2004	31	26	0,88	7
6372240006	Mata De Palma	El Seybo	26/04/2004	32	28	2.590	7,8
6372240023	Las Lajas	El Seybo	26/04/2004	34	29	1.850	7,9
6372320005	La Clara	Hato Mayor	29/04/2004	26	23	0,62	7,7
6372330019	Manchado Km 7	Hato Mayor	29/04/2004	30	26	0,77	7,5
6372360002	El Coco	La Comunidad	29/04/2004	29	25	0,81	7,5
6372360016	Guayabo Dulce	Hato Mayor	26/04/2004	34	27	0,9	7,9
6372420001	El Cabao	El Valle, Hato Mayor	28/04/2004	31	26	0,67	8,2

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha De Muestreo	Temp °C		Cond (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
6373340001	Caño Hondo	Sabana De La Cruz El Seybo	28/04/2004	30	26	0,49	7,7
6373350003	Sabana De La Mar	Hato Mayor	28/04/2004	30	25	0,21	5,3
6373360001	Cañada Grande	El Seybo	28/04/2004	34	29	0,3	6,6
6373450005	Sabana De La Mar	Hato Mayor	28/04/2004	32	30	1.280	7,1
6472110001	Los Tocones	Nisibón Higüey	28/04/2004	30	26	0,77	7,9
6472140004 (S)	Los Solares	Nisibón	28/04/2004	28	27	0,08	6,2
6472140004 (S)	La Zanja	Nisibón Higüey					
6472310002	Cañada De La Vaca	El Seybo	27/04/2004	30	27	0,92	7,6
6472320002	Higua	El Seybo	27/04/2004	28	26	0,36	7,2
6472320004	El Rodeo	El Seybo	27/04/2004	28	27	0,35	7,7
6472340005	Bejucal		27/04/2004	31	27	0,89	7,7
6472430002	Sabana De Nisibón	Higüey	28/04/2004	30	27	0,63	8,2

8.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

8.3.1. Determinaciones analíticas

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

8.3.2. Laboratorios y Métodos de análisis

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

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

8.3.3. Control de calidad analítica: error analítico

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

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

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

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

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

Los valores obtenidos están comprendidos, en valor absoluto, entre 0.34 y 34.52 en la primera campaña (Cuadro 8.3.1), y entre 1.32 y 32.12 en la segunda campaña (Cuadro 8.3.2). El error admisible depende de la concentración y del tipo de agua, pero a título indicativo puede establecerse (modificado de Anderson, 1966, Pág. 54, en Custodio y Llamas, 1983, Pág. 223):

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

Se observa que en las muestras números 17 y 37 el error analítico es elevado (34.52 y 16.53%, respectivamente), para los valores de conductividad que presentan (103 y 1195 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). Además de las muestras mencionadas, hay otras (números 13, 15 y 16) en las que el error analítico es superior al 10%.

Cuadro 8.3.1. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas de la 1ª campaña (UH. 02. Cordillera Oriental)

Nº Orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Error analítico (%)
11	6472310002	756	-4,15
12	6472320002	301	-7,88
13	6472320004	288	-13,68
14	6472340005	707	-7,24
15	6472350012	913	-12,64
16	6174420005	1060	-12,27
17	6472140004_D	103	-34,52
18	6472430002	514	-5,53
19	6472110001	638	-4,10
27	6372420001	533	-2,97
28	6373450005	1001	0,81
29	6373350002	347	1,77
30	6373360001	249	-1,81
31	6373350003	172	1,16
32	6372210023	658	4,86
33	6372210016	904	-9,61
34	6372220001	1214	-5,55
35	6372220004	1336	-1,37
36	6372220015	659	-6,98
37	6372240023	1195	16,53
38	6372240006	1563	0,34
39	6372360016	764	1,91
40	6372360002	649	7,21
41	6372330019	672	1,96
42	6372320005	493	0,40
43	6372420003	441	6,10
43A	6372420004	304	-5,84
51	6373340001	319	-3,92

En la segunda campaña los errores analíticos son menores, con un valor máximo del 32% en la muestra número 17, si bien en esta muestra la conductividad del agua es muy baja y se puede considerar por tanto admisible.

Cuadro 8.3.2. Errores analíticos de las muestras de aguas subterráneas de la 2ª campaña (UH. 02. Cordillera Oriental)

Nº orden asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	Error analítico (%)
11	9	6472310002	27/04/2004	683	-6,54
12	10	6472320002	27/04/2004	270	-4,27
13	11	6472320004	27/04/2004	263	-5,70
14	12	6472340005	27/04/2004	586	-5,15
15	13	6472350012	27/04/2004	852	-6,23
16	14	6174420005	27/04/2004	963	-5,76
17	15	6472140004_D	28/04/2004	55	-32,12
18	17	6472430002	28/04/2004	466	-7,24
19	16	6472110001	28/04/2004	575	-5,19
27	26	6372420001	29/04/2004	500	-4,07
28	20	6373450005	28/04/2004	790	-5,43
29	19	6373350002	28/04/2004	319	-7,53
30	18	6373360001	28/04/2004	227	-8,86
31	22	6373350003	28/04/2004	188	-7,56
32	5	6372210023	26/04/2004	534	-9,62
33	2	6372210016	26/04/2004	950	-1,32
34	6	6372220001	27/04/2004	1181	-9,46
35	7	6372220004	27/04/2004	1181	-6,17
36	8	6372220015	27/04/2004	654	-8,10
37	3	6372240023	26/04/2004	1381	-5,64
38	4	6372240006	26/04/2004	1991	-6,55
39	1	6372360016	26/04/2004	661	-1,96
40	23	6372360002	29/04/2004	597	-5,06
41	25	6372330019	29/04/2004	563	-1,73
42	24	6372320005	29/04/2004	460	-4,72
43	28	6372420003	29/04/2004	414	2,46
51	21	6373340001	28/04/2004	371	-6,10

8.3.4. Resultados analíticos de laboratorio

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

En esta memoria se presenta la interpretación de los resultados dentro de la UH. 02. Cordillera Oriental.

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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

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 media (con conductividades que oscilan entre 103 y 1563 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la 1ª campaña y entre 55 y 1991 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la 2ª campaña).

En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos tienen un margen de variación que oscila entre 6 y 586 mg/l de HCO_3^- en la primera (entre 6 y 543 en la segunda); los sulfatos varían entre 1 y 36 mg/l de $\text{SO}_4^{=}$ en la primera campaña (entre 1 y 72 en la segunda) y los cloruros oscilan entre 13 y 332 mg/l de Cl^- en la primera campaña (entre 7 y 421 en la segunda).

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 2 y 115 mg/l de Ca^{++} en la primera campaña (entre 2 y 95 en la segunda); el sodio, por su parte, varía entre 9 y 258 mg/l de Na^+ , en la primera campaña (entre 4 y 230 en la segunda); el potasio tiene un margen de variación comprendido entre 0.1 y 6.7 mg/l de K^+ en la primera campaña (entre 0.1 y 16 en la segunda) y el magnesio se encuentra en concentraciones comprendidas entre 2 y 81 mg/l de Mg^{++} en la primera campaña (entre 1 y 86 en la segunda).

Las especies nitrogenadas analizadas presentan valores de nitratos que oscilan entre 0 y 26 mg/l de NO_3^- . En la figura 8.2 se observa la distribución espacial de los valores de nitratos.

Los valores que se registran en la unidad son bajos, inferiores a 45 mg/l de nitratos en la primera campaña. Hay varios puntos en los que se encuentran comprendidos entre 11 y 25

mg/l de nitratos, distribuidos por toda la unidad hidrogeológica. El valor más alto, de 26 mg/l obtenido en la primera campaña, corresponde a la muestra número 35, procedente de un pozo de 175 m de profundidad situado en Sopaipo, dentro del municipio del Seybo, en la subunidad El Seibo-Loma El Peñón.

Por su parte, el valor más alto de la segunda campaña, de 58 mg/l (único valor mayor de 45 mg/l) corresponde a la muestra número 38, procedente de un pozo de 210 m de profundidad situado en Mata de Palma, en el municipio de El Seybo.

Cuadro 8.4.1. Resultados analíticos de laboratorio (UH. 02. Cordillera Oriental). Muestreo realizado en noviembre y diciembre de 2003. Datos en mg/l , excepto conductividad (microS/cm) y pH

Nº Orden	Código	CE (μ S/cm)	PH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio	PO4
11	6472310002	756	6,9	95	15	34	2,0	0,0	360	46	15	17	0,02	<LD	0,38
12	6472320002	301	6,5	25	9	19	1,4	0,0	128	29	4	4	0,00	<LD	0,30
13	6472320004	288	6,6	29	6	16	0,9	0,0	140	22	3	5	0,01	<LD	0,31
14	6472340005	707	6,8	101	8	25	1,4	0,0	378	23	9	21	0,59	<LD	0,10
15	6472350012	913	7,1	66	58	18	1,3	0,0	482	49	36	9	0,02	0,04	0,30
16	6174420005	1060	6,9	49	81	27	3,5	0,0	586	63	10	9	0,07	<LD	0,29
17	6472140004_D	103	5,3	2	2	9	2,5	0,0	6	24	2	13	0,02	0,25	0,10
18	6472430002	514	7,1	26	9	63	3,3	0,0	165	74	9	6	0,02	<LD	0,30
19	6472110001	638	7,0	68	7	47	2,3	0,0	250	70	4	8	<LD	<LD	0,21
27	6372420001	533	6,6	78	6	21	2,4	0,0	268	27	1	21	0,01	<LD	0,61
28	6373450005	1001	6,6	96	5	104	6,7	0,0	372	129	2	6	0,03	0,22	0,38
29	6373350002	347	6,6	9	7	53	3,4	0,0	79	59	14	9	0,02	<LD	0,24
30	6373360001	249	6,6	9	14	22	3,0	0,0	116	22	5	2	<LD	0,07	1,16
31	6373350003	172	5,0	2	2	37	1,4	0,0	18	44	2	18	0,02	0,24	0,13
32	6372210023	658	6,6	41	29	55	1,2	0,0	293	52	12	3	0,01	<LD	0,54
33	6372210016	904	6,5	83	30	57	1,0	0,0	458	64	24	12	0,01	0,03	0,41
34	6372220001	1214	6,5	72	38	123	1,3	0,0	543	125	9	14	0,03	<LD	0,50
35	6372220004	1336	6,6	16	14	258	1,9	0,0	488	169	9	26	0,00	<LD	0,46
36	6372220015	659	6,5	54	25	40	0,4	0,0	299	44	23	22	0,01	<LD	0,43
37	6372240023	1195	8,3	26	22	226	2,2	36,0	323	177	34	1	<LD	0,07	0,17

Nº Orden	Código	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	PH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio	PO4
38	6372240006	1563	6,3	31	28	246	4,1	0,0	293	332	21	<LD	<LD	0,12	0,33
39	6372360016	764	7,1	49	25	69	2,1	0,0	336	46	22	11	0,01	<LD	0,30
40	6372360002	649	7,1	53	19	68	1,7	0,0	336	31	10	8	0,01	<LD	0,23
41	6372330019	672	6,4	115	5	22	1,9	0,0	366	27	5	9	0,00	<LD	0,14
42	6372320005	493	6,8	65	11	26	1,8	0,0	281	16	5	10	0,02	<LD	0,32
43	6372420003	441	3,6	2	4	87	2,0	0,0	6	126	2	18	0,02	<LD	0,47
43A	6372420004	304	5,4	10	15	16	0,1	0,0	49	52	2	15	0,02	<LD	0,27
51	6373340001	319	7,0	46	6	10	2,0	0,0	171	13	6	2	<LD	0,01	<LD
	Min	103	3,6	2	2	9	0,1	0,0	6	13	1	1	0,00	0,01	0,10
	Max	1563	8,3	115	81	258	6,7	36,0	586	332	36	26	0,59	0,25	1,16

LD.: Límite detección

N/A.: No analizado

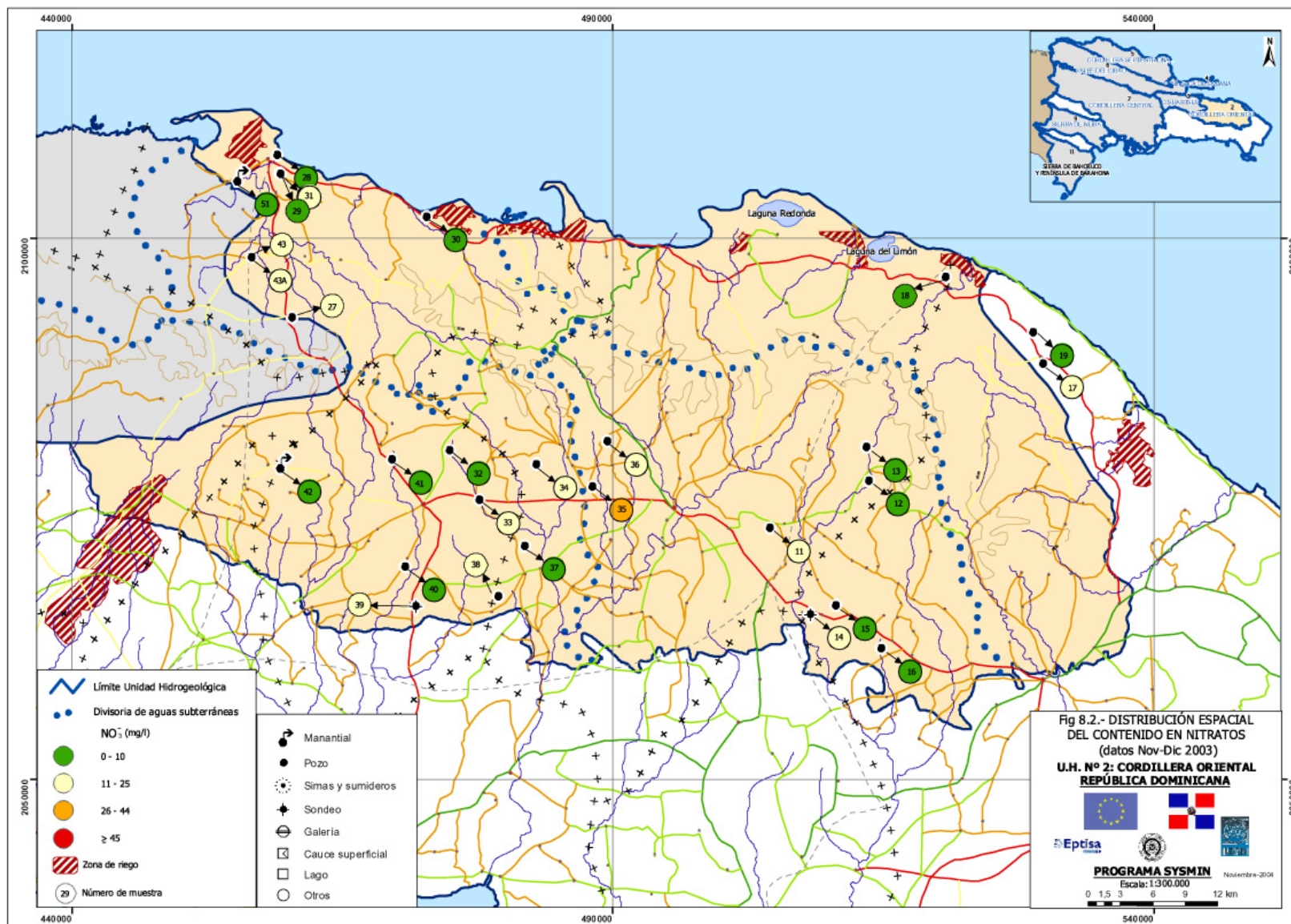
Cuadro 8.4.2. Resultados analíticos de laboratorio (UH. 02. Cordillera Oriental). Muestreo realizado en noviembre y diciembre de 2003. Datos en mg/l , excepto conductividad (microS/cm) y pH

