

Cuantificación de los Recursos Hidrogeológicos de las unidades Carbonatadas de la Sierra de Bahoruco, en Republica Dominicana

Santiago Jose Muñoz Tapia, PhD
Director
Servicio Geológico Nacional



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

Contenido

- Localización geográfica, Entorno Socioeconómico
- Orografía, Clima
- Hidrología
- Geología y Tectónica
- Características Hidrogeológicas
- Funcionabilidad Hidrogeológica
- Balance Hídrico
- Descarga del agua
- Conclusiones y Recomendaciones

Localización geográfica, Entorno Socioeconómico

- Las unidades hidrogeológicas de la Sierra de Bahoruco y de la Península Sur de Barahona, se sitúan al suroeste de la isla, formando la Península de Barahona.
- El Valle de Neiba y el Lago Enriquillo separan la Península de Barahona de las Sierras de Neiba y Martín García.
- Sus habitantes se encuentran concentrados en las cercanías de la ciudad de Pedernales, siendo una zona excepcionalmente **muy poco poblada** en comparación con el resto del país.
- Se trata de una zona muy deprimida desde el punto de vista económico, y su principal fuente de ocupación es la agricultura de subsistencia.
- La Minería con la explotación de la Bauxita ha sido un puntal del desarrollo de la provincia de Pedernales
- Existe una fábrica de Cemento y explotación de calizas para el uso de agregados para la construcción.
- El turismo está muy pobremente desarrollado, aunque constituye una fuente importante de ingresos, con planes futuros de desarrollo por el gobierno actual.

Orografía de la Republica Dominicana

Hoya Lago Enriquillo
(46 msnm)

Cordillera Central
Pico Duarte (3,101 msnm)

Sierra de
Bahoruco

Valle de San Juan

Cordillera Septentrional

Cordillera
Oriental

Valle del
Cibao

Llanura Costera Oriental

60% Zona montañosa
40% Valles



Características Orográficas e Hidrológicas

- La Sierra de Bahoruco es un sistema montañoso con características muy diferenciadas de los otros sistemas montañosos de República Dominicana, con numerosos e importantes accidentes geográficos.
- La Loma del Toro tiene 2,367 m.s.n.m.
- El Hoyo de Pelempito es un hundimiento kárstico con 348 m.s.n.m., con 8 km² de extensión,



Características Orográficas e Hidrológicas

- La Sierra esta formada por un sistema de calizas cenozoicas de estructura compleja, falladas y con formaciones Kársticas de gran magnitud.
- El flanco norte que es el más escarpado esta separado de la hoya del Lago Enriquillo por una escalera de fallas.
- El flanco sur termina en una serie de amplias terrazas escalonadas que forman parte de la península de Barahona.
- Las dos unidades Hidrogeológicas: Sierra de Bahoruco tiene una extensión de 3,278 km² y la Península Sur de Barahona de 829 km².



Clima

La precipitación anual media (1.253,3 mm.), que en años climatológicamente húmedos llega a incrementarse en un 12% (176 mm. Por mes) y en secos a reducirse en un 40% (94 mm. Por mes).

Cuadro 4.1.2. Módulo pluviométrico anual (en mm)

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ANUAL (mm)
4986	BARAHONA	921.9
5101	VILLA NIZAO	2 298.5
5103	POLO (MET)	1 536.6
5201	PEDERNALES	724.0
5202	ENRIQUILLO (MET)	2 411.0
5302	PUERTO ESCONDIDO	614.7
5312	ANGOSTURA	528.0
5321	JIMANI (MET)	991.6
	MEDIA	1 253.3

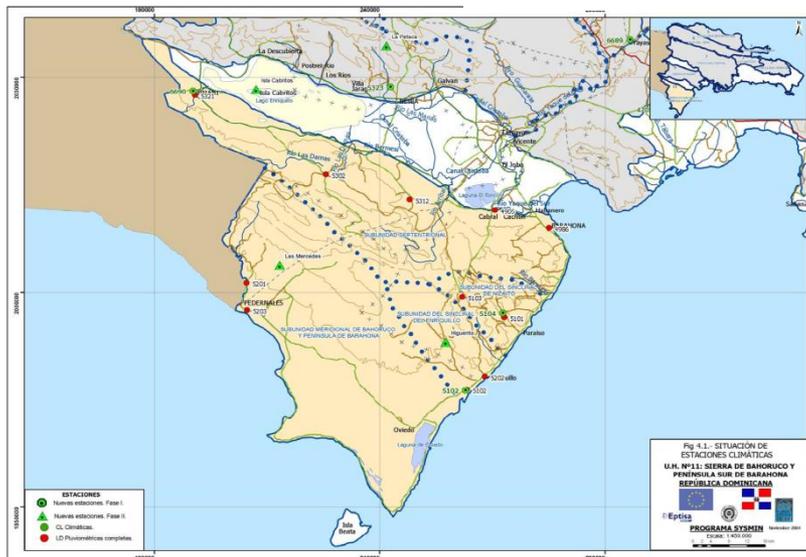
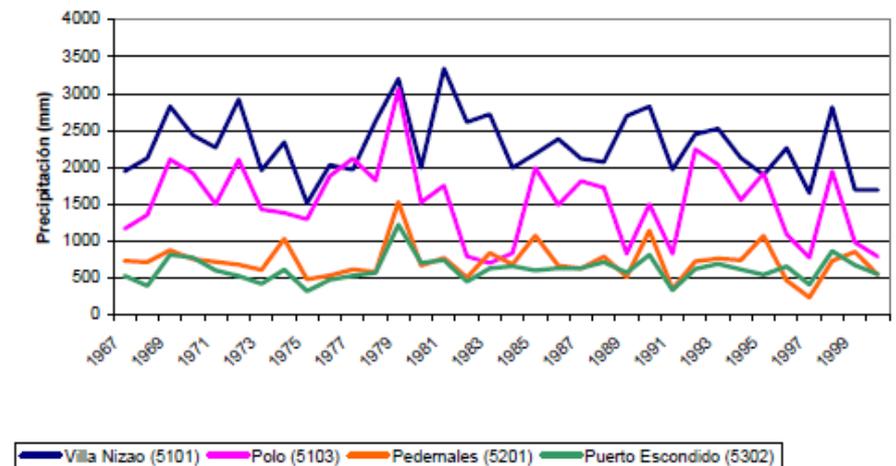


Fig. 4.3 Evolución interanual de la precipitación



Características Hidrológica

- La hidrografía se caracteriza por ríos secos y cañadas secas.
- Al Sur del río Nizaito y del río Los Patos (manantial a unos pocos metros de la línea de costa, ningún curso de agua superficial desemboca en el mar Caribe.
- El río Pedernales, en el sector noroeste, que desemboca en el mar Caribe y limita la unidad con el territorio haitiano.
- El sector septentrional centro-occidental, los ríos que nacen dentro de la unidad salen de ella descargando hacia la Hoya de Enriquillo (río las Damas y Benasi o Lemba.
- Se infiltran en las calizas eocenas (Ec), es el caso del río Arriba, en la zona de los Saladillos.
- El sector oriental, en la cual la red hidrográfica (ríos Bahoruco, Nizaito y Sito) forman pequeñas cuencas que descargan directamente hacia el mar Caribe.

