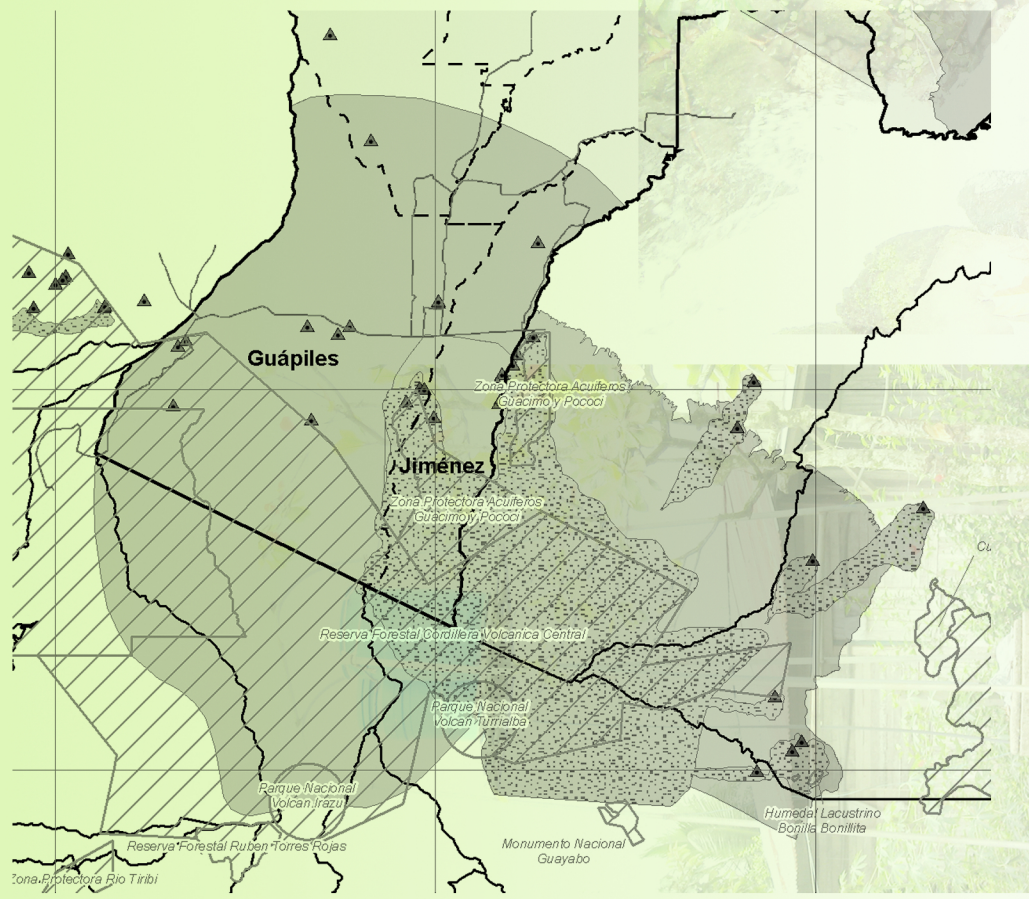


# Estudio Hidrogeológico en el cantón de Pococí y las partes altas al sur del cantón de Guácimo, alrededores de la Zona Protegida Guácimo y Pococí



**Elaborado por:**

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS).

**Para:**

Conservación del bosque y el desarrollo sostenible en las zonas de amortiguamiento en el Caribe Norte de Costa Rica (COBODES).

Julio del 2006



**Elaborado por:**

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

**Consultor**

Hidrogeólogo Marcelino Losilla.

**Coordinación**

Ing. Luis Manuel Zamora G.

Ing. Johanna Salas J.

**Asistentes:**

Pablo García.

José Luis Ugalde.

Danilo Jiménez.

Diego Hidalgo.

Javier Zamora.

Steven Salas.

Jorge Zamora.

**Portada**

Arq. Ignacio Castillo.

**Para:**

Conservación del bosque y el desarrollo sostenible en las zonas de amortiguamiento en el Caribe Norte de Costa Rica (COBODES).