Nº asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de muestreo	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
11	9	6472310002	27/04/2004	683	6,8	92	13	11	1,8	0,0	329	21	13	21	0,00	<LD
12	10	6472320002	27/04/2004	270	6,5	23	12	12	1,1	0,0	116	26	3	4	0,01	<LD
13	11	6472320004	27/04/2004	263	6,5	29	9	9	0,4	0,0	134	15	2	4	0,01	0,15
14	12	6472340005	27/04/2004	586	7,0	90	10	16	1,1	0,0	317	29	9	13	0,01	<LD
15	13	6472350012	27/04/2004	852	7,0	73	60	18	1,5	0,0	512	44	13	6	0,01	<LD
16	14	6174420005	27/04/2004	963	6,9	48	86	17	3,1	0,0	543	55	10	16	0,01	0,10
17	15	6472140004_D	28/04/2004	55	5,1	2	1	7	2,2	0,0	18	7	1	11	0,03	0,39
18	17	6472430002	28/04/2004	466	7,0	29	13	43	4,0	0,0	165	63	9	6	0,03	<LD
19	16	6472110001	28/04/2004	575	6,7	67	11	29	3,0	0,0	250	48	9	12	0,01	<LD
27	26	6372420001	29/04/2004	500	7,3	80	7	8	2,3	0,0	262	19	3	20	0,01	<LD
28	20	6373450005	28/04/2004	790	6,5	92	12	37	15,6	0,0	317	87	13	9	0,02	<LD
29	19	6373350002	28/04/2004	319	5,8	9	12	35	2,3	0,0	61	59	17	14	0,02	<LD
30	18	6373360001	28/04/2004	227	6,2	10	14	10	3,3	0,0	92	26	2	5	0,01	<LD
31	22	6373350003	28/04/2004	188	4,8	6	7	17	1,6	0,0	6	48	2	17	0,01	<LD
32	5	6372210023	26/04/2004	534	6,8	31	32	26	0,1	0,0	262	37	14	14	0,01	<LD
33	2	6372210016	26/04/2004	950	6,8	86	30	88	0,5	0,0	421	105	29	20	0,02	<LD
34	6	6372220001	27/04/2004	1181	6,6	81	43	80	1,1	0,0	445	153	11	17	0,28	<LD
35	7	6372220004	27/04/2004	1181	6,7	21	9	215	0,6	0,0	390	172	9	27	0,01	<LD
36	8	6372220015	27/04/2004	654	6,4	58	31	19	0,2	0,0	281	44	33	16	0,00	0,37
37	3	6372240023	26/04/2004	1381	7,2	46	37	192	2,3	0,0	427	211	72	6	0,01	<LD
38	4	6372240006	26/04/2004	1991	7,1	88	63	230	1,4	0,0	433	421	53	58	0,28	<LD

Nº asignado	Nº lab 2ª	Código	Fecha de muestreo	CE	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	Amonio
39	1	6372360016	26/04/2004	661	6,3	54	21	66	1,0	0,0	366	28	24	11	0,02	<LD
40	23	6372360002	29/04/2004	597	7,2	55	19	50	0,5	0,0	336	31	14	11	0,02	<LD
41	25	6372330019	29/04/2004	563	6,7	92	13	6	0,8	0,0	329	16	7	4	<LD	<LD
42	24	6372320005	29/04/2004	460	6,9	65	14	16	0,4	0,0	275	18	8	11	0,04	<LD
43	28	6372420003	29/04/2004	414	5,3	8	6	82	2,0	0,0	49	111	3	24	0,04	<LD
51	21	6373340001	28/04/2004	371	6,8	61	6	4	1,2	0,0	195	13	14	8	0,02	<LD
			Min	55	4,8	2	1	4	0,1	0	6	7	1	4	0,00	0,10
			Max	1991	7	92	86	230	16	0	543	421	72	58	0,28	0,39

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 las muestras atendiendo a los aniones y cationes predominantes.

Atendiendo al anion predominante se observa que la composición de las aguas analizadas es de carácter bicarbonatado en la mayor parte de los casos. No obstante, hay varias muestras que presentan una composición netamente clorurada (muestras números 17, 29, 31, 38, 43 y 43A).

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición muy heterogénea, que varía desde términos cálcicos, sódicos o magnésicos hasta otros de carácter mixto.

En las figuras 8.4 a 8.6 se incluye el diagrama de Schöeller-Berkaloff de distintas muestras de agua analizadas en la unidad.

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

Por un lado, en la figura 8.4 se observan aguas de facies bicarbonatadas cálcicas o bicarbonatadas calcico-sódicas, con relaciones iónicas rMg/rNa y rNa/rCl próximas a 1 y salinidades de bajas a medias.

En la figura 8.5. se incluyen tres muestras de agua de composición clorurada sódica y salinidad media, con relaciones iónicas rMg/rNa del orden de 0.1 a 0.2, rNa/rCa superiores a 7 y $rCl/rHCO_3$ mayores de 2.

Por último, en la figura 8.6. se observan aguas de composición bicarbonatadas magnésicas, con relaciones iónicas rMg/rNa próximas a 6 y rNa/rCl del orden de 0.6.

Figura 8.3. Diagrama de Piper (UH. 02. Cordillera Oriental)

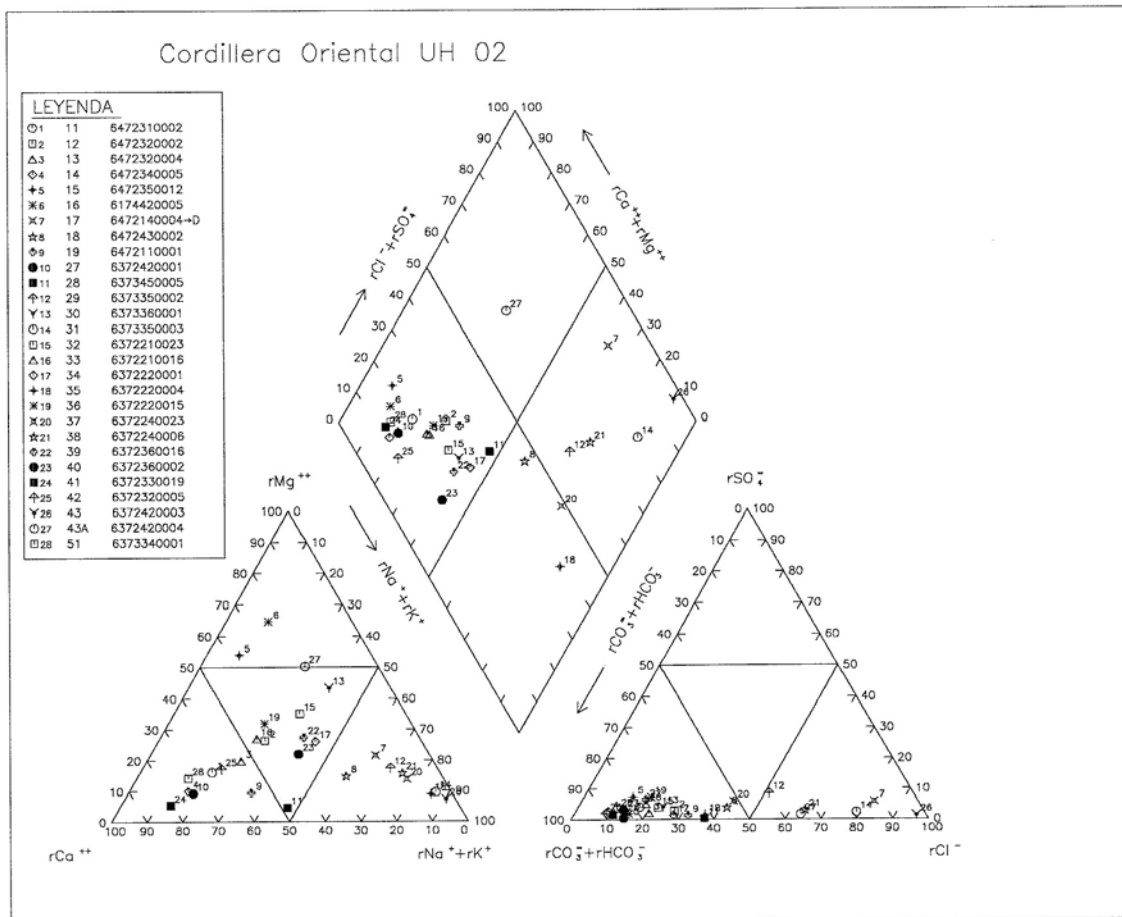


Figura 8.4. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 11, 12, 13, 33 y 51 (UH. 02. Cordillera Oriental)

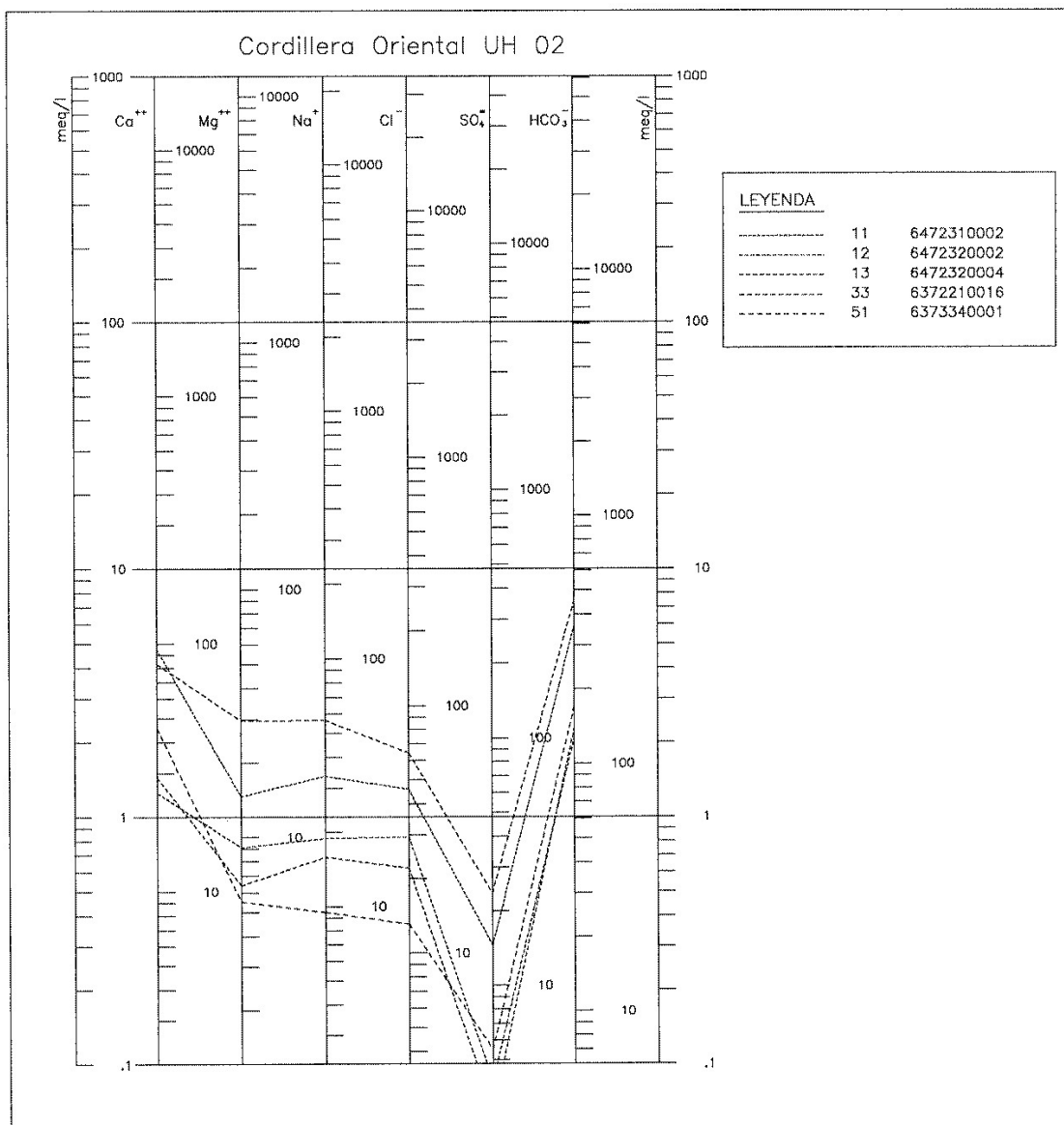


Figura 8.5. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 31, 38 y 43 (UH. 02. Cordillera Oriental)

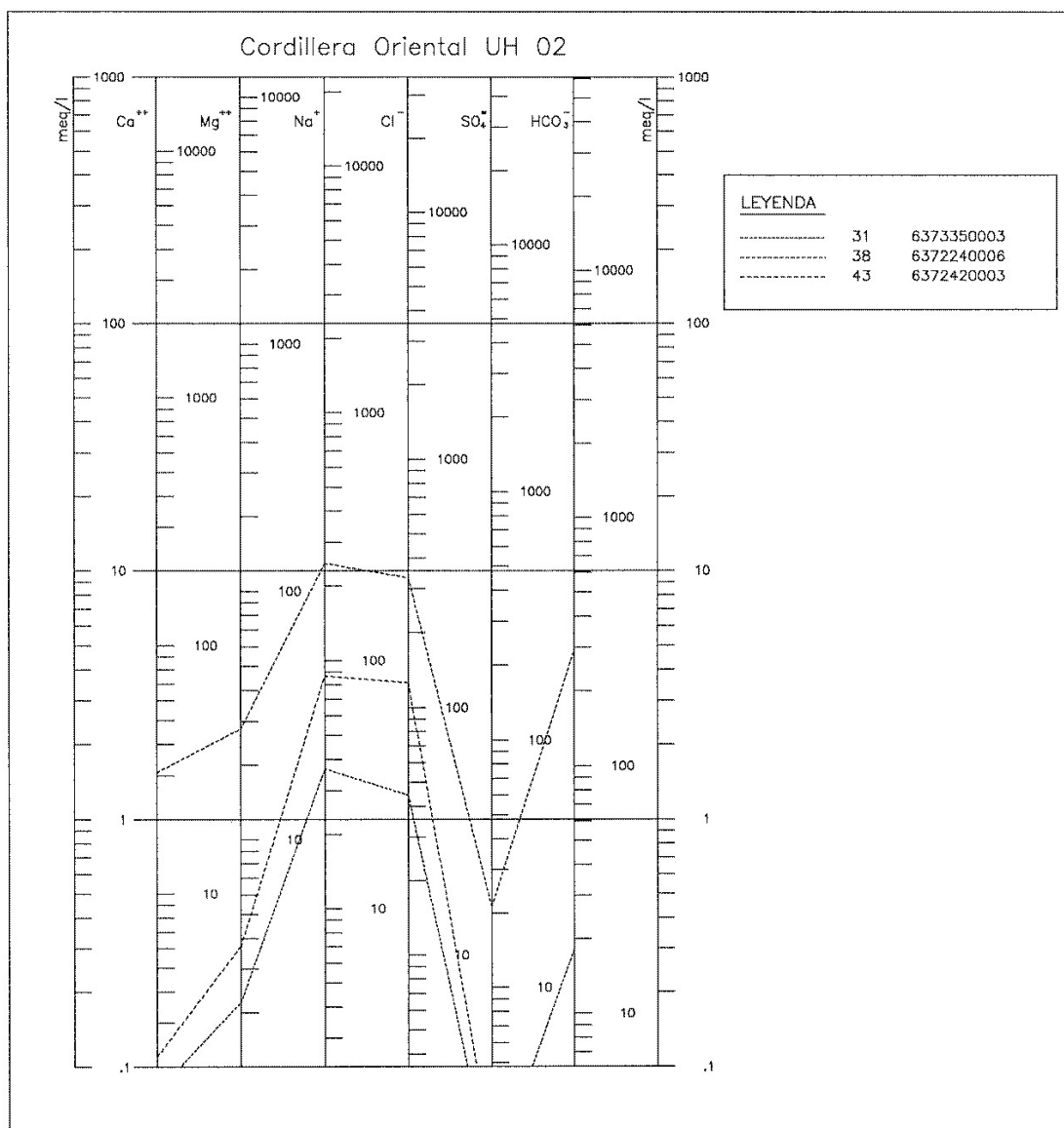
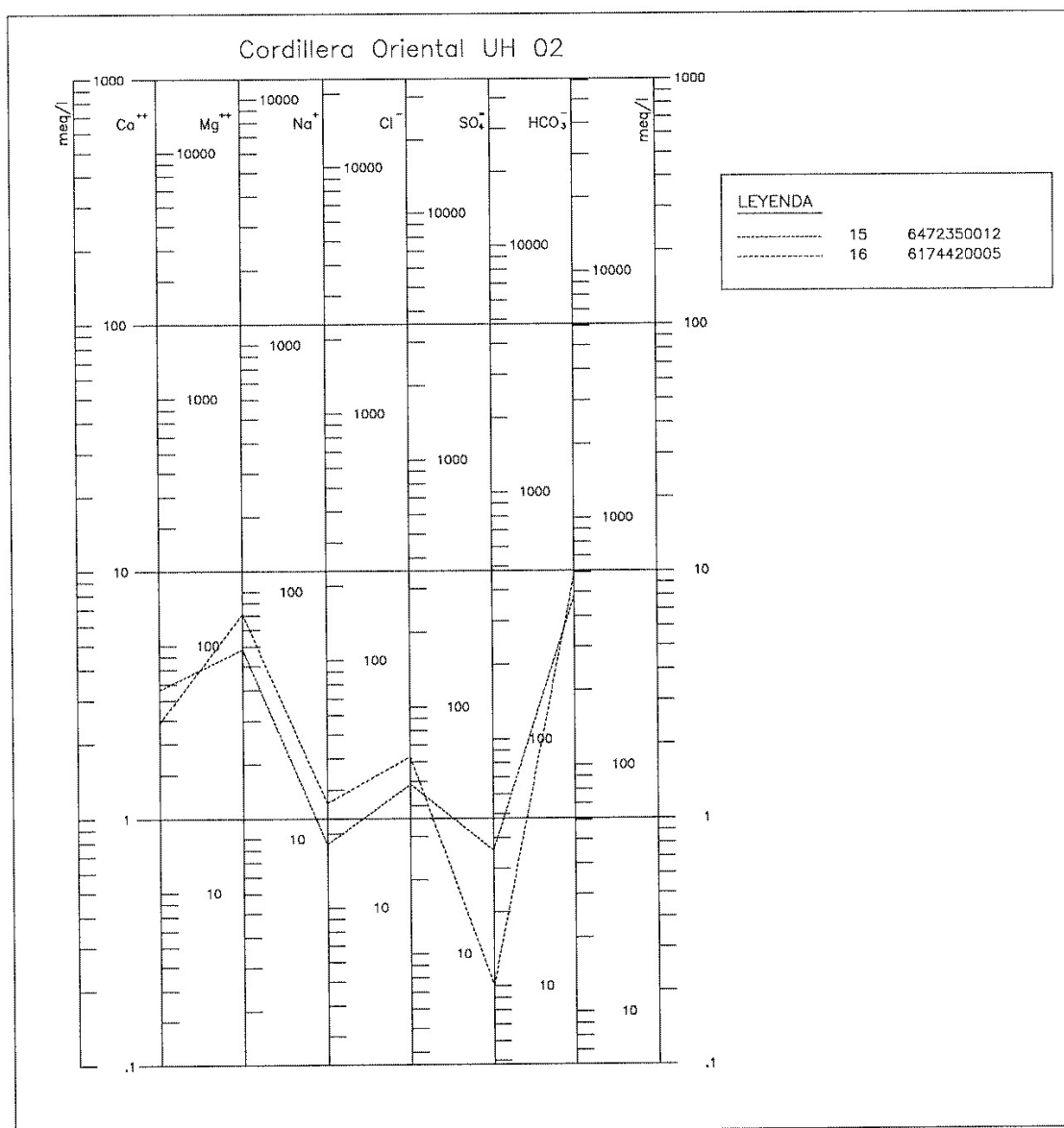