MAPA DE ISOYETAS EN (mm) Año medio

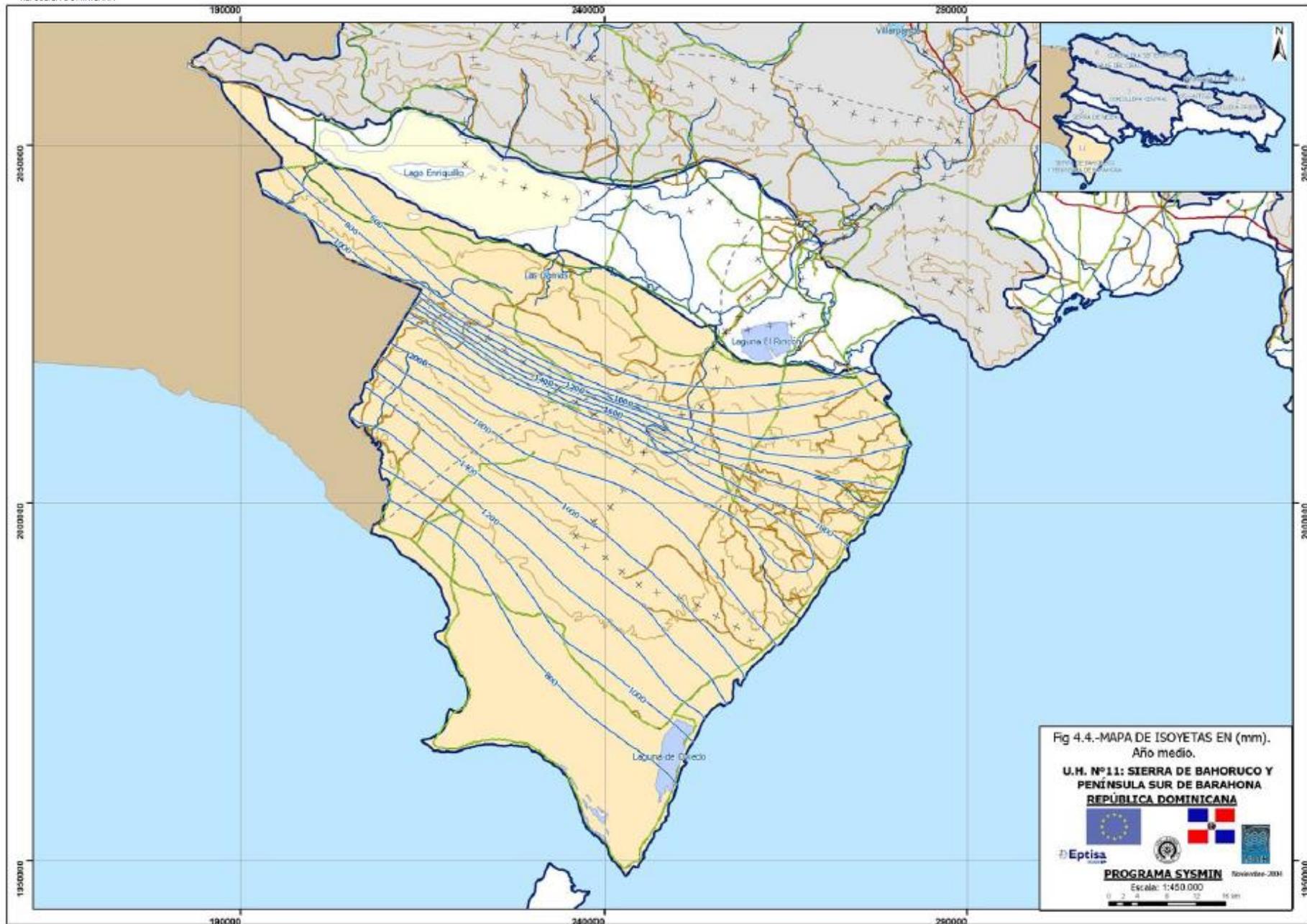


Fig 4.4.-MAPA DE ISOYETAS EN (mm).
Año medio.

**U.M. Nº11: SIERRA DE BAHORUCO Y
PENÍNSULA SUR DE BARAHONA
REPUBLICA DOMINICANA**



PROGRAMA SYSMIN Noviembre-2004

Escala: 1:450.000

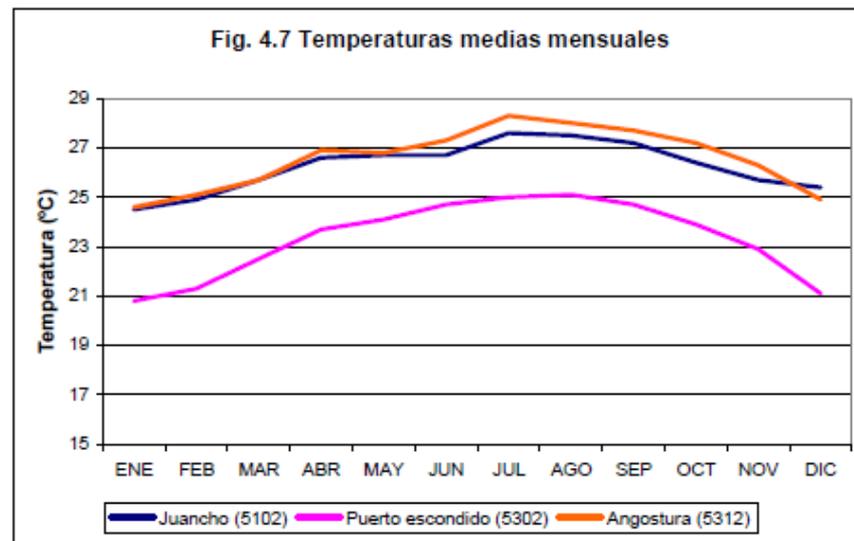
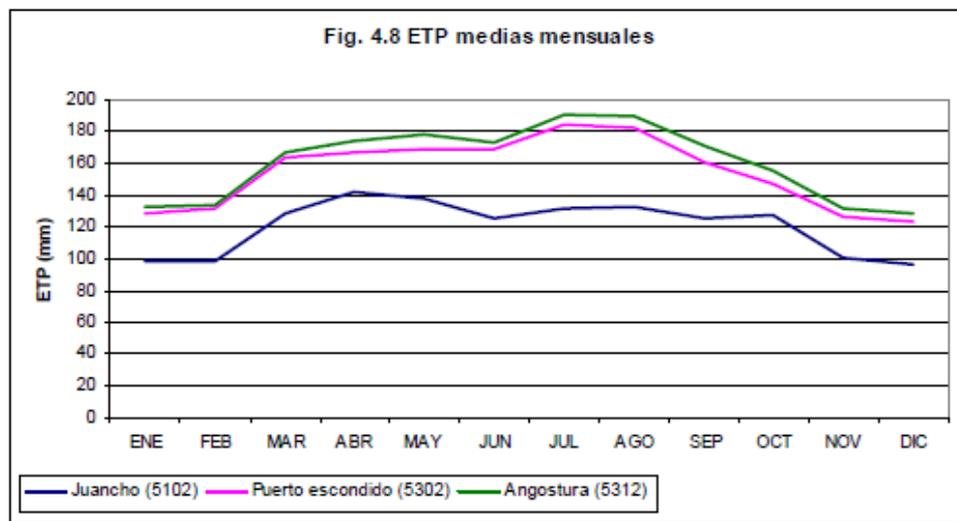


EVAPOTRANSPIRACION

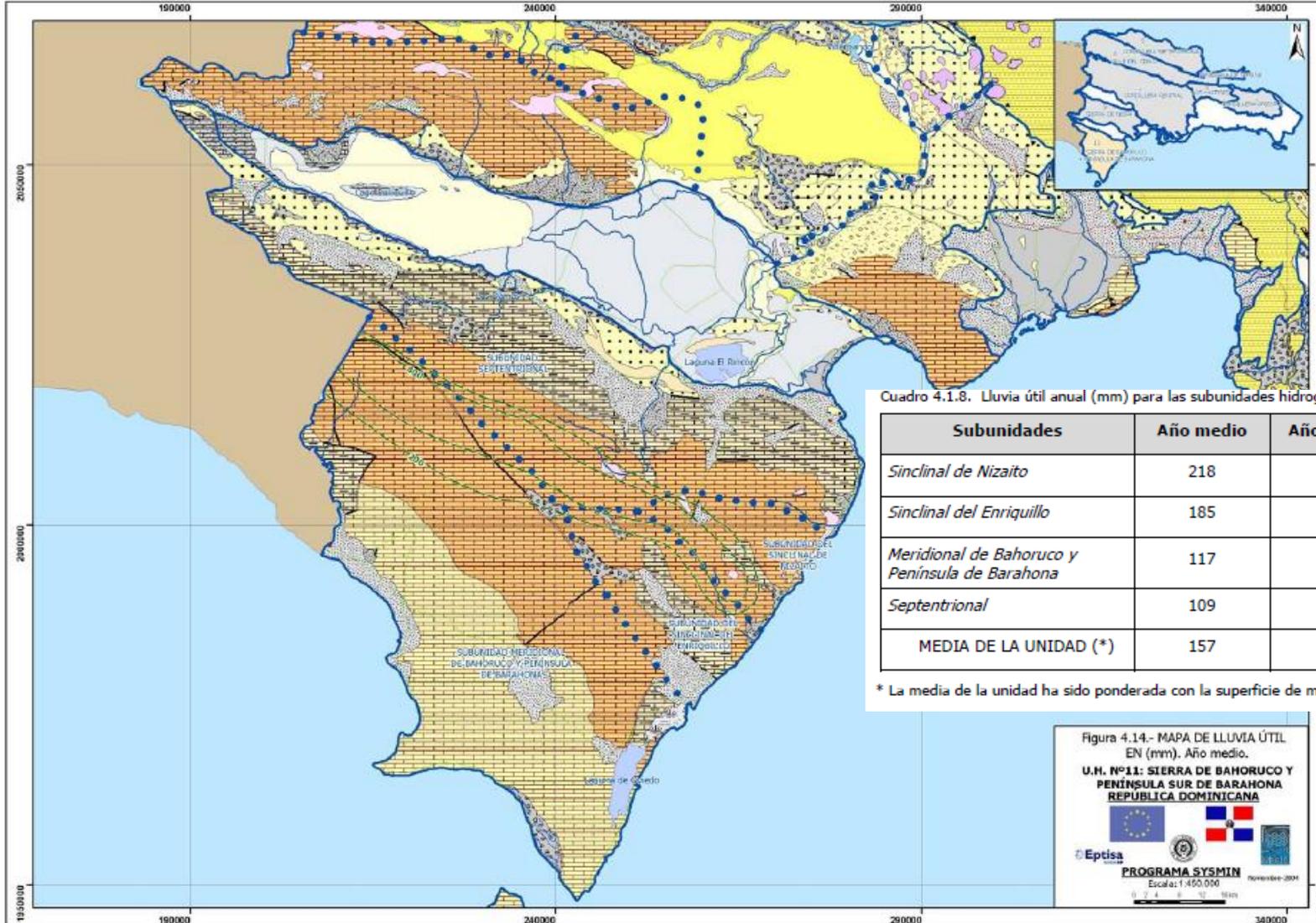
En la figura 4.8 se presenta la distribución de la evapotranspiración ETP para las tres estaciones consideradas.