**Julio 2006**

## Índice general

	Página
1 Introducción.....	1
2 Diagnóstico.....	3
2.1 Clima.....	3
a. Sector Montañoso.....	4
b. Sector de Abanicos Aluviales.....	5
c. Sector de Llanura Aluvial y Litoral marino.....	6
d. Características climáticas generales del cantón de Pococí y Guácimo.....	7
2.2 Geología y Geomorfología.....	10
a. Unidades 2.26 y 2.27 – Volcanes Irazú y Turrialba.....	10
b. Unidades 3.22 y 3.23 – Abanicos aluviales de los ríos Chirripó – Sucio y Toro Amarillo.....	10
c. Unidad 3.14, a, b– Llanura aluvial de San Carlos y el Atlántico.....	11
d. Unidad 3.11– Pantano permanente o temporal.....	12
e. Unidad 5.1 – Cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte.....	13
2.3 Características Hidrogeológicas de Las Formaciones (Acuíferos y Acuitardos).....	13
2.3.1 Fuentes de información.....	13
2.3.2 Manantiales y pozos.....	15
2.3.2a. Manantiales del sector de Jiménez – Guácimo.....	15
2.3.2.b. Manantiales en el sector de Cubujuquí.....	18
2.3.2.c. Información hidrogeológica de Pozos.....	21
a. Algunos pozos del cantón de Pococí.....	21
b. Algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí.....	29
2.3.2.d. Calidad natural de las aguas subterráneas.....	31
a. Análisis físico – químicos de las nacientes Numancia 1, Numancia 2 y Numancia 3.....	32
b. Calidad del agua subterránea en sistemas de acueductos rurales del cantón de Pococí.....	32
c. Resumen de características físico – químicas de las aguas subterráneas, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez (Tecnoambiente, 2001).....	33

	Página
2.3.3 Acuíferos en el sector montañoso de las faldas de volcanes Irazú y Turrialba.....	36
2.3.4 Acuíferos en abanicos aluviales de los ríos Chirripó – Sucio y Toro Amarillo.....	37
2.3.5 Acuíferos en llanuras aluviales de San Carlos y el Atlántico.....	39
2.3.6 Acuíferos en pantanos permanentes o temporales .....	40
2.3.7 Acuíferos en cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte.....	40
3 Análisis de Información Hidrogeológica.....	42
3.1 Suelos y capacidades de infiltración.....	42
a. Sector Montañoso Volcánico, Cantones Pococí y Guácimo.....	43
b. Sector de Abanicos Aluviales, Cantón de Pococí.....	47
c. Sector de Llanuras Aluviales Medias, Cantón Pococí.....	47
3.2 Balances hídricos de suelos y recarga potencial.....	48
a. Recarga potencial de aguas subterráneas en el cantón de Pococí...57	
b. Área de recarga a los manantiales de Guácimo - Pococí y Sector Volcánico Montañoso.....	57
c. Zonas de captura de recarga potencial a algunos manantiales de Guácimo – Pococí.....	59
3.3 Descarga de las aguas subterráneas.....	59
3.4 Balance anual de aguas subterráneas.....	61
3.5 Fuentes de Contaminación a las Aguas Subterráneas y Vulnerabilidad de los Sectores de Recarga y Descarga.....	61
a. Sector Volcánico Montañoso y de Recarga a Manantiales Guácimo- Pococí.....	62
b. Sector abanicos aluviales de Guápiles.....	63
c. Sector llanuras aluviales medias.....	64
d. Sector llanuras aluviales bajas.....	65
e. Sector cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte.....	65
f. Resumen de conclusiones.....	66
4 Propuesta de Manejo de las Aguas Subterráneas en el Cantón de Pococí y Manantiales de Guácimo Pococí.....	66
4.1 Zonas de protección a los manantiales de Guácimo y Pococí.....	67
a. Zona de Protección Absoluta: Áreas de captura y Lavas de Guácimo.....	67
b. Zonas de Protección y Uso Regulado del Suelo.....	67

	Página
4.2 Zonas de protección y regulación de pozos de abastecimiento público.....	68
a. Zona de protección de pozo absoluta: Áreas de protección microbiológica inmediata (50 días).....	68
b. Zona de protección de pozo de uso del suelo restringido (100 días).....	69
4.3 Ubicación y diseño sanitario de pozos para abastecimiento público.....	70
4.4 Pozos en cordones litorales del Atlántico Norte.....	70
a. Pozos de abastecimiento público.....	70
b. Pozos domésticos artesanales.....	71
4.5 Regulaciones generales propuestas en los diferentes sectores de recarga y su relación con el Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585.....	71

## Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Estaciones meteorológicas de la región Atlántica Central / Norte.....	4
Tabla 2. Promedio mensual de precipitación, estación Chindama en mm. Elevación 600 msnm. Años 1993 – 2005.....	4
Tabla 3. Promedio mensual de Precipitación (1974 – 1993) y Evapotranspiración (1974-87) de estación Río Frío.....	5
Tabla 4. Precipitación mensual promedio en mm. Estación La Mola.....	6
Tabla 5. Características climáticas generales de los cantones Pococí y Guácimo Estación Río Frío. Elevación 100 msnm. Periodo: 1974 – 1987 (Precip. 1974 - 2005)..	7
Tabla 6. Evapotranspiración promedio mensual (Según Hargreaves) Estación Río Frío. Elevación: 100 m snm. Periodo: 1974 – 1987.....	9
Tabla 7. Manantiales Pococí y Guácimo.....	16
Tabla 8. Resumen de concesiones de agua del MINAE en el cantón de Pococí.....	17
Tabla 9. Características de manantiales, sector Cubujuquí.....	19
Tabla 10. Pozos con Q/s (l/s/m) y estimación de T (m <sup>2</sup> /d), cantón de Pococí (Archivos SENARA, 2006).....	23
Tabla 11. Parámetros hidráulicos de algunos pozos bananeros, cantón Pococí.....	26
Tabla 12. Pozos con lavas en el cantón de Pococí.....	28
Tabla 13. Parámetros hidrogeológicos de pozos bananeros en Puerto Viejo de Sarapiquí.....	29
Tabla 14. Sistemas de acueductos con problemas de potabilidad por calidad del agua subterránea.....	32
Tabla 15. Balances iónicos de aguas subterráneas en las cercanías de los manantiales de Guácimo-Pococí.....	35
Tabla 16. Pruebas de capacidad de infiltración, sector de Cubujuquí.....	43
Tabla 17. Resumen de las propiedades físicas del suelo.....	46
Tabla 18. Cálculo de Coeficientes de Infiltración en Suelos de las Laderas de los Volcanes Irazú y Turrialba y Llanura Atlántica.....	50
Tabla 19. Balance hídrico de suelos, sector volcánico montañoso - Pococí – Guácimo.....	52
Tabla 20. Balance hídrico de suelos, sector abanicos aluviales, Cantón Pococí.....	53
Tabla 21. Balance hídrico de suelos, sector llanuras aluviales medias, cantón Pococí.....	54
Tabla 22. Recarga potencial según suelos del sector en mm – Cantón de Pococí.....	58

	Página
Tabla 23. Recarga potencial según área del sector en $m^3 \times 10^6$ – Cantón de Pococí.....	58
Tabla 24. Recarga potencial en sector montañoso de recarga a manantiales de Guácimo y Pococí.....	58
Tabla 25. Balance anual de aguas subterráneas en el cantón de Pococí. (BAS).....	61
Tabla 26. Caracterización general de fuentes de contaminación puntual.....	62
Tabla 27. Funciones de cada sector hidrogeológico.....	66
Tabla 28. Sector volcánico montañoso y recarga a manantiales de Guácimo Pococí – Zona de protección hídrica potable.....	72
Tabla 29. Sector de abanicos aluviales– Zona de protección y uso potable.....	73
Tabla 30. Sector de llanuras aluviales medias - Zona de producción hídrica potable, agrícola e industrial.....	74
Tabla 31. Sector de llanuras aluviales bajas – Zona de descarga y protección de vida silvestre y purificación de aguas.....	75
Tabla 32. Sector de cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte - Zona de uso restringido y muy regulado.....	76
Tabla 33. Muestras de suelo de los cantones de Pococí y Guácimo.....	77

### Índice de gráficos

Gráfico 1. Distribución de la precipitación media mensual, Estación Chindama.....	5
Gráfico 2. Distribución de la precipitación media mensual, Estación La Mola.....	6
Gráfico 3. Régimen de temperaturas, Estación Río Frío.....	8
Gráfico 4. Gráficos de BHS sector Volcánico Montañoso.....	55
Gráfico 5. Gráficos de BHS sector Abanicos Aluviales.....	55
Gráfico 6. Gráficos de BHS sector Llanuras Aluviales Medias.....	56

### Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación de estaciones meteorológicas en el cantón de Pococí.....	79
Mapa 2. Mapa geomorfológico regional.....	80
Mapa 3. Mapa geológico regional.....	81
Mapa 4. Mapa de zonificación hidrogeológica y manantiales.....	82
Mapa 5. Perfil esquemático E-W, hojas Guápiles y Guácimo (Tecnoambiente 2001).....	83
Mapa 6. Secciones hidrogeológicas (Tecnoambiente 2001) .....	84
Mapa 7. Mapa hidrogeológico regional local (Tecnoambiente 2001).....	85