Figura 8.6. Diagrama de Schöeller-Berkaloff de las muestras números 15 y 16 (UH. 02. Cordillera Oriental)



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 Cordillera Oriental indican (Cuadro 8.5.1) que las aguas subterráneas analizadas en la primera campaña de muestreo superan los límites establecidos para el sodio en tres muestras (números 35, 37 y 38). 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 8.7. 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.

Por su parte, en el Cuadro 8.5.2. se incluyen los datos obtenidos durante la segunda campaña. En este muestreo las aguas subterráneas analizadas superan los límites establecidos para sodio (muestras números 35 y 38) y para nitratos en la muestra número 38. En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

Cuadro 8.5.1. Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en la 1ª campaña en la UH. 02. Cordillera Oriental para abastecimiento humano

Límites NORDOM-80 u OMS-95				9,2	200	150	200 (OMS)				600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500		1500
Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	CO3 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	Alc. (mg/l)	STD (mg/l)
11	6472310002	21/11/2003	756	6,9	95	15	34	2,0	0	360	46	15	17	0,02	<LD	297	295	469
12	6472320002	21/11/2003	301	6,5	25	9	19	1,4	0	128	29	4	4	0,00	<LD	100	105	216
13	6472320004	21/11/2003	288	6,6	29	6	16	0,9	0	140	22	3	5	0,01	<LD	98	115	211
14	6472340005	21/11/2003	707	6,8	101	8	25	1,4	0	378	23	9	21	0,59	<LD	286	310	451
15	6472350012	21/11/2003	913	7,1	66	58	18	1,3	0	482	49	36	9	0,02	0,04	406	395	622
16	6174420005	21/11/2003	1060	6,9	49	81	27	3,5	0	586	63	10	9	0,07	<LD	457	480	650
17	6472140004_D	21/11/2003	103	5,3	2	2	9	2,5	0	6	24	2	13	0,02	0,25	10	5	79
18	6472430002	21/11/2003	514	7,1	26	9	63	3,3	0	165	74	9	6	0,02	<LD	100	135	322
19	6472110001	21/11/2003	638	7,0	68	7	47	2,3	0	250	70	4	8	<LD	<LD	198	205	385
27	6372420001	01/12/2003	533	6,6	78	6	21	2,4	0	268	27	1	21	0,01	<LD	218	220	381
28	6373450005	01/12/2003	1001	6,6	96	5	104	6,7	0	372	129	2	6	0,03	0,22	263	305	636
29	6373350002	01/12/2003	347	6,6	9	7	53	3,4	0	79	59	14	9	0,02	<LD	53	65	291
30	6373360001	01/12/2003	249	6,6	9	14	22	3,0	0	116	22	5	2	<LD	0,07	79	95	187
31	6373350003	01/12/2003	172	5,0	2	2	37	1,4	0	18	44	2	18	0,02	0,24	13	15	143
32	6372210023	02/12/2003	658	6,6	41	29	55	1,2	0	293	52	12	3	0,01	<LD	222	240	414
33	6372210016	02/12/2003	904	6,5	83	30	57	1,0	0	458	64	24	12	0,01	0,03	329	375	580
34	6372220001	02/12/2003	1214	6,5	72	38	123	1,3	0	543	125	9	14	0,03	<LD	339	445	760
35	6372220004	02/12/2003	1336	6,6	16	14	258	1,9	0	488	169	9	26	0,00	<LD	98	400	859
36	6372220015	02/12/2003	659	6,5	54	25	40	0,4	0	299	44	23	22	0,01	<LD	237	245	469

Límites NORDOM-80 u OMS-95				9,2	200	150	200 (OMS)				600	400	45	3,00	1,5 (OMS)	500		1500
Nº Orden	Código	Fecha de Muestreo	CE (µS/cm)	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	CO3 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Amonio (mg/l)	DT (mg/l)	Alc. (mg/l)	STD (mg/l)
37	6372240023	02/12/2003	1195	8,3	26	22	226	2,2	36	323	177	34	1	<LD	0,07	156	315	719
38	6372240006	02/12/2003	1563	6,3	31	28	246	4,1	0	293	332	21	<LD	<LD	0,12	192	240	902
39	6372360016	03/12/2003	764	7,1	49	25	69	2,1	0	336	46	22	11	0,01	<LD	226	300	461
40	6372360002	03/12/2003	649	7,1	53	19	68	1,7	0	336	31	10	8	0,01	<LD	211	275	359
41	6372330019	03/12/2003	672	6,4	115	5	22	1,9	0	366	27	5	9	0,00	<LD	307	275	304
42	6372320005	03/12/2003	493	6,8	65	11	26	1,8	0	281	16	5	10	0,02	<LD	207	230	267
43	6372420003	04/12/2003	441	3,6	2	4	87	2,0	0	6	126	2	18	0,02	<LD	21	3	274
43A	6372420004	04/12/2003	304	5,4	10	15	16	0,1	0	49	52	2	15	0,02	<LD	86	40	198
51	6373340001	05/12/2003	319	7,0	46	6	10	2,0	0	171	13	6	2	<LD	0,01	137	140	196
		Min	103	3,6	2	2	9	0,1	0	6	13	1	1	0,00	0,01	10	3	79
		Max	1563	8,3	115	81	258	6,7	36	586	332	36	26	0,59	0,25	457	480	902

Límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano

Valores que superan los límites establecidos en la normativa (NORDOM-80 u OMS-95)

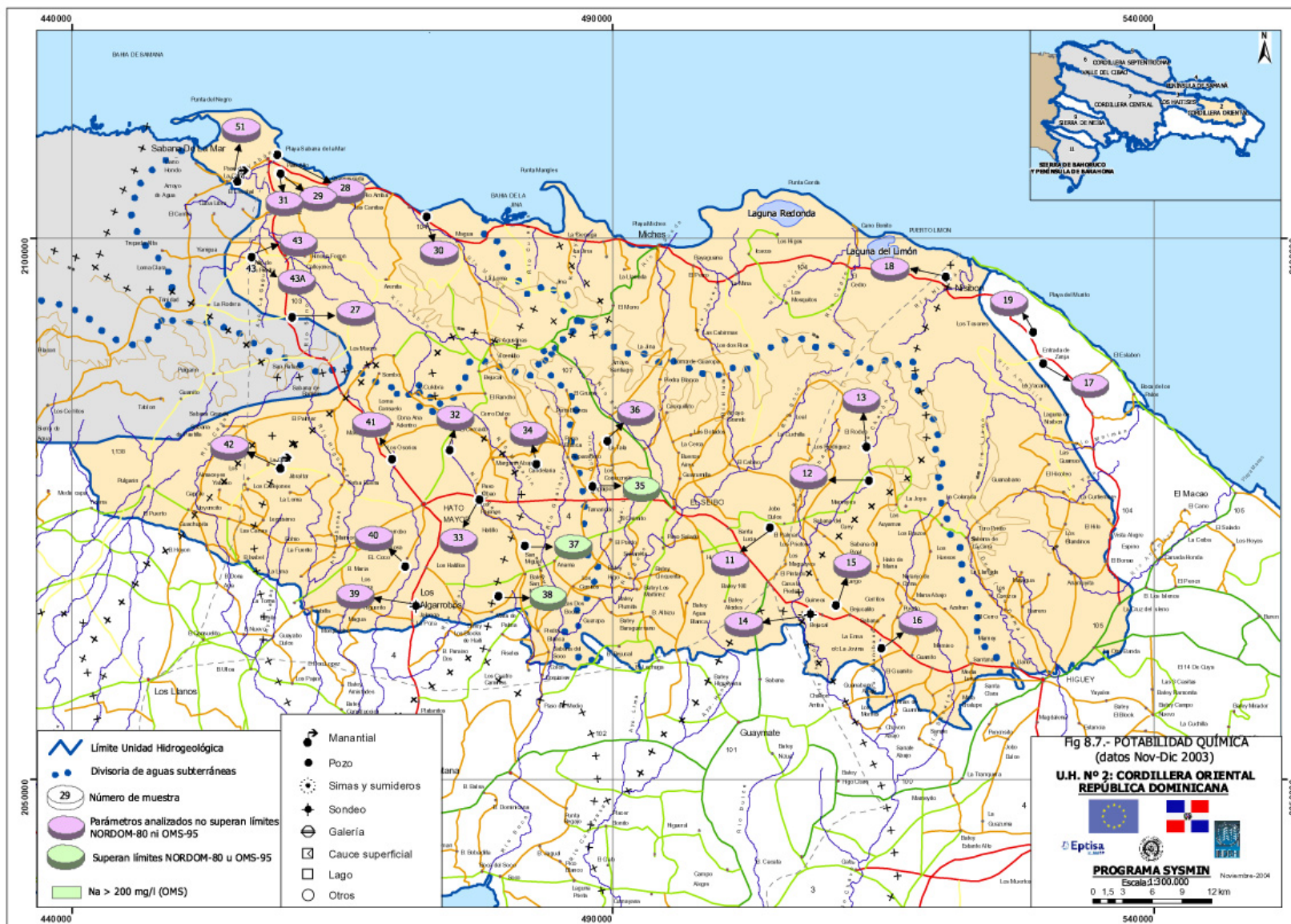
Rangos de variación de cada parámetro

Cuadro 8.5.2. Aptitud de las aguas subterráneas analizadas en la 2ª campaña en la UH. 02. Cordillera Oriental 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)
11	9	6472310002	27/04/2004	683	6,8	92	13	11	21	13	21	0,00	<LD	283	444
12	10	6472320002	27/04/2004	270	6,5	23	12	12	26	3	4	0,01	<LD	106	183
13	11	6472320004	27/04/2004	263	6,5	29	9	9	15	2	4	0,01	0,15	111	162
14	12	6472340005	27/04/2004	586	7,0	90	10	16	29	9	13	0,01	<LD	269	355
15	13	6472350012	27/04/2004	852	7,0	73	60	18	44	13	6	0,01	<LD	432	534
16	14	6174420005	27/04/2004	963	6,9	48	86	17	55	10	16	0,01	0,10	480	611
17	15	6472140004_D	28/04/2004	55	5,1	2	1	7	7	1	11	0,03	0,39	8	29
18	17	6472430002	28/04/2004	466	7,0	29	13	43	63	9	6	0,03	<LD	125	291
19	16	6472110001	28/04/2004	575	6,7	67	11	29	48	9	12	0,01	<LD	211	353
27	26	6372420001	29/04/2004	500	7,3	80	7	8	19	3	20	0,01	<LD	231	443
28	20	6373450005	28/04/2004	790	6,5	92	12	37	87	13	9	0,02	<LD	282	492
29	19	6373350002	28/04/2004	319	5,8	9	12	35	59	17	14	0,02	<LD	73	194
30	18	6373360001	28/04/2004	227	6,2	10	14	10	26	2	5	0,01	<LD	83	157
31	22	6373350003	28/04/2004	188	4,8	6	7	17	48	2	17	0,01	<LD	43	125
32	5	6372210023	26/04/2004	534	6,8	31	32	26	37	14	14	0,01	<LD	211	389
33	2	6372210016	26/04/2004	950	6,8	86	30	88	105	29	20	0,02	<LD	341	676
34	6	6372220001	27/04/2004	1181	6,6	81	43	80	153	11	17	0,28	<LD	379	726
35	7	6372220004	27/04/2004	1181	6,7	21	9	215	172	9	27	0,01	<LD	91	748
36	8	6372220015	27/04/2004	654	6,4	58	31	19	44	33	16	0,00	0,37	274	469
37	3	6372240023	26/04/2004	1381	7,2	46	37	192	211	72	6	0,01	<LD	269	877

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)
38	4	6372240006	26/04/2004	1991	7,1	88	63	230	421	53	58	0,28	<LD	485	1437
39	1	6372360016	26/04/2004	661	6,3	54	21	66	28	24	11	0,02	<LD	221	459
40	23	6372360002	29/04/2004	597	7,2	55	19	50	31	14	11	0,02	<LD	217	464
41	25	6372330019	29/04/2004	563	6,7	92	13	6	16	7	4	<LD	<LD	283	403
42	24	6372320005	29/04/2004	460	6,9	65	14	16	18	8	11	0,04	<LD	221	376
43	28	6372420003	29/04/2004	414	5,3	8	6	82	111	3	24	0,04	<LD	39	354
51	21	6373340001	28/04/2004	371	6,8	61	6	4	13	14	8	0,02	<LD	177	225
			Min	55	4,8	2	1	4	7	1	4	0,00	0,10	8	29
			Max	1991	7	92	86	230	421	72	58	0,28	0,39	485	1437