Los valores mínimos de ETP se encuentran en noviembre, diciembre, enero y febrero, mientras que los máximos aparecen entre julio y agosto

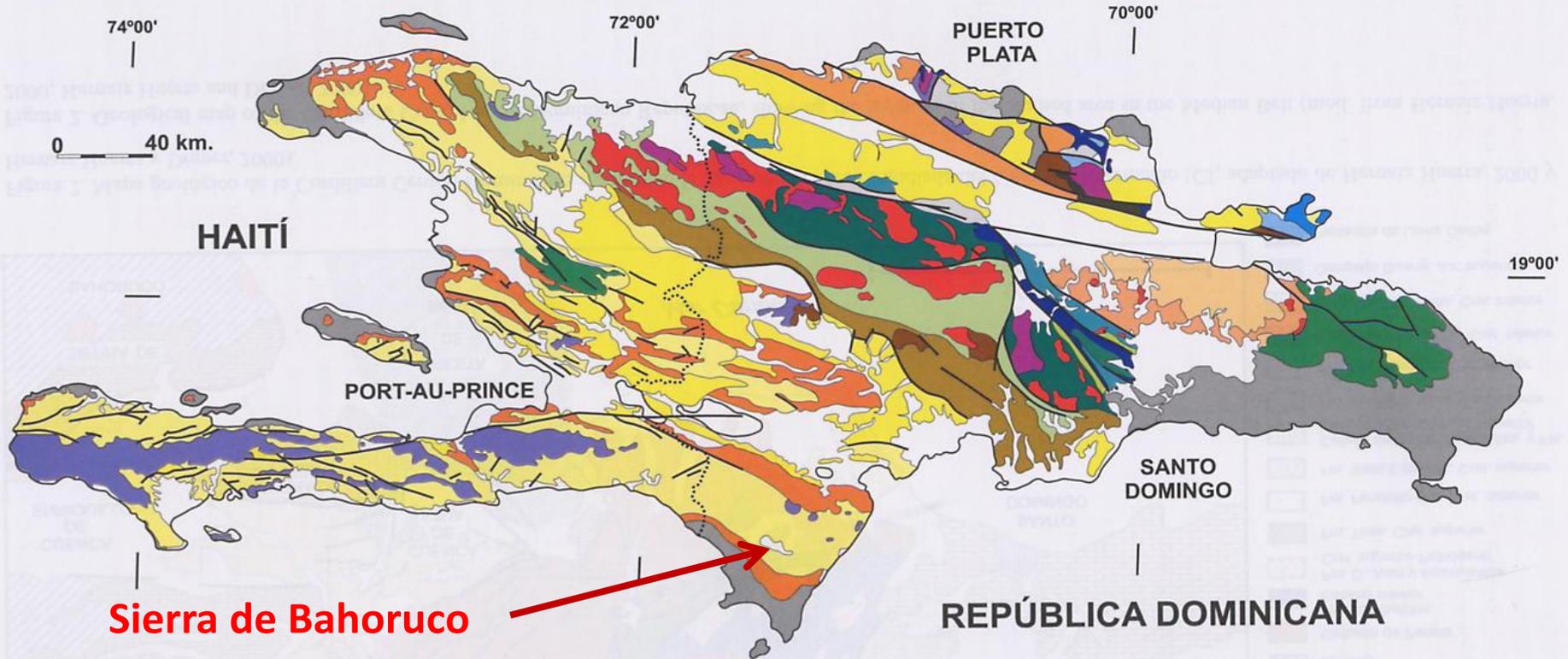
CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
5102	JUANCHO	26.5
5302	PUERTO ESCONDIDO	23.2
5312	ANGOSTURA	23.8



MAPA DE LLUVIA UTIL EN (mm) año medio



MAPA GEOLÓGICO DE LA ESPAÑOLA



Sierra de Bahoruco

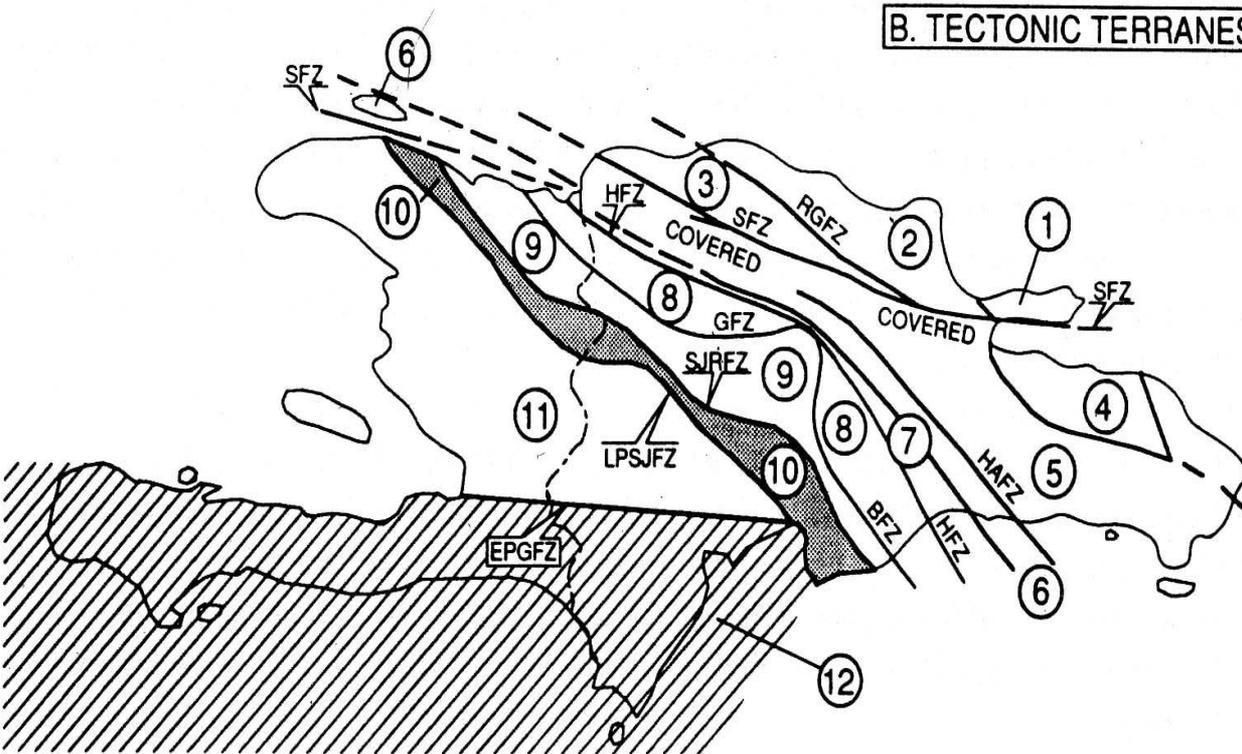
- | | | | | |
|--|---|----------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Aluvial | Rocas Eocenas | Basaltos, generalmente oceánicos | Mármoles | Fm. Peralvillo-Siete Cabezas |
| Arrecifes Pliocenos y Pleistocenos | Cinturón de Peralta | Gabros | Esquistos de alta-P | Fm. Los Ranchos |
| Rocas siliciclásticas Miocenas-Pliocenas | Calizas y rocas volcánicas del Cretácico superior | Serpentinitas | Anfibolitas | Complejo Río Verde |
| Caliza de Los Haitises | Grupo Tireo | Brecha tectónica (melange) | | Complejo Duarte |
| Calizas Oligocenas-Miocenas | | Granitoides | | Formación Maimón |
| Conglomerados Oligocenos y Miocenos | | | | Grupo Mamey |