	Página
Mapa 8. Perfil hidrogeológico esquemático A – A': Pozos y manantiales relacionados con lavas del Volcán Turrialba y llanuras del Atlántico.....	86
Mapa 9. Mapa de ubicación de manantiales, sector Cubujuquí.....	87
Mapa 10. Perfil hidrogeológico esquemático, sector de Cubujuquí.....	88
Mapa 11. Localización de pozos de registro del SENARA y algunos pozos en bananeras.....	89
Mapa 12. Fincas y pozos bananeros en Puerto Viejo, Sarapiquí.....	90
Mapa 13. Mapa de ubicación de fuentes de agua subterránea con información de calidad físico – química en el cantón de Pococí.....	91
Mapa 14. Mapa de porcentaje de viviendas con pozo por segmento censal del 2000, Pococí.....	92
Mapa 15. Mapa de porcentaje de viviendas con tanque séptico por segmento censal del 2000, Pococí.....	93
Mapa 16. Mapa de porcentaje de viviendas con letrina por segmento censal del 2000, Pococí.....	94
Mapa 17. Mapa de localización de concesiones de abastecimiento de agua, MINAE, Pococí.....	95
Mapa 18. Mapa de inventario de pozos del SENARA según nivel estático. Cantón de Pococí.....	96
Mapa 19. Mapa de pozos registrados del SENARA según caudal. Cantón de Pococí.....	97
Mapa 20. Mapa de concesiones de caudal de pozos del MINAE según uso. Cantón de Pococí.....	98
Mapa 21. Mapa de pozos registrados en SENARA según uso. Cantón Pococí.....	99
Mapa 22. Mapa de ubicación de pruebas de capacidad de infiltración. Sector Cubujuquí.....	100
Mapa 23. Tipos de suelos del cantón de Pococí, según mapas de capacidad de suelo.....	101
Mapa 24. Tipos de suelo del cantón de Pococí, según grandes grupos de suelo.....	102
Mapa 25. Mapa de áreas de sectores de recarga al cantón de Pococí y de manantiales Guácimo – Pococí.....	103
Mapa 26. Mapa de uso del suelo del cantón de Pococí en el 2005.....	104
Mapa 27. Mapa de categorías y zonas de protección de las aguas subterráneas en el cantón de Pococí y manantiales de Guácimo Pococí.....	105

## **Anexos**

ANEXO 1: Base de datos de pozos del SENARA.

ANEXO 2: Base de datos de concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.

ANEXO 3: Litologías de Pozos, cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006 y algunos pozos bananeros)

ANEXO 4: Descripciones litológicas de algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí.

ANEXO 5: Resultados de análisis físico químicos de aguas subterráneas del cantón de Pococí.

ANEXO 6: Cuadro resumen de los artículos de Protección y Calidad del Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585.

## **Estudio hidrogeológico en el cantón de Pococí y las partes altas al sur del cantón de Guácimo, alrededores de la Zona Protegida Guácimo y Pococí.**

### **1 Introducción**

El presente estudio fue contratado por ProDUS y el Proyecto COBODES para analizar la información existente de las aguas subterráneas en el cantón de Pococí y las partes altas del cantón Guácimo, para contribuir a la formulación del Plan Regulador del cantón de Pococí, y proponer las medidas de protección de ese cantón y de los manantiales de Guácimo – Pococí, que se encuentran en las partes altas de esos dos cantones.

Los objetivos del estudio son:

#### **Objetivo General:**

Realizar los estudios técnicos sobre variables hidrogeológicas y morfométricas necesarias, orientadas al manejo y conservación de los acuíferos para el abastecimiento de agua potable en el cantón de Pococí y las partes altas del cantón de Guácimo, alrededores de la Zona de Protección Guácimo- Pococí (ZPG-P).

#### **Objetivos específicos:**

- 1- Realizar estudios hidrogeológicos con base en información secundaria en el cantón de Pococí y las partes altas al sur del cantón de Guácimo, alrededores de la ZPG-P para la planificación del abastecimiento de agua potable. El nivel de detalle depende de la disponibilidad de información en las diferentes zonas de estudio.
- 2- Conocer el potencial de agua en cuanto a cantidad, calidad y disponibilidad con base en información secundaria (SENARA, MINAE y AyA)
- 3- Conocer el modelado del cantón y la ZPG-P y sus alrededores para poder planificar su manejo.
- 4- Determinar las áreas de recarga y de descarga con base en información secundaria, con el propósito de hacer un mejor ordenamiento territorial.

Para llevar a cabo el estudio, se realizó un diagnóstico en base a información secundaria disponible de las variables principales en el área de estudio, como clima (especialmente precipitación y evapotranspiración), geología y geomorfología, para delimitar los diferentes sectores o regiones hidrogeológicas; y de las características hidrogeológicas de las formaciones en esos sectores.