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



8.5.2. Regadío

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

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

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

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

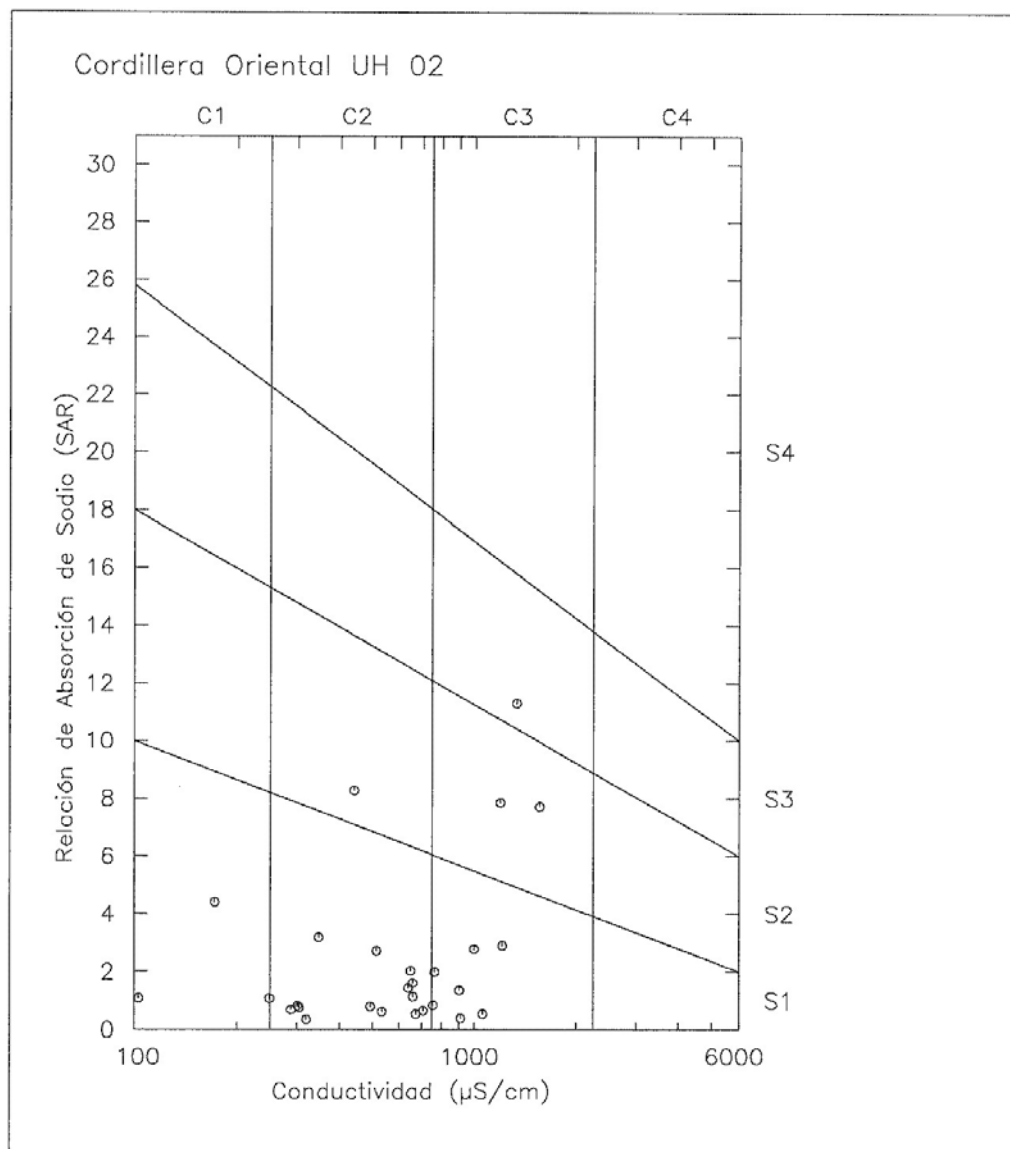
Las aguas de la clase C3 son altamente salinas, con conductividades que oscilan entre 750 y 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que corresponden a un total de sólidos disueltos comprendido entre 480 y 1440 mg/l aproximadamente. Estas aguas no pueden usarse en suelos de drenaje deficiente. Es preciso elegir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

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.

Figura 8.8. 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 figura 8.9. se representa el diagrama de Stiff correspondiente a cada uno de los puntos muestreados.

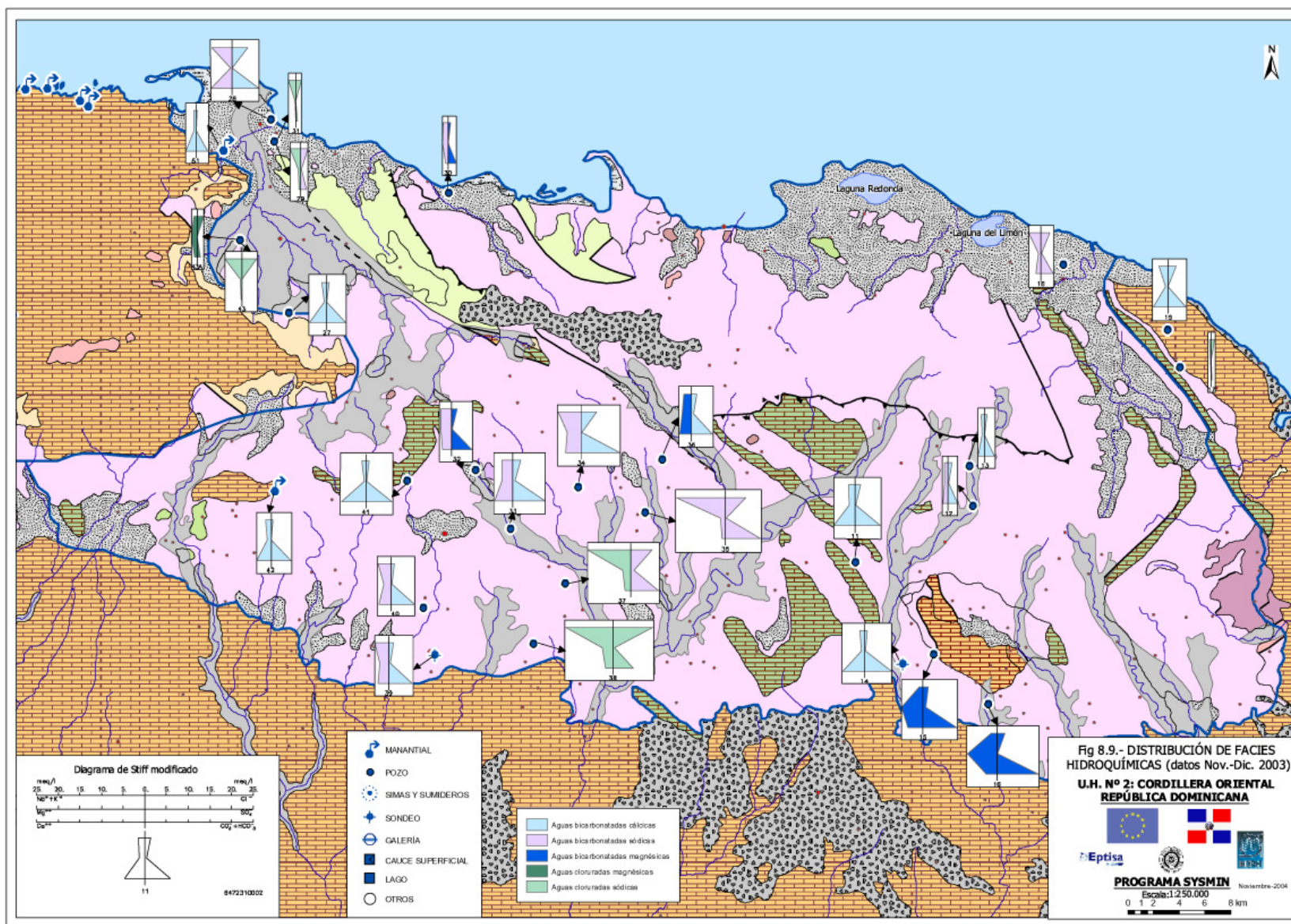
La forma del diagrama de Stiff da idea del tipo de agua y su tamaño permite apreciar con rapidez el grado de salinidad que presentan las aguas en cada caso. Para facilitar la comparación entre los distintos tipos de agua se ha utilizado la misma escala para todos los puntos.

En la figura 8.9. 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 sódicas de baja salinidad.

Las muestras de agua de menor salinidad y composición clorurada sódica se registran en el municipio de Nissibon Higuey (nº 17) y en Sabana de la Mar, dentro del municipio de Hato Mayor (nº 31). Corresponden a pozos de 15-20 m de profundidad.

Se observan aguas bicarbonatadas magnésicas en distintos puntos de los municipios de Higuey, El Seybo y Candelaria.

Por último, se observan varias muestras de facies bicarbonatadas sódicas (muestras números 18 y 35). Se trata de muestras tomadas en pozos muestreados en Higuey y El Seybo.



9. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO

9.1. RECARGA

La recarga de la Zona o U.H. de la Cordillera Oriental se produce, fundamentalmente, por tres 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.

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 (184.8 km²), como detrítico (532.4 km²), a los que habría que añadir los materiales de permeabilidad media del tipo Flysch, o de rocas plutónicas fisuradas y volcano sedimentarias fisuradas (116.6 km²). Estas superficies constituirán las áreas de recarga, en las que se producirá la infiltración en función del tipo de permeabilidad que presenten los diferentes materiales aflorantes.

En el caso de los materiales carbonatados (calizas arrecifales del Eoceno-Mioceno (Ec)), del Plioceno (Plc) o del Cretácico (Cc)) 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 formas de absorción (cerradas o dolinas, y abiertas o simas), mientras que, en el caso de los materiales detríticos (conglomerados y areniscas del Eoceno y del Pleistoceno-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. Por último, en el caso de los materiales de permeabilidad media del tipo Flysch, o de rocas plutónicas fisuradas y volcano sedimentarias

fisuradas, la infiltración y circulación se producirá, según los casos, a través de la fisuración y fracturación, o de la porosidad intersticial. Constituirán acuíferos del tipo mixto y con funcionamientos complejos, cuya productividad (potencialidad real de explotación) será menor que en los materiales carbonatados y detríticos propiamente dichos.

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

Cuadro 9.1.1. Distribución de las superficies de recarga por subunidades

SUBUNIDADES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES CARBONATADOS (en km²)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES DETRÍTICOS (en km²)	SUPERFICIE DE MATERIALES DE PERMEABILIDAD MEDIA (en km²)
EL SEIBO-LOMA PEÑÓN	124.6	243	0
LA CUCURUCHA	4.2	185.8	68.7
MICHES-LA ALTAGRACIA	20.8	260.7	43.3
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	35.2	191.8	4.6
TOTALES	185	881.3	116.6

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

- La superficie de recarga total (de la unidad completa), así como su distribución por las denominadas subunidades de funcionamiento, se han calculado mediante la cuantificación de sus áreas ocupadas por materiales permeables (en km²) con el Sistema de Información Geográfica utilizado (ARC/INFO). Con el citado método, aplicado sobre la cartografía de síntesis hidrogeológica elaborada en los primeros meses del proyecto, se ha estimado una superficie total de materiales permeables para todo el ámbito de la unidad de la Cordillera Oriental de 1066.3 km² (185 km² de materiales carbonatados y 881.3 km² de materiales detríticos), que suponen el 34% de la superficie total de la unidad (3127 km²), así como de 116.6 km² de materiales de permeabilidad media, que suponen el 3.7% de la superficie total de la unidad.
- 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, que oscila,

según zonas, entre 34 y 91 mm, lo cual representa entre el 2.6 y el 5.7% de la precipitación anual media (entre 1,300 y 1,600 mm).

- 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. La descomposición de hidrogramas históricos en esta unidad no se ha podido considerar de validez para la obtención de la componente subterránea, ya que la mayor parte de los materiales son impermeables o de baja permeabilidad y además, la zona tiene un régimen permanente de lluvias, con lo que los mínimos de pluviometría no se corresponden con porcentajes de aportación de aguas subterráneas. Para la estimación de la componente subterránea, se han tomado los porcentajes de aportación de agua subterránea de otras unidades de la República Dominicana en función de las litologías.

Los valores finales obtenidos y aplicados a los diferentes materiales y subunidades, son los siguientes:

Cuadro 9.1.2. Valores finales por subunidades

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	TIPO DE MATERIALES	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL (en mm)
EL SEIBO- LOMA EL PEÑÓN	Carbonatados de permeabilidad alta	17.2
	Detríticos de permeabilidad alta	28.4
	Mixtos de permeabilidad media	-
LA CUCURUCHA	Carbonatados de permeabilidad alta	7.54
	Detríticos de permeabilidad alta	12.4
	Mixtos de permeabilidad media	11.3
MICHES- LA ALTAGRACIA	Carbonatados de permeabilidad alta	17.5
	Detríticos de permeabilidad alta	28.9
	Mixtos de permeabilidad media	17.4
PEÑA ALTA- GRAN DIABLO	Carbonatados de permeabilidad alta	6.64

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	TIPO DE MATERIALES	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL (en mm)
	Detríticos de permeabilidad alta	10.9
	Mixtos de permeabilidad media	3.3

- Finalmente, la recarga por lluvia se ha estimado como producto de la componente subterránea de la lluvia útil media de cada tipo de material y subunidad por su superficie permeable de recarga en km^2 , lo cual supone un volumen anual renovable del orden de los 23.5 hm^3 para año medio.

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

Cuadro 9.1.3. Distribución de recursos por subunidades

SUBUNIDAD	COMPONENTE SUBTERRÁNEA DE LA LLUVIA ÚTIL MEDIA ANUAL (en mm)	SUPERFICIE DE MATERIALES PERMEABLES (en km^2)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA (en hm^3)
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	24.6	367.7	9
LA CUCURUCHA	12	258.7	3.1
MICHES-LA ALTAGRACIA	27.7	324.8	8.9
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	19.37	121.3	2.3
TOTALES/MEDIAS	20.9	1072.5	23.3

Como ya se ha comentado anteriormente, en el estudio climatológico, resulta muy difícil obtener los valores de lluvia útil para los años secos y medios, al igual que el cálculo de la recarga por infiltración de lluvia para estos dos años tipo.

Recarga por retorno de riego e infiltración desde canales

El segundo tipo de recarga de la unidad de la Cordillera Oriental, en porcentaje volumétrico, es el producido por retorno de riego e infiltración desde canales. Dicha recarga, y de acuerdo con el estudio agronómico incluido en el capítulo 3, se producirá, fundamentalmente, en las áreas

donde se ubican los principales sistemas de riego de la unidad, que se distribuyen, esencialmente, por los llanos costeros entre Sabana de la Mar y Nisibón, así como en la llanura aluvial del río Casuí, en la zona sur occidental de la unidad. La superficie actual de riego dentro de todo el ámbito de la unidad se estima en 4438 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

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Demanda media por ha (m³/ha/año)	Volumen total (hm³)
Subunidad Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	9365	8.66
			Magua	511.8		4.79
			Total	1436.8		
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Culebra/arroyo Rico	428.97	9365	4.02
			La Gina	329.94		3.09
			Total	758.91		
		Higuey	Nisibón	434.53	8464	3.68
			Cuarón	576.25		4.88
			La Mina	176.61		1.49
			Total	1187.39		
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9263	9.78
			Total	1055.36		9.78
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46		40.39

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

Para una dotación de riego variable entre 9365 y 8464 m³/ha/año (apartado 3.4), el volumen total de agua aplicada en riego dentro del ámbito de la unidad es del orden de 40.4 hm³/año, la cual, en su mayor parte, se aplica con riego a manta y por inundación. Con este tipo de riego se estima que el volumen infiltrado o de retorno de riego debe de estar comprendido entre el

15 y el 20% del volumen total aplicado, lo que supone un volumen variable entre los 26 y los 35 hm³/año.

La distribución de dichos recursos por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.1.5. Distribución de recursos por subunidades

SUBUNIDAD	SUPERFICIE DE RIEGO (en ha)	VOLUMEN ANUAL DE AGUA APLICADA (en hm ³ /a)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR RETORNOS DE RIEGO (en hm ³)
La Cucurucha	1436.8	13.46	2-3.7
Miches-La Altagracia	1946.3	17.16	2.6-3.4
Peña Alta-Gran Diablo	1055.4	9.78	1.5-2
TOTALES	4438.5	40.4	6-9

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. Estas recargas se producirán en los llanos costeros entre Sabana de la Mar y Nisibón, en las subunidades de La Cucurucha y Miches-La Altagracia, así como en la llanura aluvial del río Casuí, en la subunidad Peña Alta-Gran Diablo.

Recarga por infiltración desde cauces superficiales

La recarga por infiltración desde cauces superficiales es muy probable que se produzca en diferentes sectores de la unidad, aunque no se ha considerado a efectos del balance hídrico, al tratarse de recursos generados dentro de la unidad, que terminan nuevamente (aguas abajo) incorporándose a los mismos cauces superficiales, y cuyos volúmenes (por su escasa entidad con respecto al volumen total aforado) son muy difíciles de detectar con los aforos realizados, al estar comprendidos dentro del margen de error del propio sistema de aforo. Además de las dificultades de cuantificación, dichas recargas ya se contabilizan dentro del término de recarga por infiltración de la lluvia.

Las recargas se producirán principalmente en los materiales calcáreos, como en el caso del río Almirante, situado al oeste de la subunidad Peña Alta-Gran Diablo, donde se puede observar la existencia de un sumidero.

9.2. DESCARGA

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

- Drenajes por cauces superficiales.
- 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 llevados a cabo, se han realizado tanto a nivel general de zona o unidad hidrogeológica, como, de forma pormenorizada, por subzonas o subunidades de funcionamiento hidrogeológico.

Los datos de aforos históricos con los que poder establecer las descargas de la unidad de la Cordillera Oriental 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.

No se tienen datos de aforos diferenciales en detalle, con lo que los datos de aforo no van a dar una idea real de los aportes subterráneos. Además, la unidad consta de una gran superficie de materiales impermeables y un régimen de lluvias permanente, con lo que la descomposición de hidrogramas no refleja los aportes subterráneos reales. Así pues, los drenajes subterráneos por cauces superficiales se han cuantificado conjuntamente con las descargas al mar y a los manantiales de la unidad.