Características geológica Sierra de Bahoruco

- Corresponde a un potente conjunto de sedimentos calcáreo marinos del Cenozoico (Eoceno-Mioceno), depositados sobre un complejo basamento de rocas ígneas de edad cretácica.
- Los depósitos carbonatados presentan un importante desarrollo kárstico superficial y amplias depresiones, con origen combinado estructural y kárstico, que actúan como sumideros y cuyas descargas subterráneas no se conocen todavía suficientemente.
- Se identifica un amplio sistema de fallas que dan origen a diversos valles intramontañosos de mediana y pequeña extensiones.
- Cabalgamientos de las calizas del Eoceno sobre las del Oligoceno y grandes hundimientos kársticos, que se convierten en lagunas.

Terreno Hotte-Selle-Bahoruco, Zona de Falla Enriquillo-Plantain Garden

B. TECTONIC TERRANES



Terrenos Tectónicos de la Hispaniola

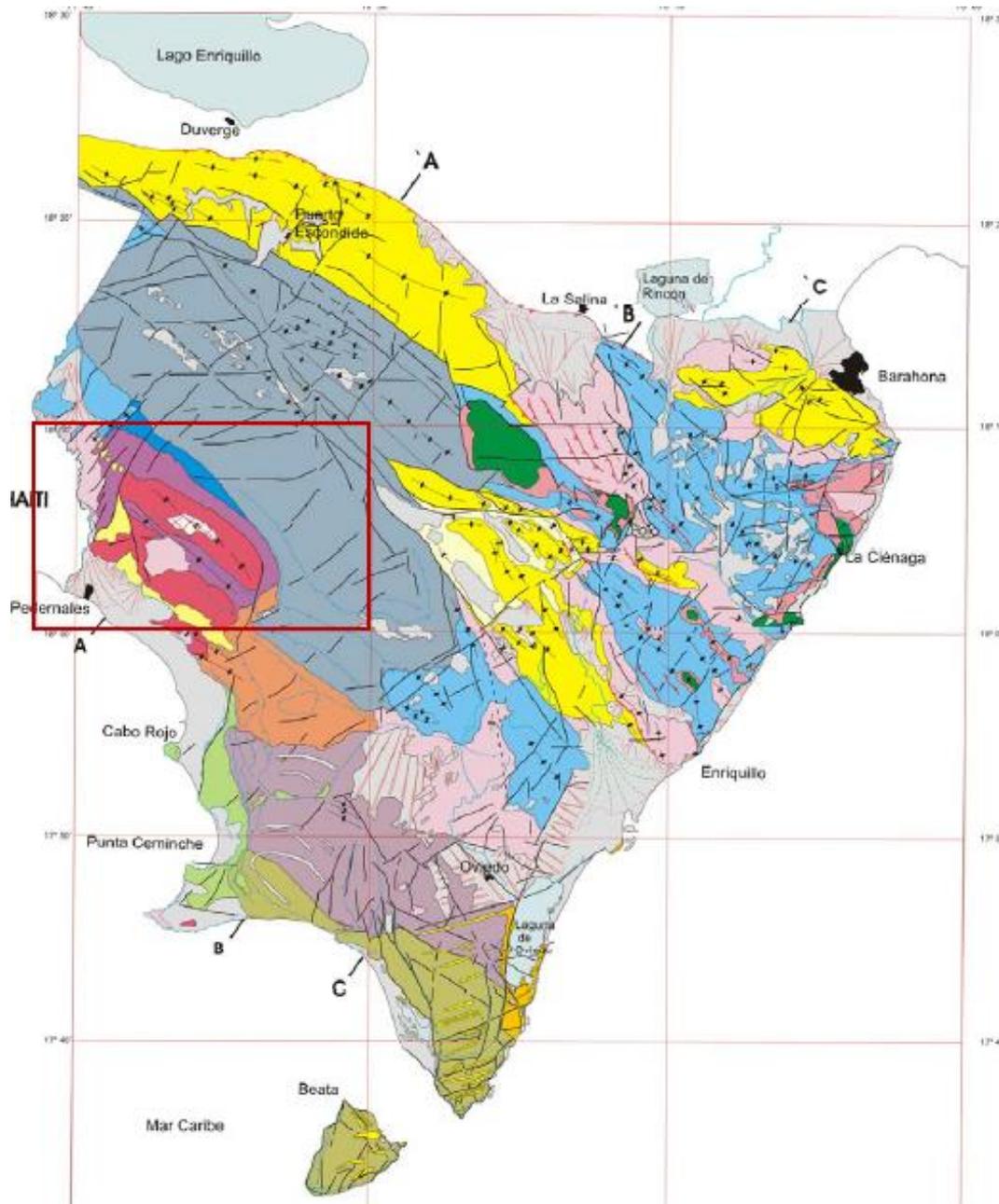
- 1.- Samana
- 2.- Puerto Plata-Rio San Juan
- 3.- Altamira
- 4.- Oro
- 5.- El Seibo
- 6.- Maimón-Amina
- 7.- Peridotita
- 8.- Duarte
- 9.- Tireo
- 10.- Cinturon Peralta
- 11.- Neiba
- 12.- Bahoruco

Mapa Geológico de la Sierra de Bahoruco

SIERRA DE BAHORUCO

LEYENDA

- Dipwélite Cuatamarine
- Abanicos aluviales, Pleistoceno-Holoceno
- Glacis, Holoceno
- Abanico deltaico del Juancho, Holoceno
- Dunas, Holoceno
- Bauxita, Pleistoceno-Holoceno
- Corales antiguos, Pleistoceno ?
- Ud. de La Cueva, Mioceno superior
- Ud. Maniel Viejo, Mioceno medio
- Ud. De Barahona, Mioceno medio
- Gr. Pedernales, Ud. de Loma de Pabique, Mioceno medio
- Gr. Pedernales, Ud. Las Mercedes, Mioceno inferior
- Gr. Pedernales, Ud. Loma del Guano, Oligoceno superior-Mioceno inferior
- Gr. Pedernales, Ud. Quemados de Basilio, Oligoceno superior-Mioceno inferior
- Gr. Pedernales, Ud. Sitio Nuevo, Oligoceno superior-Mioceno inferior
- Gr. Pedernales, Ud. Aguas Negras, Oligoceno superior
- Ud. Aceitillar, Eoceno medio-Oligoceno inferior
- Ud. Trudillé, Eoceno medio-Oligoceno inferior
- Fm. Neiba, Mb. superior, Oligoceno inferior-Mioceno inferior
- Fm. Neiba, Mb. inferior, Eoceno superior-Oligoceno inferior
- Ud. de Polo, Eoceno medio-superior
- Fm. Dumisseau, Basaltos, tobas y tuffas, Cretácico Superior
- Eje de pliegue sinclinal
- Eje de pliegue anticlinal
- Cabalgamiento
- Acanillado fosil
- Falla