Extracciones por bombeos.

Por último, como ya se ha comentado en apartados anteriores, las extracciones por bombeos se producirán en los llanos costeros entre Sabana de la Mar y Nisibón, en las subunidades de La

Cucurucha y Miches-La Altagracia, así como en la llanura aluvial del río Casuí, en la subunidad Peña Alta-Gran Diablo, 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.).

En cuanto a las extracciones para usos humanos, la población abastecida con aguas subterránea se estima (para el año 2004) en 157,837 habitantes dentro del ámbito de esta unidad hidrogeológica, y el volumen total extraído anualmente para dichos usos, aplicando una dotación teórica de consumo individual de 333 l/habitante/día, es del orden de los 8 hm³/año medio, cuya distribución por subunidades es la siguiente:

Cuadro 9.2.1. Volumen total extraído anualmente por bombeos por subunidades

Subunidad	Población (2004)	Demanda según dotación 333 l/hab/día	Extracciones de aguas subterráneas
		hm ³ /año	hm ³ /año
La Cucurucha	24175	2.94	1.22
Miches-la Altagracia	38259	4.65	1.93
Peña Alta-Gran Diablo	21638	2.63	1.09
El Seibo-Loma El Peñón	73765	8.97	3.71
TOTAL		19.18	7.95

En cuanto a las extracciones para usos agrícolas, en el ámbito de la unidad se riegan con recursos subterráneos 4438.46 ha, distribuidas en un 32.4% (1436.8 ha) en la subunidad de La Cucurucha (Zonas de Riego de Sabana de la Mar), un 43.8% (1946.3 ha) en la subunidad de Miches-La Altagracia (Zonas de Riego de Sabana de la Mar (758.9 ha) e Higuey (1187.4 ha)) y un 23.8% (1055.4 ha) en la subunidad de Peña Alta-Gran Diablo (Zona de Riego de Bayaguana). La subunidad de El Seibo-Loma El Peñón carece de extracciones para usos agrícolas.

Estimándosele unas dotaciones medias de agua, según zonas, entre 9365 y 8464 m³/año/ha, los volúmenes extraídos para dicho uso deben ser del orden de los 2 hm³/año, los cuales se distribuyen por subunidades de la siguiente manera.

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

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm³)	Total extracciones (hm³)
Subunidad Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	8.66	0.43
			Magua	511.8	4.79	0.24
			Total	1436.8	13.46	0.67
		TOTAL				
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Culebra/arroyo Rico	428.97	4.02	0.20
			La Gina	329.94	3.09	0.15
			Total	758.91	7.11	0.36
		Higüey	Nisibón	434.53	3.68	0.18
			Cuarón	576.25	4.88	0.24
			La Mina	176.61	1.49	0.07
			Total	1187.39	10.05	0.50
		TOTAL				
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9.78	0.49
			Total	1055.36	9.78	0.49
		TOTAL				
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46	40.39	2.02

Por consiguiente, y de acuerdo con los datos anteriormente presentados, el volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Oriental para los distintos tipos de usos, es del orden de 2 hm³/año, cuya distribución por tipos de usos se incluye en el cuadro 5.1.1 y en la figura 5.1.

Por tipos de usos, el volumen total de origen subterráneo utilizado para abastecimiento o uso urbano es de 7.95 hm³/año, y para agricultura 2.02 hm³/año. La industria es residual y por tanto se ha despreciado su consumo, y el uso ganadero no se ha podido estimar dado el escaso número de datos que se dispone. La distribución espacial de las extracciones por subunidades se puede observar en el cuadro 9.2.3.

Cuadro 9.2.3. Distribución de volúmenes de agua subterránea utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de Cordillera Oriental

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm ³ /año)	Industrial (hm ³ /año)	Ganadero (hm ³ /año)	Agrícola (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
Cucurucha	1.22	0	0	0.67	1.89
Miches - La Altagracia	1.93	0	0	0.86	2.79
Peña Alta - Gran Diablo	1.09	0	0	0.49	1.58
El Seibo - Loma El Peñón	3.71	0	0	0	3.71
Total U.H. Cordillera Oriental	7.95	0	0	2.02	9.97

Descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas

Las descargas laterales por conexiones con unidades hidrogeológicas contiguas se producen principalmente a través de los cauces superficiales de la unidad. Las descargas subterráneas serán de pequeña entidad, siendo su cuantificación muy difícil de realizar con los datos disponibles en la actualidad.

9.3. ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO SUBTERRÁNEO

Introducción: Términos del balance y condicionantes de partida

El balance hídrico subterráneo de la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental 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 del almacenamiento o reservas en las distintas formaciones acuíferas que se han diferenciado dentro de los límites de la unidad.

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 subterráneas procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes.

Para el caso concreto de esta unidad, se ha considerado que no existen entradas laterales y subterráneas procedentes de zonas o unidades hidrológicas colindantes, debido a la escasa potencia de los materiales permeables de unidades contiguas, con lo que se han considerado entradas de carácter superficial.

Salidas

- DR: Descarga de agua subterránea por cauces superficiales.
- QM: Salida de agua subterránea por manantiales y emergencias de distintos tipos.
- Qs: Salida de agua subterránea por conexión con unidades limítrofes.
- B: Extracciones de agua subterránea por bombeos.

También en el caso concreto de esta unidad, las salidas de agua subterránea por manantiales y emergencias de distintos tipos se han considerado de forma conjunta con las descargas de agua subterránea por cauces superficiales, al igual que las salidas de agua subterránea por conexión con unidades limítrofes, todas ellas de difícil y dudosa cuantificación, debido a la escasez de datos disponibles y a la mucha mayor preponderancia de las escorrentías superficiales, frente a las subterráneas, en todo el ámbito de la unidad, lo cual dificulta la interpretación de todos los resultados.

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 ésta, el de las subunidades

hidrogeológicas. Con ello se permitirá aplicar de forma fácil las cuantificaciones de recargas y descargas incluidas en el apartado de Funcionamiento Hidrogeológico y obtener los términos de entradas y salidas de los balances (al corresponder a zonas de funcionamientos hidrogeológicos con características particulares).

Como intervalo de tiempo de los balances hídricos presentados se han establecido balances **Interanuales**: para intervalos de varios años hidrológicos tipos de la serie histórica disponible. En el caso de esta unidad, sólo se ha podido realizar para año medio debido a la escasez de datos.

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 un balance estimativo para intervalos de varios años hidrológicos ya que 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.

Como ya se ha dicho anteriormente, la escasez de datos hace muy difícil la estimación de los balances para años seco y húmedo, con lo que se ha realizado únicamente para años medios.

Años medios

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

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

Entradas:

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

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP) E INFILTRACIÓN DESDE CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	9	-	9
LA CUCURUCHA	3	3	6
MICHES-LA ALTAGRACIA	9	3	12
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	8	2	10
TOTALES	29	8	37

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

Salidas:

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

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR), MANANTIALES (QM) Y CONEXIONES LATERALES (QS) **	EXTRACCIONES POR BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	5	4	9
LA CUCURUCHA	4	2	6
MICHES-LA ALTAGRACIA	9	3	12
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	8	2	10
TOTALES	26	11	37

*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-seco. Por consiguiente, sus balances hídricos estarán comprendidos entre los definidos para dichos años tipo.

10. **RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

10.1. **RESUMEN Y CONCLUSIONES**

La unidad hidrogeológica de la Sierra Oriental se sitúa al noreste de la isla, incluyendo en su poligonal tanto la propia Sierra Oriental o Sierra del Seibo como las llanuras costeras de Sabana de la Mar y Miches. Limitada al norte por el océano Atlántico y la bahía de Samaná, al sur por la planicie costera oriental, al oeste por la región de Los Haitises y al este por la línea imaginaria entre el municipio de Higüey y la carretera que une esta población con la de Nisibón. Su poligonal ocupa una superficie próxima a los 3127 km².

Se ha estimado una población total de unos 157837 habitantes para toda la unidad, según se indica en el cuadro 10.1.1.

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

PROVINCIA	TERMINOS MUNICIPALES	DISTRITOS MUNICIPALES	Nº DE SECCIONES	Nº DE PARAJES	POBLACIÓN (2004)
Monte Plata	Bayaguana		1	7	246
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>246</i>
San Pedro de Macorís	Los Llanos		1	4	408
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>408</i>
Hato Mayor	Sabana de la Mar		3	36	15081
	El Valle		3	21	6671
	Hato Mayor del Rey		3	79	15042
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>36793</i>
Seibo	Miches		4	43	20243
	Santa Cruz del Seibo		11	215	70163
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>90406</i>
Altagracia	Higüey		3	102	15859
		Laguna de Nisibón	4	52	8905
		La Otra banda	4	31	5219
<i>Total población de la provincia en la unidad</i>					<i>29983</i>
<i>Total población en las Unidades</i>					<i>157837</i>

La densidad de población en el área de estudio es muy baja (50 hab/km²), comparada con la media de todo el país (182 hab/km²), debido al relieve abrupto de la mayor parte de la zona.

En cuanto a la distribución de la población por subunidades, prácticamente la mitad de la población (46.73%), se integra en la subunidad El Seibo-Loma El Peñón (73765 habitantes), el 24.24% en la subunidad Miches-La Altagracia (38259 habitantes), el 15.32% en la subunidad Cucurucha (24175 habitantes), y el 13.71% restante en la subunidad Peña Alta–Gran Diablo (21638 habitantes).

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

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

Estudio agronómico

En la U.H. de la Cordillera Oriental tan sólo existen 4438.46 hectáreas de terreno dedicados a la agricultura, de las cuales 1187.39 ha se encuentran dentro de la zona de riego de Higüey, 2195.71 ha en la zona de Sabana de la Mar y 1055.36 ha en la zona de Bayaguana. Esta extensión de terreno es insignificante si la comparamos con los 3127 Km² que abarca la poligonal de la unidad; esto es así dado la orografía del terreno. Limitándose las áreas de cultivo a las llanuras costeras entre Sabana de la Mar y Nisibón, y los aluviales de los ríos interiores de Yabacao y Brujuela.

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

Cuadro 10.1.2. Sistema de riego dentro de la unidad Cordillera Oriental

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Unidad Operativa del Este	Higüey	Nisibón	434.53	Río Nisibón
		Cuarón	576.25	Río Cuarón
		La Mina	176.61	Arroyo Claro
		Total	1187.39	
	Sabana de la Mar	La Ceja	925	Arroyo Piedra
		Magua	511.8	Río Catalina
		La Culebra/arroyo Rico	428.97	Río Culebra y Dajao
		La Gina	329.94	Río Jayán
		Total	2195.71	
	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	Ríos Capita y Yabacao
		Total	1055.36	
TOTAL superficie irrigada (ha)			4438.46	

El volumen total de agua demandada para riego dentro de la unidad es del orden de 40.39 hm³/año, aunque tan solo 4.04 hm³/año son extracciones de agua subterránea dedicadas al riego de ocho sistemas de riego en toda la unidad, de los cuales dos pertenecen a la subunidad Cucurucha, cinco a la subunidad Miches-La Altagracia y uno a la subunidad de Peña Alta-Gran Diablo, y cuyos valores se han obtenido del 10% del volumen total de agua demandada en aquellos sistemas de riego de los cuales se tiene información a cerca de captaciones, y cuyos datos quedan recogidos en el cuadro 10.1.3.

Cuadro 10.1.3. Extracciones de aguas subterráneas para riego

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Volumen total (hm³)	Total extracciones (hm³)
Subunidad la Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925	8.66	0.43
			Magua	511.8	4.79	0.24
			Total	1436.8	13.46	0.67
		TOTAL				
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Culebra/arroyo Rico	428.97	4.02	0.20
			La Gina	329.94	3.09	0.15
			Total	758.91	7.11	0.36
		Higüey	Nisibón	434.53	3.68	0.18
			Cuarón	576.25	4.88	0.24
			La Mina	176.61	1.49	0.07
			Total	1187.39	10.05	0.50
		TOTAL				
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36	9.78	0.49
			Total	1055.36	9.78	0.49
		TOTAL				
TOTAL SUPERFICIE IRRIGADA EN LA UNIDAD				4438.46	40.39	2.02

En cuanto al volumen total de recursos hídricos de origen subterráneo utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Oriental en el año 2004, para los distintos tipos de usos, es del orden de 9.97 hm³/año, cuya distribución por tipos de usos se incluye en el cuadro 10.1.4.

Cuadro 10.1.4. Distribución de volúmenes de agua subterránea utilizados en el área de la Unidad Hidrogeológica de la Cordillera Oriental

Subunidad	Volumen de recursos subterráneos utilizados por usos				
	Urbano (hm ³ /año)	Industrial (hm ³ /año)	Ganadero (hm ³ /año)	Agrícola (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
Cucurucha	1.22	0	0	0.67	1.89
Miches - La Altagracia	1.93	0	0	0.86	2.79
Peña Alta - Gran Diablo	1.09	0	0	0.49	1.58
El Seibo - Loma El Peñón	3.71	0	0	0	3.71
Total U.H. Cordillera Oriental	7.95	0	0	2.02	9.97

Climatología e Hidrología Superficial

El estudio climatológico de la unidad hidrogeológica 02 Cordillera Oriental se ha llevado a cabo a partir de una selección de estaciones climáticas procedentes del INDRHI. Estas estaciones quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.5. Estaciones climáticas procedentes del INDRHI seleccionadas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
2401	SALVALEÓN DE HIGUEY		18° 22' 12"	68° 25' 12"	90
2603	NARANJO DE CHINA	CL	18° 41' 46"	68° 49' 58"	130
3001	EL SEIBO		18° 27' 36"	69° 1' 48"	120

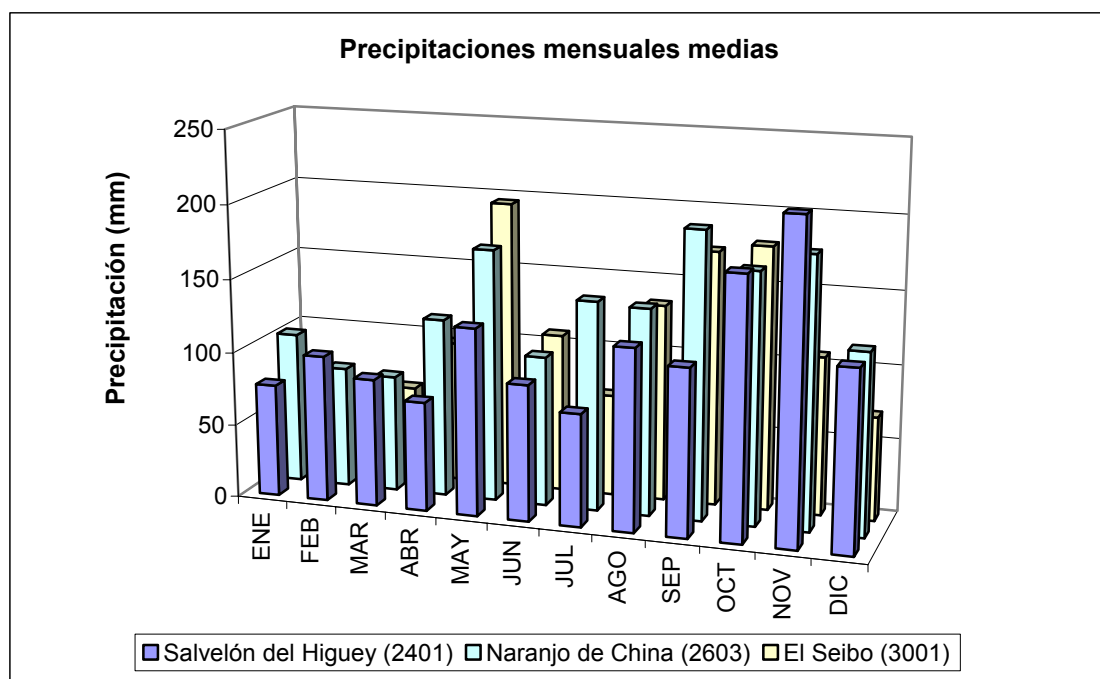
Análisis de precipitación:

La serie de años utilizada para el análisis de precipitación es de 23 años, entre 1979 y 2001. Los valores anuales de precipitación, en mm, para los tres años tipo en la estación 2603 – Naranjo de China, y para año medio en las estaciones 2401 – Salvaleón del Higuey y 3001 – El Seibo, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.6. Análisis de precipitación

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
2401	SALVALEÓN DEL HIGUEY	-	1382.2	-
2603	NARANJO DE CHINA	1239.7	1610.8	2017.5
3001	EL SEIBO	-	1308.2	-

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



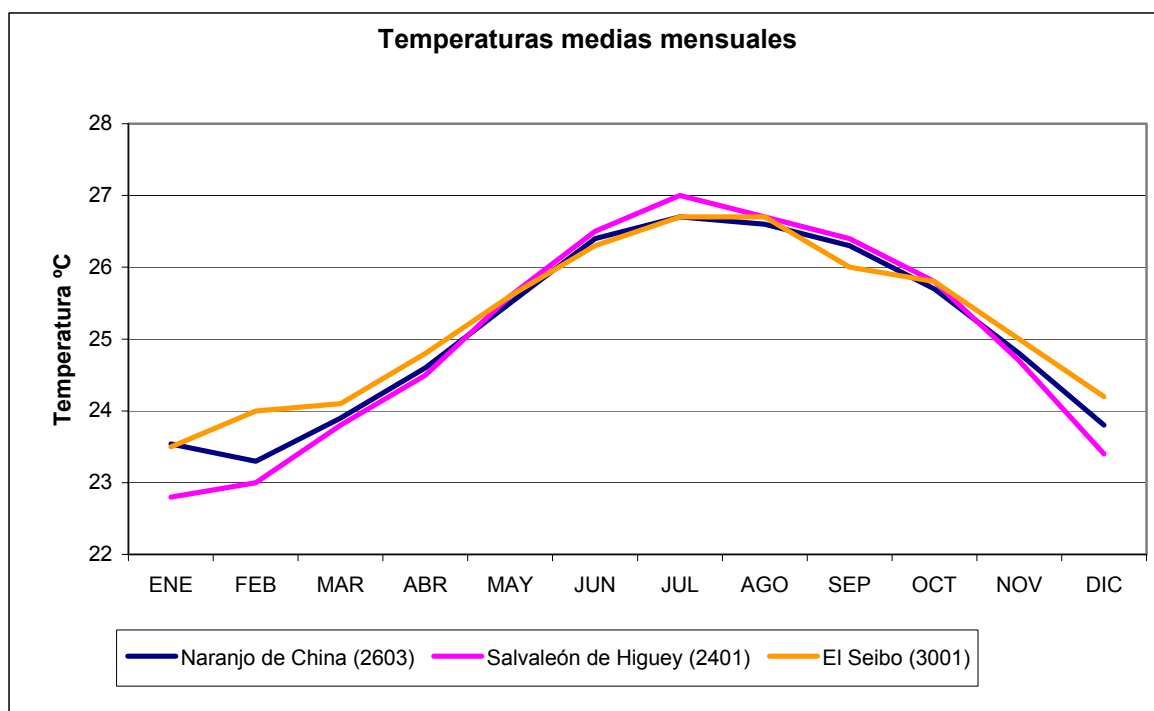
Análisis de Temperatura:

La serie de años utilizada para el análisis de temperatura en las tres estaciones seleccionadas es de 23 años, entre 1979 y 2001. Los datos de temperatura media anual quedan reflejados en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.7. Datos de temperatura media anual

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
2401	SALVALEÓN DE HIGUEY	24.8
2603	NARANJO DE CHINA	25.1
3001	EL SEIBO	25.3
	MEDIA	25.1

La distribución mensual de las temperaturas medias para cuatro de las estaciones utilizadas se ha representado en el siguiente gráfico:



Lluvia útil:

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

Cuadro 10.1.8. Valores de lluvia útil, en mm

Subunidades	Año medio
<i>El Seibo- Loma el Peñón</i>	87
<i>La Cucurucha</i>	38
<i>Michesl- La Altagracia</i>	86
<i>Peña Alta- Gran Diablo</i>	34
MEDIA DE LA UNIDAD	66

En cuanto a las características hidrológicas, la unidad hidrogeológica de la Cordillera Oriental 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 las subunidades del norte de la unidad (La Cucurucha y Miches-Altagracia) se identifica un eje principal de descarga S-N siendo en la zona más occidental SE-NO. El cauce más importante del eje es el río Yabón el cual drena grandes afloramientos de materiales cuaternarios de terrazas fluviales (Qa). Se trata de un río ganador con respecto a los materiales cuaternarios que atraviesa. En la zona meridional los ríos toman una disposición N-S, con cortos recorridos y drenando, en su mayoría, materiales cuaternarios de terraza fluvial(Qa).
- En el sector sur de la unidad que comprende a las subunidades de Peña Alta-Gran Diablo y El Seibo presenta un eje de drenaje predominantemente N-S, los ríos más importantes del eje son Higuamo, Socco y Chavón. Los cauces fluviales discurren por materiales permeables tales como materiales cuaternarios (Qal) en la zona septentrional y meridional de la unidad. Estos ríos también drenan afloramientos de calizas arrecifales eocenas-miocenas, pliocenas y cretácicas.
- El último eje que se observa es la parte oriental de la unidad (subunidad de Miches-Altagracia), este eje presenta una red de drenaje en dirección E-O, los cauces más importantes de la subunidad son el río Maimón y el río Anamuya. En esta subunidad los cauces de los ríos discurren tanto por materiales permeables tales como materiales cuaternarios de terrazas (Qa) al norte, como por materiales impermeables tales como las rocas volcanosedimentarias (RVS). También drenan pequeños afloramientos alargados en dirección SE-NO y SO-NE de calizas cretácicas (Cc).

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

Para la red de control foronómico de esta unidad se ha seleccionado un total de 22 puntos de aforo cuyas características quedan descritas en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.9. Características de los puntos de aforo seleccionados

PUNTO DE AFORO	TIPO DE ACUÍFERO	PERMEABILIDAD ESTIMADA	OBSERVACIONES
ANAMUYA-1	ÍGNEO	MEDIA	Salida Este de la Unidad
ANAMA-1	DETRÍTICO	ALTA	Salida Sur de la Unidad
AZUI-1	ÍGNEO	BAJA	Salida Suroeste de la Unidad
CAPITA-1	CARBONATADO	ALTA	Entradas desde Los Haitises
CAPITÁN-1	VOLCÁNICO	MEDIA	Salida Noroeste de la Unidad

PUNTO DE AFORO	TIPO DE ACUÍFERO	PERMEABILIDAD ESTIMADA	OBSERVACIONES
CASUÍ-1	DETRÍTICO	ALTA	Entradas desde Los Haitises
CEDRO-1	DETRÍTICO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
CUADRÓN-1	DETRÍTICO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
CHAVÓN-1	DETRÍTICO	ALTA	Salida Sur de la Unidad
HIGUAMO-1	ÍGNEO	MEDIA	Salida Suroeste de la Unidad
JAYÁN-1	ÍGNEO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
JOVERO-1	DETRÍTICO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
MAGU-1	DETRÍTICO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
MAGUA-2	ÍGNEO	BAJA	Salida Suroeste de la Unidad
MAIMO-1	CARBONATADO E ÍGNEO	ALTA-BAJA	Salida Este de la Unidad
NISIBON-1	ÍGNEO	BAJA	Salida Noreste de la Unidad
SANATE-1	CARBONATADO	BAJA	Salida Sureste de la Unidad
SOCO-3	DETRÍTICO	ALTA	Salida Sur de la Unidad
YABON-1	DETRÍTICO	ALTA	Salida Noroeste de la Unidad
YEGUADA-1	ÍGNEO	BAJA	Salida Norte de la Unidad
YONU-1	CARBONATADO E ÍGNEO	ALTA-BAJA	Salida Este de la Unidad
YUMA-1	DETRÍTICO	ALTA	Salida Sureste de la Unidad

Dada la escasez de acuíferos de esta Unidad Hidrogeológica, la mayor parte de los afloros se han situado en las zonas de salida de la unidad de los principales cursos de agua, pudiendo ser las salidas más importantes y significativas hacia el mar o lateralmente hacia otras unidades contiguas.

Hidrogeología

La Unidad o Zona Hidrogeológica nº 2: Cordillera Oriental se encuentra situada en el este del país e incluye la cordillera que lleva su nombre, que se extiende de oeste a este a lo largo de 60 km, con una anchura aproximada de 30 km. Su línea de cumbres (con cotas máximas entre 634 y 736 m.s.n.m.) se encuentra más cercana a su borde norte, siendo las vertientes septentrionales más abruptas que las meridionales.

En este conjunto con materiales de diversa naturaleza, alcanzan una superficie total de 3475.85 km², de los cuales el 34.14% (unos 1186.79 km²) corresponden a formaciones permeables de diferentes tipos, siendo unos 1062.38 km² materiales con permeabilidades variables entre muy alta, alta y media y el resto, unos 120.47 km², materiales de formaciones de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico.

Con criterios de funcionamiento hidrogeológico se han diferenciado, dentro de los citados límites de la unidad y de sus correspondientes subunidades, seis tipos distintos de formaciones permeables o niveles acuíferos y ocho formaciones de baja permeabilidad o permeabilidad nula, cuyas características son las siguientes:

Cuadro 10.1.10. Tipos de formaciones diferenciadas

FORMACIONES DE PRIMER ORDEN	FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN	TIPO DE MATERIALES PERMEABLES	SUPERFICIE (en Km ²)
Formaciones con permeabilidad por porosidad intersticial	Formaciones porosas con permeabilidad de muy alta a media-alta y productividad media a alta	Qa: depósitos de terrazas fluviales del Cuaternario	483
		Qal: depósitos aluviales del Cuaternario	349
		Qi: Materiales indiferenciados del cuaternario	45.4
	Formaciones porosas con permeabilidad media-baja y productividad baja	Ql: depósitos de marismas y manglares de edad Cuaternario Holoceno.	19
Formaciones fisuradas con permeabilidad por fisuración-karstificación	Formaciones fisuradas de alta permeabilidad y productividad	Plc: calizas arrecifales detríticas, muy kárstificadas y de edad Plioceno-Pleistoceno.	11
		Cc: Caliza karstificada del Cretácico	143.6
		Ec: Caliza karstificada del Eoceno-Mioceno	30.16
Formaciones de tipo mixto, con permeabilidad por fisuración y/o por porosidad intersticial	Formaciones de media permeabilidad y media a baja productividad	Pcg: Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales del Pleistoceno-Plioceno	2.76
		RVSf: Rocas volcano-sedimentarias fisuradas	87.8

FORMACIONES DE PRIMER ORDEN	FORMACIONES DE SEGUNDO ORDEN	TIPO DE MATERIALES PERMEABLES	SUPERFICIE (en Km²)
		Cf: Facies flysch, calcarenitas, margas, calizas y areniscas del Cretácico	6.5

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 10.1.11. Características de las subunidades o sectores de funcionamiento hidrogeológico

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
La Cucurucha	258.68 km ²	200.22 km ²	- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: en este contacto hay zonas en la cual es abierto con conexión hidráulica con las Calizas del Eoceno-Mioceno (Ec) de la unidad de Los Haitises y cerrada y estanco con las rocas volcanosedimentarias (RPI) de la misma unidad de Los Haitises. - Este: abierto con conexión hidráulica con los materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) de la subunidad de los Miches-La Altagracia. Abierto sin conexión hidráulica en contacto con las rocas volcanosedimentarias fisuradas (RVSf) de la subunidad de La Altagracia. Cerrado con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de El Seibo. - Sur: Cerrado y estanco a las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de Peña Alta. Abierta sin conexión hidráulica con las calizas cretácica (Cc) de la subunidad Peña Alta	- RVSf: 68.74 Km² - Qi: 27.27 km² - Qa: 157.37 km² - Ec: 1.19 km² - Cc: 2.98 km² - Ecg: 1.13 Km²
Miches-La Altagracia	324.78 km ²	522.65 km ²	- Norte: abierto, directamente en contacto con el mar. - Oeste: Abierto y con conexión hidráulica con los materiales del cuaternario indiferenciado (Qi) y las rocas volcanosedimentarias fisuradas (RVSf) y cerrado y estanco con las rocas volcanosedimentarias (RVS), todas de la subunidad de La Cucurucha. - Este: abierto sin conexión hidráulica con las calizas cretácicas (Cc) de la unidad Planicie Costera Occidental. - Sur: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la unidad de El Seibo y abierta sin conexión hidráulica con las calizas cretácicas (Cc) de la unidad Planicie Costera Oriental.	- Cc: 20.79 km² - Qa: 216.34 km² - Qi: 3.94 km² - Qal: 40.43 Km² - RVSf: 19.05 km² - Cf: 1.94 Km² - Rpf: 22.26 Km²

SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
El Seibo	367.73 km ²	639.9 km ²	- Norte: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la unidad de Miches-Alta Gracia, y un pequeño tramo abierto con conexión hidráulica en contacto con materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) de la misma subunidad. - Este: Cerrado y estanco en contacto con rocas volcaosedimentarias (RVS) de la unidad Planicie Costera Oriental. - Sur: Abierto sin conexión hidráulica en contacto tanto con calizas arrecifales pliocenas (Plc) como materiales cuaternarios indiferenciados (Qi) ambas de la unidad Planicie Costera Oriental. - Oeste: En su gran mayoría cerrado y estanco en contacto con rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de Peña Alta.	- Qa: 30.81 km² - Qi: 14.01 km² - Qal: 198.29 Km² - Cc: 95.64 Km² - Ec: 28.97 Km²
Peña Alta-Gran Diablo	231.67 Km ²	581.2 Km ²	- Norte: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de La Cucurucha. - Este: Cerrado y estanco en contacto con las rocas volcanosedimentarias (RVS) de la subunidad de El Seibo. - Oeste: abierto sin conexión hidráulica en contacto con calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la subunidad de Los Haitises. - Sur: Abierto sin conexión hidráulica en contacto con las calizas arrecifales pliocenas (Plc) de la unidad de la Planicie Costera Oriental.	- Cc: 24.24 Km² - Qi: 0.12 Km² - Pcg: 2.77 Km² - Qa: 78.63 Km² - Cf: 4.57 Km² - Plc: 11.01 Km² - Qal: 110.33 Km²
TOTAL	1182.86km²	1944 km²		- Cc: 143.7 km² - Cf: 6.5 km² - Ec: 30.2

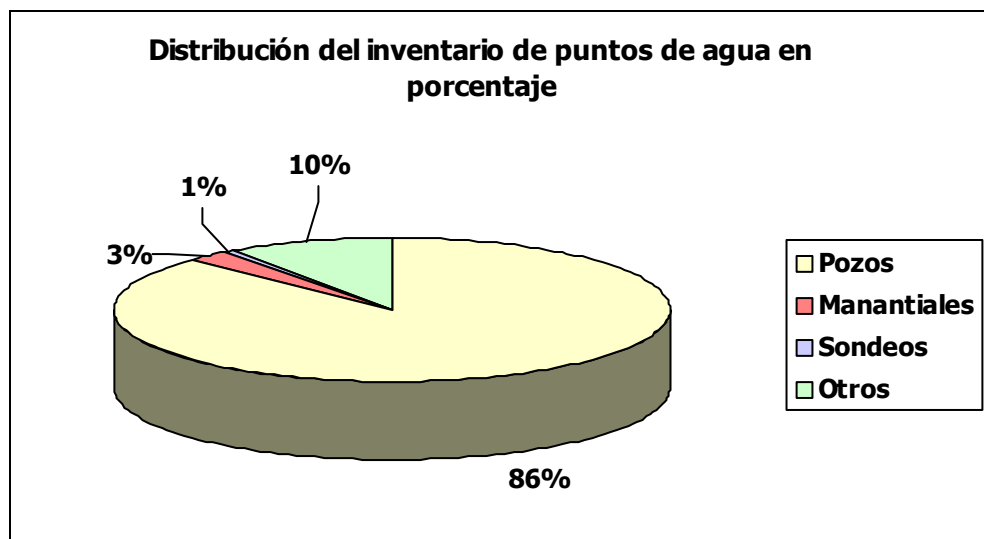
SUBUNIDADES O SECTORES DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	SUPERFICIES (km ²)		LÍMITES	FORMACIONES O NIVELES ACUÍFEROS
	Materiales permeables	Materiales de baja permeabilidad		
				- Ecg: 1.13 km ² - Pcg: 2.76 km ² - Plc: 11.01 km ² - Qa: 483.16 km ² - Qal: 349 Km ² - Qi: 45.35 km ² - Rpf: 22.26 - RVSf: 87.80 km ²

En total, se han inventariado 302 puntos de agua, cuya distribución según la naturaleza del punto es la siguiente:

Cuadro 10.1.12. Inventario de puntos de agua

Naturaleza del punto	Nº de puntos
Pozos	263
Manantiales	8
Sondeos	2
Zanjas o socavones	1
Pozos con galerías o taladros	1
Cauces superficiales	22
Otros	5
<i>Total</i>	<i>302</i>