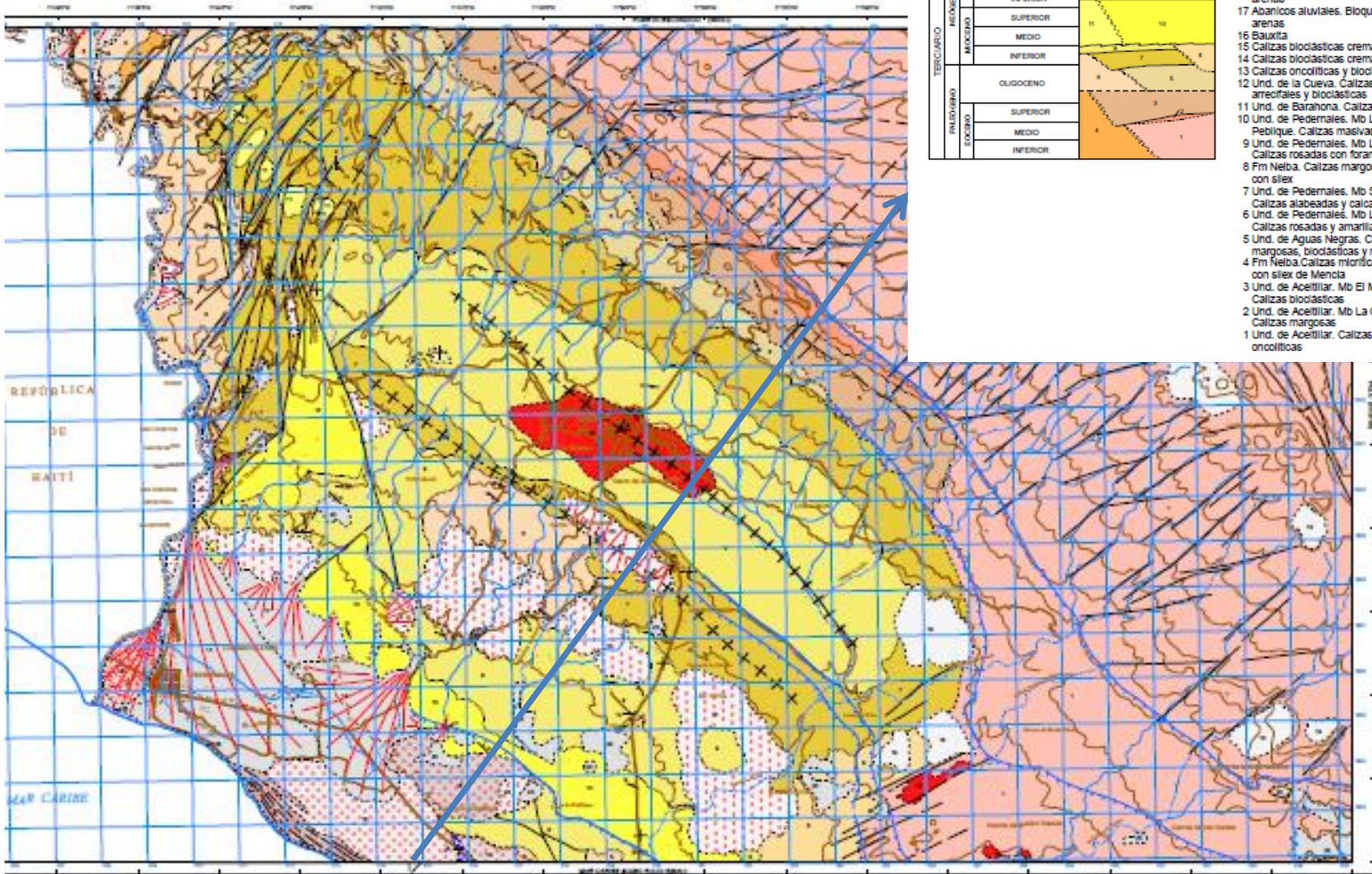
SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

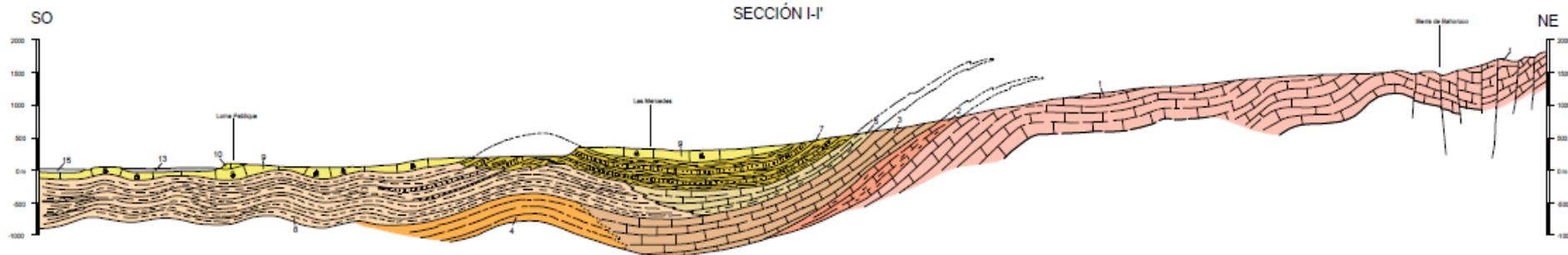
Mapa Geológico de Pedernales

LEYENDA

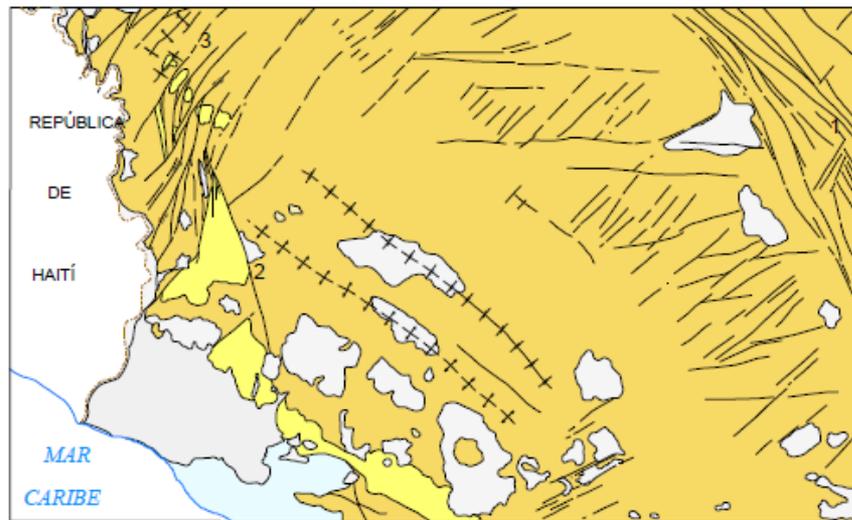
CUATERNARIO			
HOLOCENO		[Symbol]	
PLEISTOCENO		[Symbol]	
TERCIARIO	MIOCENO	SUPERIOR	12
		MEDIO	
		INFERIOR	
	OLIGOCENO	SUPERIOR	11
		MEDIO	10
		INFERIOR	9
PALEÓGENO	SUPERIOR	8	
	MEDIO	7	
	INFERIOR	6	

- 28 Córdón arenoso. Arenas
- 27 Córdón arenoso. Arenas
- 26 Laguna costera. Limos
- 25 Campo dunar. Arenas edáficas
- 24 Depósitos de fondo de valle. Gravas, bloques, arenas y lutitas
- 23 Coluviones. Gravas y arcillas
- 22 Terrazas bajas. Gravas y arenas
- 21 Brechas calcáreas cementadas
- 20 Arcillas rojas de descalcificación
- 19 Coluviones. Arcillas rojas con cantos
- 18 Albaricos aluviales. Bloques, gravas y arenas
- 17 Albaricos aluviales. Bloques, gravas y arenas
- 16 Bauxita
- 15 Calizas bioclásticas crema
- 14 Calizas bioclásticas crema
- 13 Calizas oncolíticas y bioclásticas grises
- 12 Und. de la Cueva. Calizas blancas-areolales y bioclásticas
- 11 Und. de Barahona. Calizas blancas-beige
- 10 Und. de Pedernales. Mb Loma de Peblique. Calizas masivas rosadas
- 9 Und. de Pedernales. Mb Las Mercedas. Calizas rosadas con foraminíferos
- 8 Fm Nelba. Calizas margosas y tableadas con sílex
- 7 Und. de Pedernales. Mb Sitio Nuevo. Calizas alabeadas y calcarenitas
- 6 Und. de Pedernales. Mb Loma del Guano. Calizas rosadas y amarillas
- 5 Und. de Aguas Negras. Calizas margosas, bioclásticas y micríticas
- 4 Fm Nelba. Calizas micríticas beige-crema con sílex de Mencla
- 3 Und. de Acetililar. Mb El Mogote. Calizas bioclásticas
- 2 Und. de Acetililar. Mb La Compañía. Calizas margosas
- 1 Und. de Acetililar. Calizas masivas, oncolíticas