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



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

Cuadro 10.1.13. Distribución de puntos de agua por hojas topográficas 1:50.000

Nº Hoja	Nombre Hoja	Pozos	Manantiales	Sondeos	Otros	Total
6272 II	Bayaguana				1	1
6371 I	Ramón Santana	14	1		1	16
6371 IV	Los Llanos	14				14
6372 I	Miches	10			3	13
6372 II	El Seibo	94	1		2	97
6372 III	Hato Mayor del Rey	63	4	1	6	74
6372 IV	El Valle	4	1			5
6373 III	Sabana de la Mar	7	1		2	10
6471 I	Salvaleón de Higüey				1	1
6471 IV	Guaymate	5			2	7
6472 I	La Vacama	10				10
6472 II	El Salado				3	3
6472 III	Rincón Chavón	32		1	3	36
6472 IV	Las Lisas	10			4	14

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

- 207 Abastecimiento doméstico (198 pozos, 6 manantiales, 1 sondeo y 2 desconocido)
- 9 Abastecimiento a núcleos urbanos (6 manantiales, 1 sondeo y 2 desconocido)
- 3 Abastecimiento y agricultura (2 pozos y 1 manantial)
- 21 Abastecimiento y ganadería (20 pozos y 1 pozo con galería)
- 1 Agricultura (1 pozo)
- 24 Ganadería (24 pozos)
- 3 Industrial (2 pozos y 1 sondeo)

- 1 Turismo (1 pozo)
- 23 No se utiliza (1 pozo, 22 cauces superficiales)
- 10 Uso desconocido (6 pozos, 1 manantial y 3 desconocido)

La red piezométrica de esta unidad ha quedado definida por un total de 57 puntos. Para facilitar el análisis de la información piezométrica de la red de control, se ha realizado una agrupación de los puntos de control por subsectores. Estos subsectores han sido definidos en función de los materiales sobre los que se sitúan los puntos de control, y de su situación geográfica. En total se han definido 13 subsectores cuya denominación y características piezométricas pueden verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 10.1.14. Características piezométricas de los subsectores

Subsector	Nivel piezométrico (m.s.n.m.)		
	Máximo	Mínimo	Medio
El Valle-Palo Alto	8.57	3.19	5.95
Aluvial del Magua	8.66	7.93	8.35
Los Tocones-La Zanja	26.70	-6.54	7.47
Loma del Peñón	159.03	75.00	124.67
Santa Lucia	173.31	166.86	169.97
Los Botados	172.74	125.87	150.25
Aluvial del Seibo	167.73	92.75	124.81
Peña Blanca (U.H. 2)	241.49	73.37	124.86
Hato Mayor	174.05	93.85	125.53
Magua-Mata de Palma	56.17	21.50	39.84
Los Algarrobos-San Miguel	76.45	14.00	55.55
La Fuente	92.22	69.30	78.88
Yerba Buena	180.50	102.08	148.31

Hidroquímica

El estudio de las características que presentan las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica 02. Cordillera Oriental se ha llevado a cabo partiendo de los datos obtenidos en dos campañas de muestreo realizadas, entre noviembre y diciembre de 2003 (1ª campaña) y en abril de 2004 (2ª campaña), en 28 puntos de agua, que corresponden a sondeos, pozos y manantiales.

Las aguas analizadas presentan una mineralización que varía desde baja a media con conductividades que oscilan entre 103 y 1563 microS/cm (primera campaña) y entre 55 y 1991

microS/cm (segunda campaña), y valores de nitratos que oscilan entre 0 y 26 mg/l de NO_3^- (primera campaña) y entre 4 y 58 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 varias muestras que presentan una composición netamente clorurada y otras tienen un carácter mixto clorurado-bicarbonatado.

En cuanto a los cationes, las aguas subterráneas tienen una composición muy heterogénea que varía desde términos cálcicos, sódicos o magnésicos, hasta otros de carácter mixto.

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

Los resultados analíticos de los puntos de agua muestreados en la Cordillera Oriental indican que en algunas muestras de aguas subterráneas se superan los límites establecidos para el sodio y en una muestra se supera el límite establecido para nitratos en la segunda campaña. En el resto de las muestras los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa de aguas de abastecimiento humano.

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

Funcionamiento Hidrogeológico y Balance Hídrico

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

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

Entradas:

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

SUBUNIDADES	INFILTRACIÓN LLUVIA (IP) E INFILTRACIÓN DESDE CAUCES (IRC)	RETORNOS RIEGO (IRR)	ENTRADAS TOTALES
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	9	-	9
LA CUCURUCHA	3	3	6
MICHES-LA ALTAGRACIA	9	3	12
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	8	2	10
TOTALES	29	8	37

*Todos los datos son en hm³/año

Salidas:

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

SUBUNIDADES	DESCARGA A RÍOS (DR), MANANTIALES (QM) Y CONEXIONES LATERALES (QS)	EXTRACCIONES POR BOMBEO (B)	SALIDAS TOTALES
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	5	4	9
LA CUCURUCHA	4	2	6
MICHES-LA ALTAGRACIA	9	3	12
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	8	2	10
TOTALES	26	11	37

*Todos los datos son en hm³/año

10.2. RECOMENDACIONES

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

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

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

En principio, y de acuerdo con la información disponible, se proponen los siguientes distritos de riego, zonas y sistemas (para los usos agrícolas, cuadro 10.2.1) y municipios y secciones municipales (para usos humanos, cuadro 10.2.2):

Cuadro 10.2.1. Sistemas de riego para realizar estudios detallados de usos del agua

Subunidad	Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)
Subunidad la Cucurucha	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Ceja	925
Subunidad Miches-La Altagracia	Unidad Operativa del Este	Sabana de la Mar	La Gina	329.94
		Higuey	Nisibón	434.53
			La Mina	176.61
Subunidad Peña Alta-Gran Diablo	Unidad Operativa del Este	Bayaguana	Capita Yabacao	1055.36

Cuadro 10.2.2. Municipios y secciones para realizar estudios detallados de usos del agua

SUBUNIDAD CUCURUCHA	Provincia Hato Mayor			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Sabana de la Mar	Sabana de la Mar	9	10957
	El Valle	El Valle	1	4896
	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
		Vicentillo	11	2424
SUBUNIDAD MICHES-LA ALTAGRACIA	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Miches	Miches	9	7796
		Las Lisas	7	1893
	Provincia Altagracia			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Higuey	Higuey	12	3892
	Laguna de Nisibon D.M.	Laguna de Nisibon D.M.	1	3381
	La Otra Banda D.M.	La Otra Banda D.M.	1	1844
SUBUNIDAD PEÑA ALTA - GRAN DIABLO	Provincia Hato Mayor			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Hato Mayor del Rey	Manchado	14	3239
		Mata Palacio	34	8000
	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	El Seibo	Candelario	24	5943
SUBUNIDAD EL SEIBO - LOMA EL PEÑON	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Santa Cruz del Seibo	El Seibo	10	16559
		Santa Lucia	32	8392
		Arroyo Grande	9	5162
		Las Cuchillas	12	5353
	Provincia Altagracia			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Higuey	Bejucal	30	4729
		Santana	60	7238

Asimismo, y de acuerdo con la información disponible, se recomiendan como posibles zonas para establecer nuevos regadíos las indicadas en el cuadro 10.2.3, cuya distribución espacial se observa en la Plano 11:

Cuadro 10.2.3. Zonas para establecer nuevos regadíos

Subunidad hidrogeológica	Posibles zonas de nuevos regadíos		Superficie (ha)
La Cucurucha	1	Nuevo sistema de riego en la zona del termino municipal de El Valle, ocupando el aluvial de los ríos Yabón, y Sano y el de los arroyos La Jagua y Piedra	7229.76
Miches-La Altagracia	1	Nuevo sistema de riego en la zona del termino municipal de Higüey, ocupando el aluvial de los ríos Duey y Quisibani	866.84
	2	Nuevo sistema de riego entre los parajes de los Tosones al Norte y la Laguna de Nisibón y Guanabano al Sur, ocupando el aluvial de los ríos Llano, Maimón y Ampolla	5,515.81
Peña Alta-Gran Diabla	1	Nuevo sistema de riego en la zona del paraje Sabana Grande, ocupando el aluvial del río Casuí	1,065.20
	2	Ampliación del sistema de riego Capita Yabacao, entre los parajes de Pulgarín y el Puerto	1,878.66
	3	Nuevo sistema de riego en la zona del termino municipal de Hato Mayor, ocupando el aluvial del río Magua	962.15
	4	Nuevo sistema de riego entre los parajes de la Fuente al Norte y la Jabilla al Sur, ocupando el aluvial del río Higuama	1,136.01
	5	Nuevo sistema de riego entre los parajes de Isabel al Noroeste y la Lima al Sureste, ocupando el aluvial de los arroyos Laja y Quejas	596.77
	6	Nuevo sistema de riego entre los parajes de Rancho Chiquito al Norte y las Palmillas al Sur, ocupando el aluvial del río Cibao	359.12
	7	Nuevo sistema de riego entre los parajes de Anama al Norte y Los Cerros al Sur, ocupando el aluvial del río Anama	487.54
El Seibo-Loma El Peñón	1	Nuevo sistema de riego entre los parajes de Pedro Sánchez al Norte y Los Cafeces al Sur, ocupando el aluvial del río Seibo	1,574.63
	2	Nuevo sistema de riego en la confluencia de los aluviales de los arroyos Culebrin y Lebrón.	260.69
	3	Nuevo sistema de riego en el paraje Hato de Mana	542.08
	4	Nuevo sistema de riego entre los parajes La Higuero y Batey Treinta	422.44

Construcción de sondeos de investigación y piezométricos

En la actualidad no existe información suficiente de los principales acuíferos de la unidad hidrogeológica (principalmente la calizas del Eoceno-Mioceno y Cretácico). Es por ello por lo que se recomienda realizar una serie de sondeos de investigación y piezométricos con los que tener una idea más detallada de la geometría de los diferentes acuíferos, así como su piezometría, direcciones de flujo, columna litológica, etc.

Asimismo, se propone realizar diferentes pruebas hidrogeológicas durante su construcción para conocer los distintos parámetros hidráulicos de cada uno de los niveles atravesados.

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

Cuadro 10.2.4. Piezómetros propuestos

SUBUNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	SONDEO PIEZOMÉTRICO	UBICACIÓN (Coord. UTM)		CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
		X	Y	
LA CUCURUCHA	P ₁	467406.1	2097634	Profundidad: 100-150 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	P ₂	470923.5	2082179	Profundidad: 100-150 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	P ₃ , P ₄ y P ₅	500767.9	2083671	Profundidad: 100-150 m. Diámetro de perforación 130 mm y de entubación 50 mm.
		500767.9	2068376	
		514570.9	2065071	
TOTALES	5			

En todos los piezómetros propuestos se recomienda lo siguiente:

- Perforar a rotopercusión o a percusión.
- Entubar con tubos de plástico en PVC-U (cloruro de polivinilo) en versión resistente, o tubos verticales galvanizados, roscados y unidos con manguitos.
- Los tubos filtrantes se distribuirán en longitud de 1/3 del espesor saturado que se encuentre y, fundamentalmente, en la parte inferior del acuífero.

- Si la columna atravesada contiene tramos de arenas o limos, se preverá un empaque de gravilla que rellene el espacio anular a lo largo de todo el espesor saturado, con anchura mínima de 40 mm.
- Después de la finalización de la construcción de los sondeos es recomendable bombear desde la superficie el agua de las tuberías, para extraer el posible detritus de la perforación. Esta operación de limpieza deberá realizarse con agua limpia o aire comprimido y asegurar la homogenización completa del fluido dentro de la columna piezométrica.
- El cabezal de los sondeos se protegerá con un tapón de cemento de 2 metros de profundidad, así como con un cabezal de acero con cierre de seguridad.

Asimismo, será necesario levantar una columna litológica de los materiales atravesados, con testificación de muestras cada metro atravesado, con objeto de conocer las litologías atravesadas, las posibilidades hidrogeológicas de los mismos (para el diseño de colocación de los filtros) y la posible existencia de niveles acuíferos confinados.

Construcción de sondeos de investigación y preexplotación, para abastecimiento a núcleos urbanos con más de 1.000 habitantes

En la actualidad, la mayor parte de los núcleos urbanos que se integran dentro del área de la unidad de la Cordillera Oriental 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 rotopercusión, 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 entregará diariamente al Director de las Obras un parte diario por cada turno de perforación, en el que se indicará detalladamente diámetro, avance, litología de materiales perforados, parámetros de control de lodos, paradas, tipo y cambios de herramienta de corte, formación de la sarta y peso, así como de cuantas incidencias se produzcan en cada turno de trabajo.
- El pozo deberá ser vertical, alineado y de perfecta sección circular, admitiéndose como tolerancia dos veces el diámetro interior de la tubería por cada 100 m, en desviaciones de alineación y verticalidad.
- Una vez terminada la perforación se procederá, mediante registro continuo, a la comprobación de la verticalidad y alineación del pozo y la testificación geofísica con los registros de Gamma natural, potencial espontáneo y resistividad normal corta y larga.
- Con las diagráfias obtenidas se realizará una interpretación en campo, fijando la columna litológica con sus diversas características y dando recomendaciones sobre la columna de entubación.
- Definida la columna de entubación se procederá a la numeración de cada tramo, comenzando desde el fondo del pozo, de tal forma que se evite que pueda colocarse cualquier tramo en una posición incorrecta. No se colocarán tramos filtrantes de longitud superior a tres filtros consecutivos de 3 metros cada uno. Se dejará siempre en la parte inferior de la tubería una cámara de decantación de unos 8-12 m.
- Para que la tubería quede perfectamente centrada en la perforación se utilizarán centradores separados unos 12 m. Los centradores deberán situarse en los extremos inferior y superior de las zonas filtrantes.
- Una vez concluido el pozo, será preciso extraer todos los restos de lodos y detritus de perforación y estabilizar las formaciones acuíferas para tratar de obtener el mayor caudal específico posible, mediante desarrollo por los sistemas de pistoneo o aire comprimido.
- Se realizarán dos cementaciones; entre la tubería de emboquillado y el terreno natural (30 m), y en la parte superior del espacio anular (10 m). La primera se realizará mediante mortero rico en cemento y la segunda se realizará mediante hormigón en masa tipo H-150 con árido de 20 mm de tamaño máximo, no permitiéndose ninguna operación en el pozo durante los tiempos de fraguado.
- A través de la cementación anular se dejará instalada una tubería de 2" Ø y 40 m de longitud que permitirá, en caso necesario, añadir grava al empaque si se produjese un asentamiento del mismo.

- Una vez concluidas las operaciones de limpieza y desarrollo se procederá al aforo del pozo mediante un grupo electrobomba sumergido, accionado por un grupo electrógeno. La bomba será tal que pueda proporcionar un caudal máximo variable entre 50 y 150 l/s con altura manométrica del orden de 100 m.
- Antes de realizarse el bombeo propiamente dicho, con una duración de al menos un periodo de 72 horas y con el fin de determinar el caudal constante con que se efectuará éste, se procederá a bombear el pozo con una serie de caudales escalonados que en cada caso determinará el Director de las Obras. Estos bombeos previos tendrán una duración máxima de 12 horas. Al finalizar el ensayo de bombeo, se tomarán 2 muestras de agua en frascos esterilizados de por lo menos dos (2) litros de capacidad para su posterior análisis de laboratorio. Finalizada la extracción de agua se procederá a tomar medidas para determinar la recuperación del pozo.
- En principio se deben controlar los niveles de agua en el propio pozo y si fuese posible en algún otro punto que sirviese de piezómetro.
- Una vez concluidas las tareas de aforo, se procederá a la desinfección del pozo mediante la adición de hipoclorito sódico comercial (dosificación 1 litro de hipoclorito por metro cúbico). El pozo quedará cerrado con una brida ciega atornillada y fija con puntos de soldadura.
- Una vez concluida la desinfección y cierre del pozo el Contratista procederá a retirar sus equipos e instalaciones y al relleno de las balsas de lodos, retirada de acopios y limpieza de los terrenos afectados durante la ejecución de las obras.