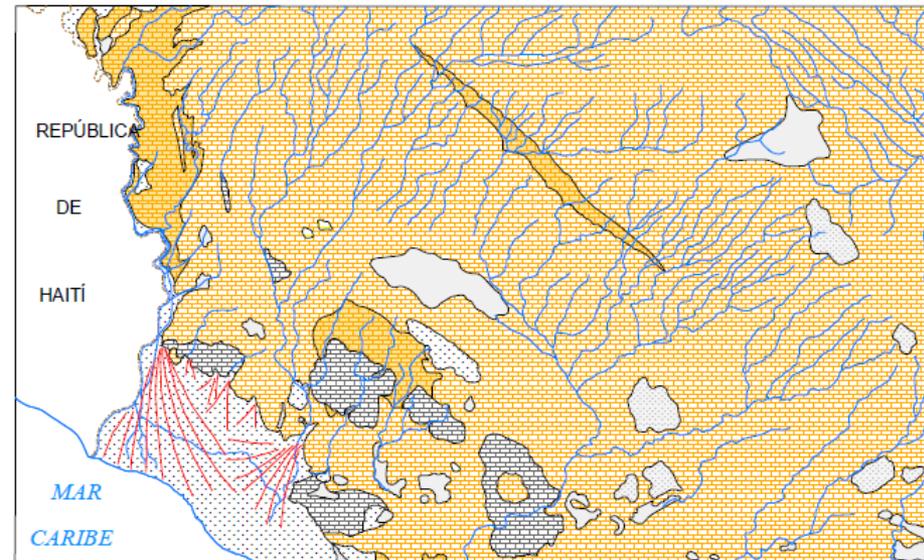
ESQUEMA TECTÓNICO



Escala 1:200.000

- | | |
|--|--|
| Depósitos cuaternarios indiferenciados | Unidad de Barahona y equivalentes: Mb Loma de Peblique, Mariel Viejo y Las Mercedes. Mioceno-Plioceno |
| Depósitos cuaternarios de abanicos aluviales y piedemontes | Fms Nelba, Acetililar y equivalentes: Aguas Negras, Polo, Trudillé, Quemados de Basillo y Loma del Guano. Paleógeno-Mioceno inferior |
| Depósitos cuaternarios de origen marino-litoral | |
| Unidad de Las Cuevas. Plioceno-Pleistoceno inferior | |
- ESTRUCTURAS PRINCIPALES**
1. Zona de falla del Pelempito
 2. Falla de Cañada Robinson
 3. Zona de falla del río Mulito

ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO

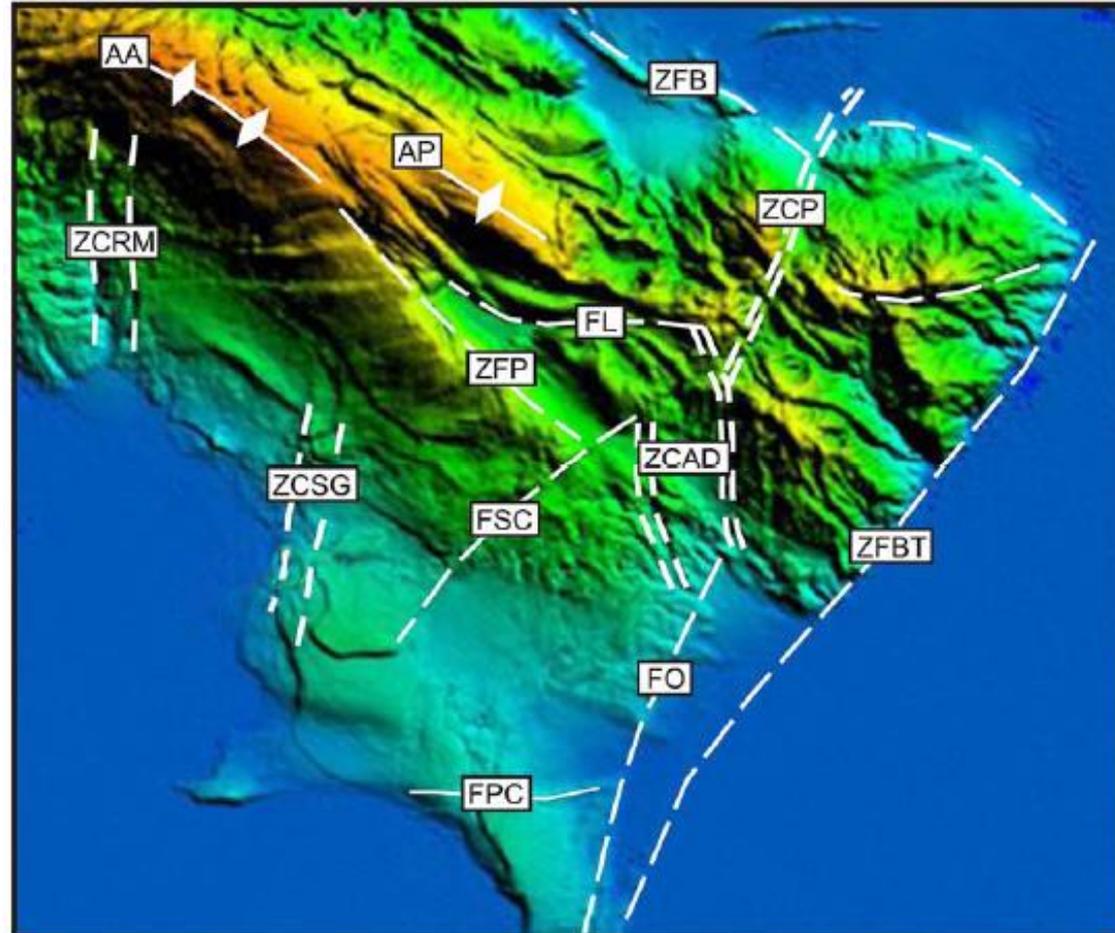


Escala 1:200.000

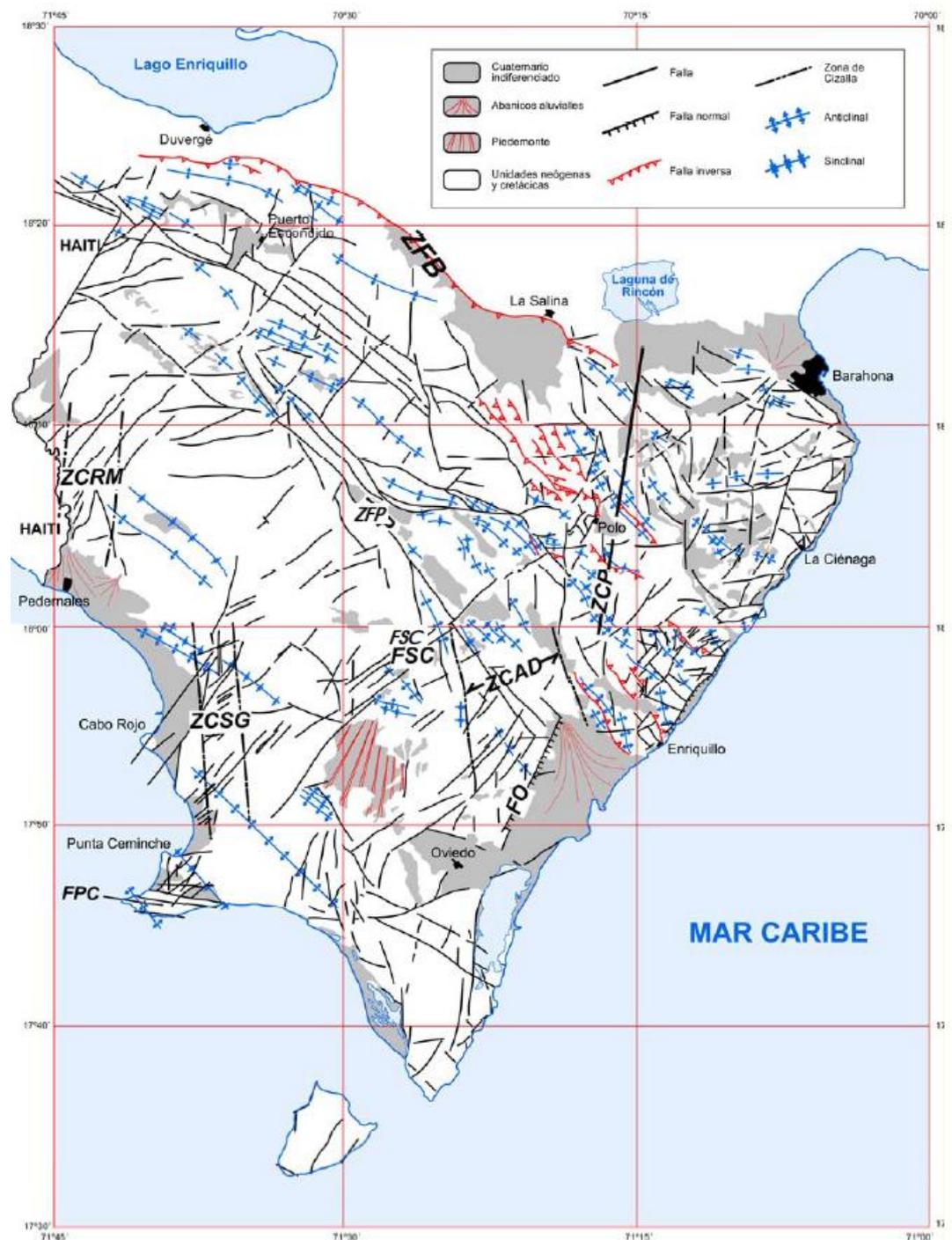
- | | |
|---|---|
| Permeabilidad alta por karstificación. Calizas y brechas | PALEÓGENO-NEÓGENO Permeabilidad alta por fisuración y karstificación. Calizas |
| Permeabilidad alta por porosidad intergranular. Gravas, arenas y bloques | Permeabilidad alta a media por fisuración. Calizas margosas |
| Permeabilidad media a baja por porosidad intergranular. Arcillas con cantos | |
| Permeabilidad baja. Arcillas de descalcificación, limos y Bauxita | |
- MIOCENO-PLIOCENO**
- | |
|---|
| Permeabilidad muy alta por karstificación y fisuración. Calizas arrecifales |
|---|