Los citados municipios con más de 1.000 habitantes dentro del área de la unidad de la Cordillera Oriental donde se recomienda realizar sondeos de abastecimiento, son los siguientes:

Cuadro 10.2.5. Núcleos urbanos con más de 1000 habitantes en los que se recomiendan sondeos de abastecimiento

SUBUNIDAD CUCURUCHA	Provincia Hato Mayor			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Sabana de la Mar	Sabana de la Mar	9	10957
	El Valle	El Valle	1	4896
	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
		Vicentillo	11	2424
SUBUNIDAD MICHES-LA ALTAGRACIA	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Miches	Miches	9	7796
		Las Lisas	7	1893
	Provincia Altagracia			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Higuey	Higuey	12	3892
	Laguna de Nisibon D.M.	Laguna de Nisibon D.M.	1	3381
	La Otra Banda D.M.	La Otra Banda D.M.	1	1844
SUBUNIDAD PEÑA ALTA - GRAN DIABLO	Provincia Hato Mayor			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Hato Mayor del Rey	Manchado	14	3239
		Mata Palacio	34	8000
	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	El Seibo	Candelario	24	5943
SUBUNIDAD EL SEIBO - LOMA EL PEÑON	Provincia Seibo			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Santa Cruz del Seibo	El Seibo	10	16559
		Santa Lucia	32	8392
		Arroyo Grande	9	5162
		Las Cuchillas	12	5353
	Provincia Altagracia			Población (2004)
	Municipios	Secciones	Parajes	
	Higuey	Bejucal	30	4729
		Santana	60	7238

Realización de ensayos de bombeo y muestreo hidroquímico a diferentes profundidades

En todos los sondeos de investigación y preexplotación que se construyan se recomienda realizar ensayos o pruebas de bombeo, con objeto de conocer las características y parámetros hidráulicos de las formaciones acuíferas a explotar.

Los ensayos propuestos serán de dos tipos, en función de su duración y de sus objetivos a conseguir:

- Pruebas de bombeo escalonado, de unas cuatro horas de duración cada una y con un caudal ascendente. Se recomienda realizar cuatro pruebas consecutivas de este tipo (16 horas, en total), cuyos objetivos son desarrollar y limpiar los sondeos y tantear el caudal de bombeo para la siguiente prueba de larga duración.
- Ensayo de bombeo largo y a caudal constante. Este ensayo se recomienda que tenga una duración mínima comprendida entre 24 y 48 horas, y que se realice con un caudal constante, controlándose los descensos de niveles, tanto en el sondeo donde se bombea, como en otros próximos que puedan existir.

Durante la realización del ensayo de bombeo largo y a caudal constante se deberán tomar muestras de agua cada determinados tiempos, de manera que coincidan con diferentes profundidades del acuífero ensayado. Sus posteriores análisis de laboratorio determinarán sus características químicas para su uso humano.

Estudio de establecimiento de perímetros de protección en los sondeos para abastecimientos urbanos

Asimismo, en todos los sondeos de investigación y preexplotación que se construyan para abastecimientos urbanos, se recomienda realizar estudios de detalle de establecimiento de perímetros de protección (zonas en torno a la captación cuyo objetivo es proteger la calidad y cantidad del agua subterránea). Para ello, es preciso determinar, al menos:

- características del acuífero explotado (litología, geometría, parámetros hidráulicos, etc.),
- inventario de puntos de agua,
- focos potenciales de contaminación existentes en su entorno,

- actividades que puedan dar lugar a residuos sólidos o líquidos que puedan originar una degradación de la calidad del agua.

Con la delimitación de las zonas que constituyen los perímetros se pretende conseguir y mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas e impedir la acumulación de compuestos o el desarrollo de actividades capaces de contaminar o degradar la calidad de las mismas.

Las zonas se delimitan con la suficiente amplitud para que el resultado de una actividad contaminante, una vez que llega al acuífero, tarde en alcanzar la captación un tiempo determinado que permita su degradación, o proporcione una capacidad de reacción que haga posible un cambio temporal en la fuente de suministro a la población, hasta que la degradación de la calidad de las aguas extraídas disminuya a límites aceptables.

La zonación del perímetro se puede realizar considerando el tiempo de tránsito de un día en la zona inmediata (Zona I), de 50-60 días en la zona próxima (Zona II) y de 10 años en la zona alejada (Zona III).

Las zonas que constituyen el perímetro tienen restricciones de uso tanto mayores cuanto más próximas a la captación. Así, en la Zona I sólo se permiten las actividades relacionadas con el mantenimiento y explotación de las instalaciones. En la zona II se prohíben las fosas sépticas, el vertido de residuos sólidos o la existencia de granjas, industrias y mataderos, y en la Zona III se prohíbe la inyección de residuos y sustancias contaminantes, así como el almacenamiento de productos tóxicos y radiactivos.

Sin embargo, en el caso de actividades ya implantadas en el entorno de captaciones de abastecimiento, se realiza un estudio detallado en el que se considera el espesor de la zona no saturada, la litología del acuífero y el tipo de contaminación susceptible de alcanzar el nivel freático, de forma previa a la implantación de restricciones.

Ampliación y continuación de las redes de control hidrogeológico periódico (piezometría, foronomía y calidad química)

Se recomienda continuar con las actuales redes de control hidrogeológico periódico (piezometría, foronomía y calidad química), aunque con algunas modificaciones en cuanto al número de sus puntos de control y su frecuencia de medida. En este sentido se propone eliminar algún punto de la red actual con información redundante y añadir otros nuevos de posible interés (entre ellos los sondeos piezométricos propuestos), así como mantener la frecuencia de control mensual en la red de aforos y semestral (dos campañas al año) en la de

muestreo hidroquímico, y disminuir la de piezometría a un control trimestral (cuatro campañas al año).

Las redes y frecuencias de control propuestas, para sus diferentes tipos, son las siguientes:

Red de control de piezométrico

Se recomienda continuar la medición de la red de control piezométrico, ya que la densidad de puntos controlados no es demasiado elevada, si bien se propone cambiar la periodicidad de medida de la misma (cuatrimestral en detrimento de la mensual realizada durante el presente estudio).

Asimismo, se propone incluir dentro de la red de control piezométrico los puntos de investigación y piezométricos propuestos.

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 10.2.6. Puntos a incorporar a la red foronómica actual

SUBUNIDADES	NUEVO PUNTO DE AFORO PROPUESTO	UBICACIÓN (Coord. UTM)	
		x	y
PEÑA ALTA-GRAN DIABLO	1	454529.8	2069979
	2	465453.6	2077588
	3	466523.8	2076242
	4	485175.8	2065999
EL SEIBO-LOMA EL PEÑÓN	5	491994.4	2067650
	6	495598.4	2075997
	7	498636.2	2076050
	8	501140.9	2078288
MICHES-LA ALTAGRACIA	9	532744.1	2075837
	10	530559	2081326

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 10.2.7. Red de control hidroquímico propuesta

Subunidad	Código Punto existente	Nº orden	Código punto propuesto	Paraje o Municipio	Observaciones
La Cucurucha	6372420001	27	6372420001	El Cabao. El Valle, Hato Mayor	
	6373450005	28	6373450005	Sabana de La Mar. Hato Mayor	
	6373350002	29		Sabana de La Mar. Hato Mayor	Eliminar
	6373360001	30	6373360001	Cañada Grande. El Seybo	
	6373350003	31	6373350003	Sabana de La Mar. Hato Mayor	
	6372420003	43	6372420003	Alto De La Piedra. Hato Mayor.	
	6372420004	43A		Alto De La Piedra. El Valle, Hato Mayor	Eliminar
Peña Alta- Gran Diablo	6372210023	32	6372210023	El Cercado. El Seybo	
	6372210016	33	6372210016	Paso Cibao. Hato Mayor	
	6372220001	34	6372220001	El Seybo.	
	6372240023	37	6372240023	Las Lajas. El Seybo	
	6372240006	38	6372240006	Mata De Palma. El Seybo	
	6372360016	39	6372360016	Guayabo Dulce. Hato Mayor	
	6372360002	40	6372360002	El Coco. La Comunidad	
	6372330019	41	6372330019	Manchado Km 7. Hato Mayor	
	6372320005	42	6372320005	La Clara. Hato Mayor	
El Seibo- Loma El Peñón	6472310002	11	6472310002	Cañada De La Vaca. El Seybo	
	6472320002	12		Higua. El Seybo	Eliminar
	6472320004	13	6472320004	El Rodeo. El Seybo	
	6472340005	14	6472340005	Bejucal.	
	6472350012	15	6472350012	Los Guineo. Higüey	
	6174420005	16	6174420005	Camino Real. Higüey	
	6372220004	35	6372220004	Sopaipo. El Seybo	
	6372220015	36	6372220015	Los Corazones. Candelaria	
			1 punto	Arroyo Grande. Santa Cruz de Seibo	Prov. de Seibo

Subunidad	Código Punto existente	Nº orden	Código punto propuesto	Paraje o Municipio	Observaciones
Miches- La Altagracia	6472140004_D	17			Eliminar
	6472430002	18	6472430002	Sabana de Nisibon. Higüey	
	6472110001	19	6472110001	Los Tocones. Nisibon Higüey	
			1 punto	Miches	Prov. de Seibo
			1 punto	Cano Bonito. Seibo	Prov. de Seibo
			1 punto	Higüey	Prov. Altagracia

Instalación y rehabilitación de las estaciones climáticas

Se recomienda la instalación de una estación climática en el norte de la subunidad de Miches-La Altagracia, a ser posible sobre las calizas cretácicas (Cc) o sobre los cuaternarios (Qa), en los alrededores de Nisibón. A excepción de esta estación, la densidad de estaciones climáticas existentes en esta unidad hidrogeológica se considera suficiente como para llevar a cabo un estudio climatológico de detalle. Sin embargo, la mayor parte de estas estaciones se encuentran deterioradas, y no aportan ninguna información al respecto.

Por ello, se recomienda rehabilitar las estaciones climáticas existentes y realizar un mantenimiento adecuado de las mismas con el fin de obtener un volumen de datos suficiente como para realizar estudios climatológicos de detalle, además de para rentabilizar la inversión inicial de la instalación.

Actualización de la base de datos de Aguas Subterráneas.

Finalmente, y como una actividad fundamental para su utilización en posibles estudios futuros y de planes de gestión y explotación de recursos hídricos de esta unidad, se recomienda seguir actualizando la Base de Datos de Agua Subterránea creada durante el presente estudio (inventario de puntos de agua, redes de control periódico, etc.). Dicha actualización permitirá disponer, en el momento concreto que se requiera, de toda la información hidrogeológica básica lo más completa posible, con todo lo que ello significa a la hora de tomar decisiones sobre planes o normas de explotación y protección de los recursos subterráneos de esta unidad.

PLANOS

Legenda

- | | | | |
|--|--------------------|--|--------------|
| | 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. |
| | Ecg CONGLOMERADOS Y ARENISCAS DEL EOCENO. Conglomerados poligénicos, areniscas y margas. |
| | Ncg CONGLOMERADOS NEOGENOS. Conglomerados, depósitos deltaicos. |
| | Ocg 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, argilitas 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. |
| | Pic 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

- | | |
|--|---|
| | Pcg PLEISTOCENO-PLIOCENO. Conglomerados, arenas, molasas y calizas arrecifales. |
| | T-Car ARENISCAS DEL TERCIARIO-CRETACICO (Facies Flysch). Areniscas y margas arenosas con intercalaciones de conglomerados, olistolitos, bancos delgados de calizas pelágicas. |
| | Cf FLYSCH CRETACICO. Facies flysch, calcarenitas, margas, calizas y areniscas. |
| | RPf ROCAS PLUTÓNICAS FISURADAS O ALTERADAS. Granitos fisurados o alterados, con depósitos de Lemhs. |
| | RVSt ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS FISURADAS. Rocas clásticas estratificadas, tobas volcánicas, basaltos, aglomerados y rocas volcánicas submarinas. |

FORMACIONES DE BAJA PERMEABILIDAD O CON EXTENSIÓN SUPERFICIAL MUY REDUCIDA, QUE SE CONSIDERAN COMO NO ACUIFERAS O CON ACUIFEROS MUY PUNTUALES Y DE ESCASA O NULA POTENCIALIDAD DE EXPLOTACIÓN

- | | |
|--|---|
| | Qlm CUATERNARIO DEPOSITOS LACUSTRES |
| | PLm-y MARGAS Y YESOS DEL PLIOCENO. Margas facies litoral, yesos, sales de roca, molasas masivas, facies evaporitas. |
| | RVm ROCAS VOLCANICAS MASIVAS. Rioltitas, rioladitas, arriolitas y andesitas. |
| | Om MARGAS OLIGOCENAS. Margas con intercalaciones de areniscas. |
| | MTi METAMORFICO INDIFERENCIADO. Esquistos, esquistos micáceos, mármoles y facies esquistos verdes. |
| | RPi ROCAS PLUTÓNICAS INDIFERENCIADOS. Gabros, complejos gabroides, anfibolitas, gabroanfibolitas, dioritas, rocas ultramáficas. |
| | RPg ROCAS PLUTÓNICAS: GRANITOS |
| | RVS ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS. Rocas clásticas estratificadas, tobas volcánicas, basaltos, aglomerados y rocas volcánicas submarinas. |

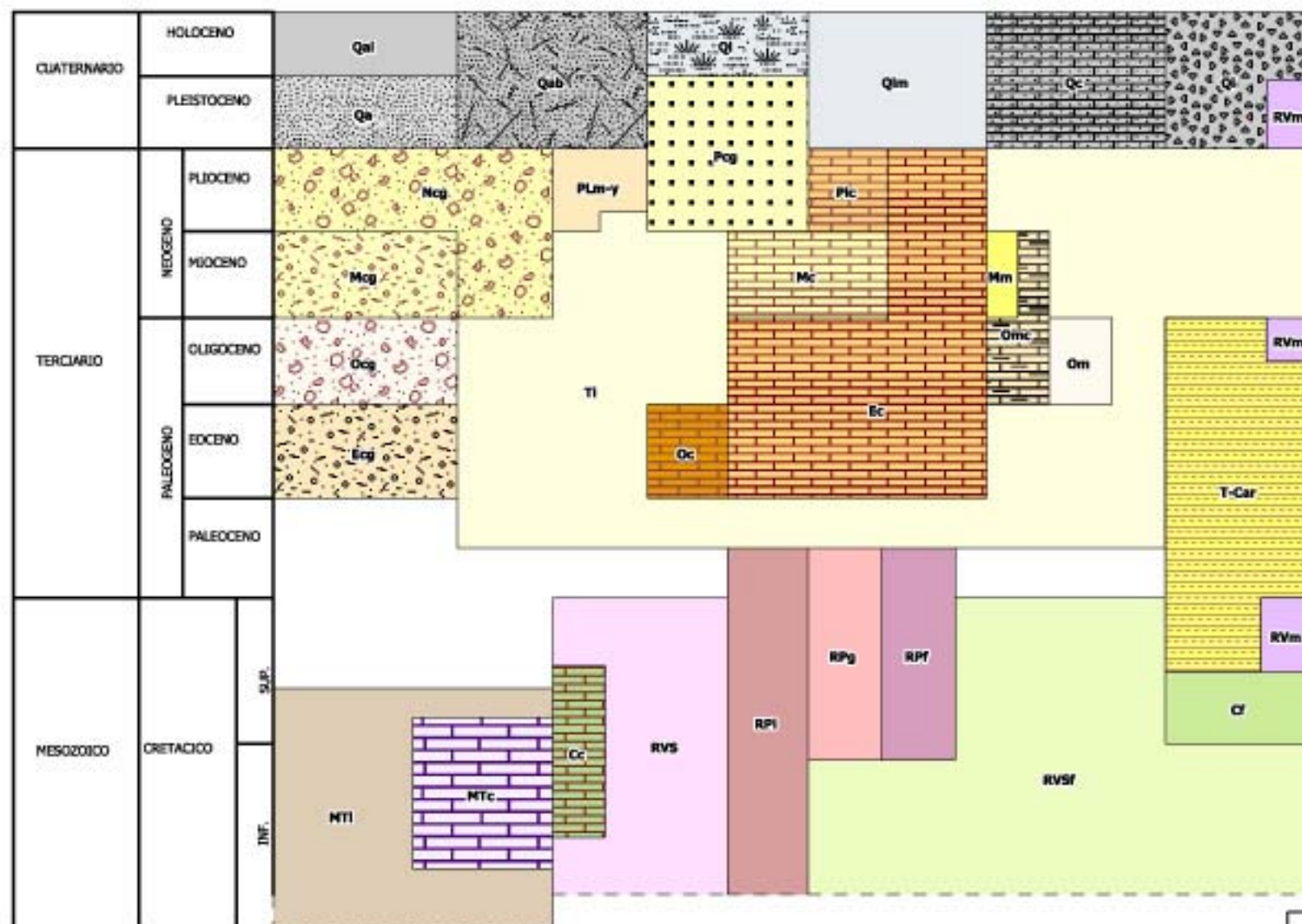
LEYENDA HIDROGEOLÓGICA

REPÚBLICA DOMINICANA



PROGRAMA SYSMIN

OCTUBRE - 2004



LEYENDA CRONOESTRATIGRAFICA

REPÚBLICA DOMINICANA



PROGRAMA SYSMIN Noviembre 2001