AA: Anticlinal de Aceitillar.
AP: Anticlinal de los Pinos.
ZCRM: Zona de Cizalla de Rio Mulito.
ZCSG: Zona de Cizalla de Sabana Guaraten.
ZFP: Zona de Falla de Pelempito.
FPC: Falla de Punta Ceminche.
FSC: Falla de Sabana de los Candelones.
FL: Falla de Limonal.
FO: Falla de Oviedo.
ZCAD: Zona de Cizalla de Arroyo Dulce.
ZCP: Zona de Cizalla de Polo.
ZFBT: Zona de Falla de Beata.
ZFB: Zona de Falla de Bahoruco.

Modelo digital del terreno de la Península de Bahoruco, presenta el relieve de las estructuras mas representativas



- AA: Anticlinal de Aceitillar.
- AP: Anticlinal de los Pinos.
- ZCRM: Zona de Cizalla de Rio Mulito.
- ZCSG: Zona de Cizalla de Sabana Guaraten.
- ZFP: Zona de Falla de Pelempito.
- FPC: Falla de Punta Ceminche.
- FSC: Falla de Sabana de los Candelones.
- FL: Falla de Limonal.
- FO: Falla de Oviedo.
- ZCAD: Zona de Cizalla de Arroyo Dulce.
- ZCP: Zona de Cizalla de Polo.
- ZFBT: Zona de Falla de Beata.
- ZFB: Zona de Falla de Bahoruco.

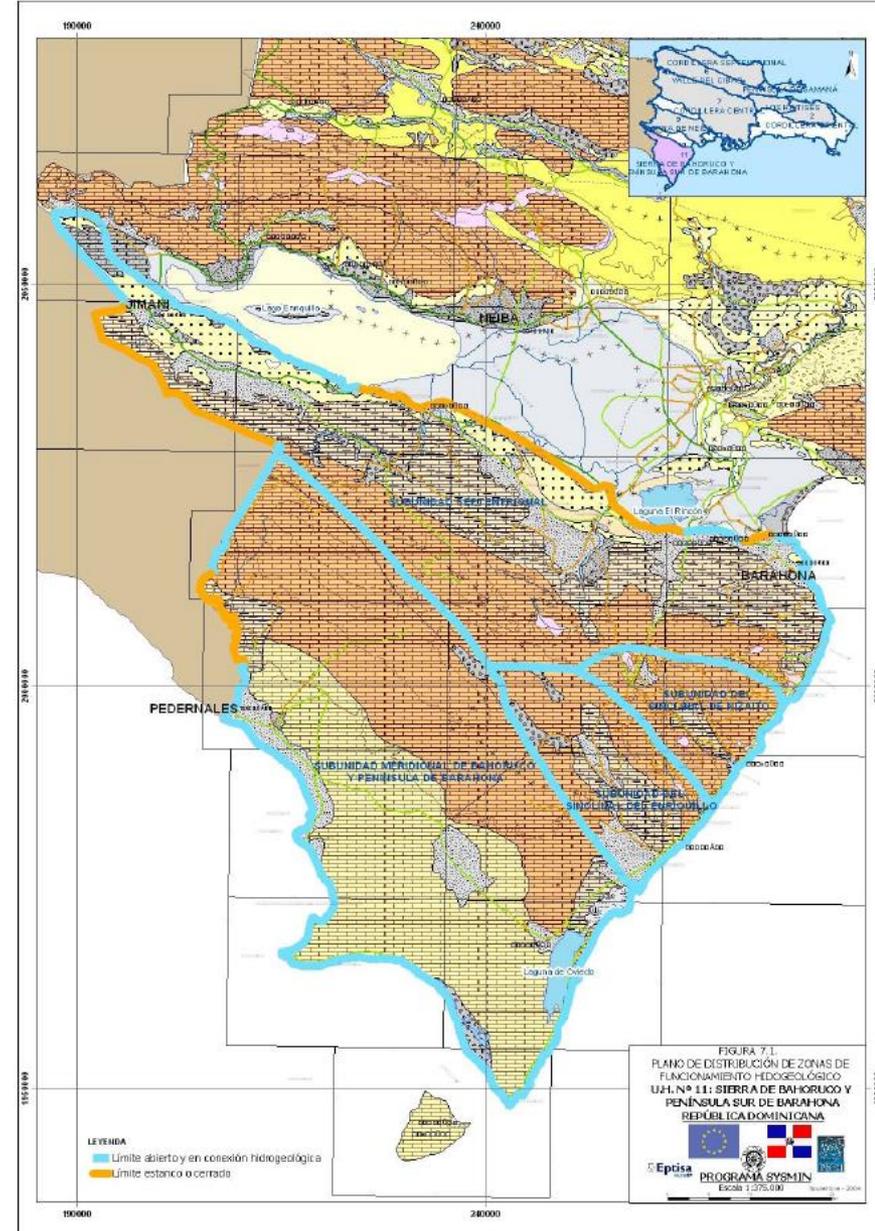


Caracterización Hidrogeológica

- Los **materiales carbonatados cenozoicos de origen marino** (con una **extensión superficial total de 2.563 km²**), conforman un **extenso acuífero carbonatado con permeabilidad por fracturación**, en el que se ha desarrollado un proceso de **karstificación avanzada**, sobre todo en sus subunidades más meridionales.

- Los **principales niveles acuíferos carbonatados** los constituyen las **calizas blancas del Eoceno-Oligoceno (Ec)** y las **calizas rojizas del Mioceno (Mc)**.

Su disposición estructural hace que funcionen como un **acuífero único y conjunto**, con **permeabilidad alta por fracturación-kárstificación** y clasificación dentro del grupo de **formaciones fisuradas de gran extensión superficial y alta permeabilidad y productividad**. Fuente Sysmin I



Funcionamiento hidrogeológico

- **Cotas de recarga entre los 1.250 y los 2.100 m.s.n.m.** (sectores de Jimani, Duverge, La Salina, Cabral-Cachón, Pedernales y Arroyo Dulce).
- En la Subunidad Meridional de la Sierra de Bahoruco y de la Península Sur de Barahona:
- Flujos de direcciones predominantes N-S y NE-SO en el sector de Pedernales (a favor de estructuras y lineamientos tectónicos y a una zona de compresión tectónica, relacionada con sistemas de fracturación-fisuración no excesivamente desarrollados).

- Mediante isótopos estables se obtuvieron dos tipos de tiempos de residencia del agua subterránea: **el 65% corresponden a valores medios de 2 años, relacionados con estructuras y lineamientos tectónicos NO-SE y con zonas de dilatación tectónica con fisuras amplias.**
- **Mientras que el 35% restante corresponden a valores medios de 4 años, relacionados con estructuras y lineamientos tectónicos N-S y NE-SO y con zonas de compresión tectónica con fisuras más estrechas. En ambos casos, constituyen un razonable margen de tiempo para poder regular y explotar sus recursos subterráneos.**
- **Fuente: Estudio Hidrogeológico Nacional, Sysmin I**

Recarga

- Estimada en **250 Hm³/años** hidrológicamente medios, en el *“Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana. Fase II”* (UE-INDRHI-EPTISA, 2002-2004). En años húmedos puede multiplicarse por dos (515 Hm³) y en secos dividirse por dos (110 Hm³).
- Se produce por **cuatro vías preferentes**: **Infiltración directa del agua de la lluvia** (del orden del 5% de la pluviometría total y el 20% de la recarga total), **infiltración desde cauces superficiales** (escasa y muy localizada: río Arriba en Saladillos, y cañadas Tierra, Guajaca, Cercado, Punta Vieja, La Ceiba y Robisón), **entradas laterales** (1,2% de la recarga total) y **retornos de riego e infiltración desde canales** (12% de la recarga total).

SUBZONAS	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 Y DESDE CAUCES SUPERFICIALES (en hm ³)	VOLUMEN DE RECARGA ANUAL POR RETORNO DE RIEGO (en hm ³)	ENTRADAS LATERALES PROCEDENTES DE ZONAS O UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS CONTIGUAS (en hm ³)	VOLUMEN TOTAL DE RECARGA TOTAL ANUAL (en hm ³)
SEPTENTRIONAL	38	963	37	10-13	3	50-53
SINCLINAL DE NIZAITO	80	215	17	0	0	17
SINCLINAL DE ENRIQUILLO	64	264	17	6-8	0	23-25
MERIDIONAL Y PENÍNSULA SUR DE BARAHONA	80	1 834	146	9-12	0	155-158
TOTALES	66	3.276	217	25-33	3	245-253

Descarga

- Se produce por tres vías preferentes: descargas laterales al mar y conexiones con unidades contiguas (122 Hm³/año medio, el 48% de las descargas totales), descargas a través de cauces superficiales o por manantiales (unos 91 Hm³/año medio, el 35% de las descargas totales, producidas por los ríos Bahoruco, Nizaito, Pedernales, Las Damas, La Zurra y Arriba) y descargas por extracciones (entre 38 y 46 Hm³/año, que suponen el 17% de las descargas totales y que se destinan a usos agrícolas y abastecimientos urbanos).

SUBZONA	DRENAJES POR CAUCES SUPERFICIALES Y MANANTIALES (en hm ³ /año)	DESCARGAS AL MAR O POR CONEXIONES LATERALES (en hm ³ /año)	EXTRACCIONES POR BOMBEOS (en hm ³ /año)	DESCARGAS TOTALES (en hm ³ /año)
SEPTENTRIONAL	25	-	26-30	51-55
SINCLINAL DE NIZAITO	16	-	1-2	17-18
SINCLINAL DE ENRIQUILLO	-	24	1	25
MERIDIONAL Y PENÍNSULA SUR DE BARAHONA	50	98	10-13	158-161
TOTALES	91	122	38-46	251-259

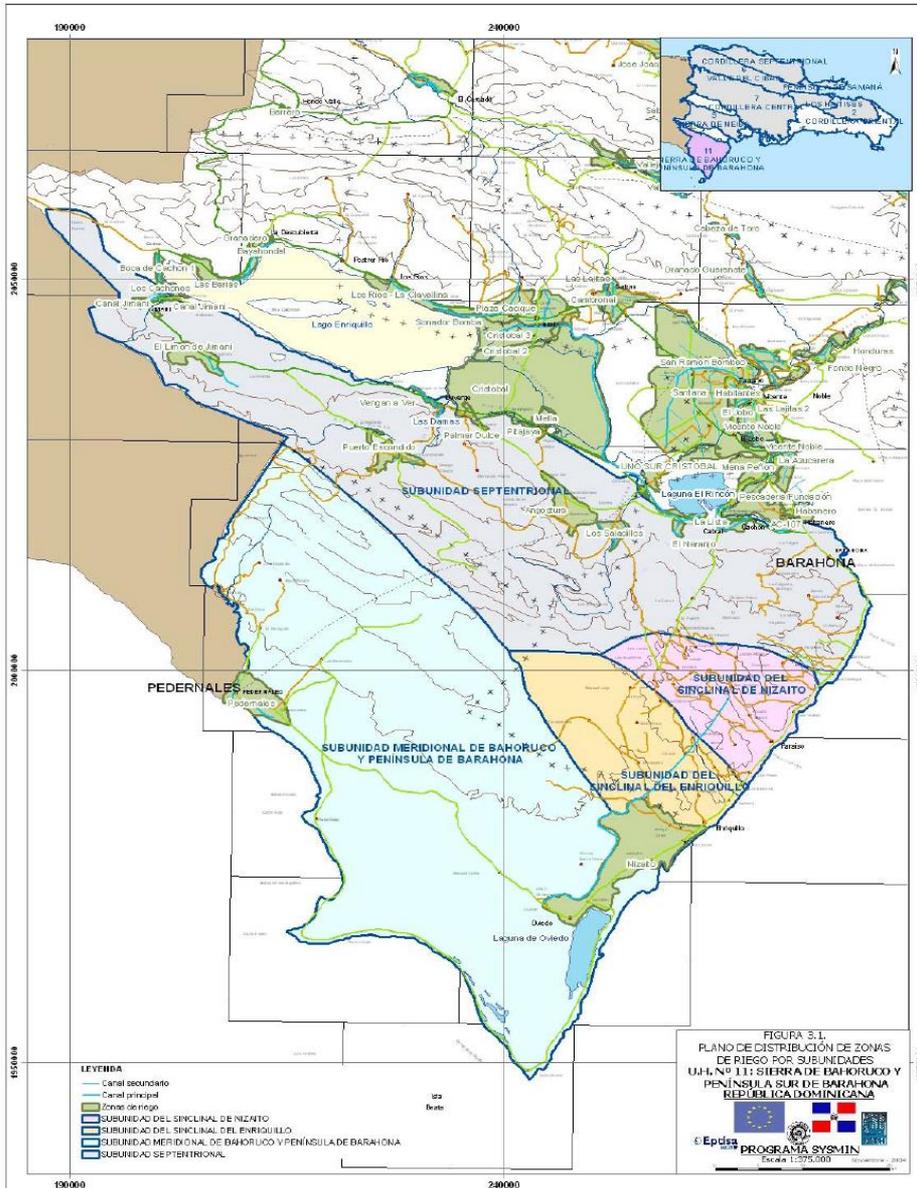


FIGURA 3.1.
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS
DE RIEGO POR SUBUNIDADES
U.I.L.N.P. II SIERRA DE BAHORUCO Y
PENINSULA SUR DE BAHORUCA
REPÚBLICA DOMINICANA

Sistemas de riego dentro de la unidad

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

Distritos de Riego	Zonas de Riego	Sistemas de Riego	Superficie irrigada (ha)	Fuente suministro de agua
Yaque del Sur	Barahona	Angostura	1956.23	Río Bermesí/acuífero
		Los Saladillos	691.68	Río Lamba/acuífero
		El Naranjo	198.33	Chacón el Naranjo
		La Lista	35.94	Cachones
		El Majagual	280.75	Cachones
		Helena	65.39	Cachones
		AC-107	42.14	Río Yaque del Sur
	Nizaïto	9,190.98	Nizaïto	
	Pedernales *	Pedernales	2,145.69	Río Pedernales
Lago Enriqueillo	Duvergé	Puerto Escondido	1,117.27	Río las Manos
		Venga a Ver	190.25	Río las Damas
		Cristóbal	911.10	Laguna Rincón
		Palmar Dulce	235.33	Río las Damas
		Pitajaya	154.24	Río Guayabal
		Los Cerros	8.05	Río Guayabal
	Jimaní	Canal Jimaní	348.46	Río Solieot
	El Limón de Jimaní	1,300.05	Acuífero	

*Subzona de riego

Conclusiones y Recomendaciones

- **Construcción de sondeos de investigación y piezométrico**

La escasez de información piezométrica referente al principal acuífero de las dos unidades del estudio.

- **Construcción de sondeos de investigación y preexplotación para abastecimiento a núcleos urbanos con mas de 1000 habitantes.**

Actualmente la mayor parte de los núcleos urbanos que se integran dentro del área de las unidades de la Sierra de Bahoruco y la Península Sur de Barahona se abastecen de pozos poco profundos (menores de 30 metros), que explotan en su mayoría de acuíferos detríticos y libres de dimensiones muy variables.

- **Realización de ensayos de bombeo y muestreo hidroquímico a diferentes profundidades**

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

Intrusión salina

Materiales carbonatados de Pedernales y Península sur de Barahona





GRACIAS

Tel. (809) 732 0363

(809) 689 2769

www.sgn.gob.do

smunoz@sgn.gob.do



Servicio Geológico Nacional
SGN
República Dominicana

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
República Dominicana

Geociencias
para el desarrollo
y mejor calidad de vida



Av. Winston Churchill No 75, Edif. J. F. Martinez, 3er Piso, Ensanche Piantini, Santo Domingo, Rep. Dominicana