Con base a las unidades geomorfológicas existentes, se definieron los sectores hidrogeológicos principales:

Sector Montañoso  
Sector de Abanicos Aluviales  
Sector de Llanura Aluvial y Cordones Litorales

En esos sectores se seleccionaron estaciones climatológicas representativas en su precipitación.

Las características hidrogeológicas de las formaciones de los diferentes sectores se obtuvieron de la información de pozos y manantiales disponibles en los registros de las instituciones oficiales como el MINAE, SENARA y AyA, así como de otros estudios existentes.

Se recopiló también información hidroquímica parcial de las aguas subterráneas de pozos y manantiales de los sectores hidrogeológicos identificados y se comentó su potabilidad.

Con esa información se describieron los acuíferos en cada uno de los Sectores hidrogeológicos definidos y su estado de desarrollo y manejo.

Luego se analizó la información recopilada, para definir y priorizar zonas de recarga y descarga de esos sistemas acuíferos.

Para lo anterior, se asignaron valores de capacidad de infiltración medias a los suelos (según las descripciones existentes) de los diferentes sectores hidrogeológicos, y utilizando las precipitaciones de las de las estaciones climatológicas representativas de cada sector, se efectuaron balances hídricos de suelos para determinar su recarga potencial de aguas subterráneas.

También se enumeran las principales zonas y mecanismos de descarga de las aguas subterráneas en cada sector.

Con la información anterior se propone un Balance Anual de Aguas Subterráneas del cantón de Pococí.

Con base a información hidrogeológica y uso actual del suelo, se enumeran las fuentes de contaminación y vulnerabilidad de cada sector hidrogeológico.

Con base al diagnóstico y análisis de la información hidrogeológica anterior, se proponen zonas de protección y manejo de diferentes categorías, tanto de las principales áreas de recarga acuífera como de las captaciones de manantiales y pozos, según su uso para abastecimiento público u agrícola o industrial.

## 2 Diagnóstico

### 2.1 Clima :

Para el estudio del clima se consideraron 3 estaciones meteorológicas, representativas de 3 sectores geomorfológicos y topográficos principales de los cantones de Pococí y Guácimo.

Las estaciones meteorológicas seleccionadas por su ubicación y disponibilidad de datos son:

- Estación Chindama a 600 msnm para el sector montañoso
- Estación Río Frío a 100 msnm para el sector intermedio de pie de monte o abanicos aluviales, y
- Estación La Mola a 70 msnm para el sector de la planicie o llanuras aluviales y litoral marino.

Las estaciones meteorológicas disponibles para el cantón de Pococí, se muestran en la Mapa 1. Ubicación de estaciones meteorológicas en el cantón de Pococí.

La elevación máxima del cantón de Pococí es de 1700 msnm (metros sobre el nivel del mar) en su extremo sur, en las faldas NO del Volcán Turrialba.

La estación meteorológica disponible, más representativa del sector montañoso del cantón es la Chindama a 600 msnm.

La estación meteorológica representativa disponible del sector de intermedio de abanicos aluviales es la estación. R. Frío a 100 msnm; y para el sector de planicies aluviales y litoral costero se utilizó la estación La Mola a 70 msnm. Esta última también se considera representativa del sector litoral marino del cantón. Otras estaciones meteorológicas de la región se presentan en el Tabla 1.

De esas estaciones se tomó la mayor parte de la información de este apartado:

*Tabla 1. Estaciones meteorológicas de la región Atlántica Central / Norte*

Nombre de estación	N° de estación	Institución	Lambert Norte (km)		Elevación (m)	Período de registro
			y	x		
Caribe S.A	71007	IMN	275,57	563,85	40	71-82
Carolina Tica	71001	IMN	266,36	569,35	30	71-75
Carrillo	69602	ICE	238,67	542,00	730	84-05
Chindama	69638	ICE	235,00	558,45	600	93-05
La Mola	71002	IMN	258,97	562,06	70	80-05
Río Frío	71005	IMN	253,44	560,24	100	73-93
San Martín	98017	ICE	259,04	591,26	660	69-05

Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), 1992. Actualización ProDUS 2006.

De esas estaciones se presentan los cuadros de distribución mensual y anual de las estaciones representativas de los sectores montañosos y de la llanura del Cantón de Pococí.

#### **a. Sector Montañoso**

En el sector montañoso se tiene una alta precipitación total anual media de 6792,7 mm en la estación Chindama para los años 1993– 2005.

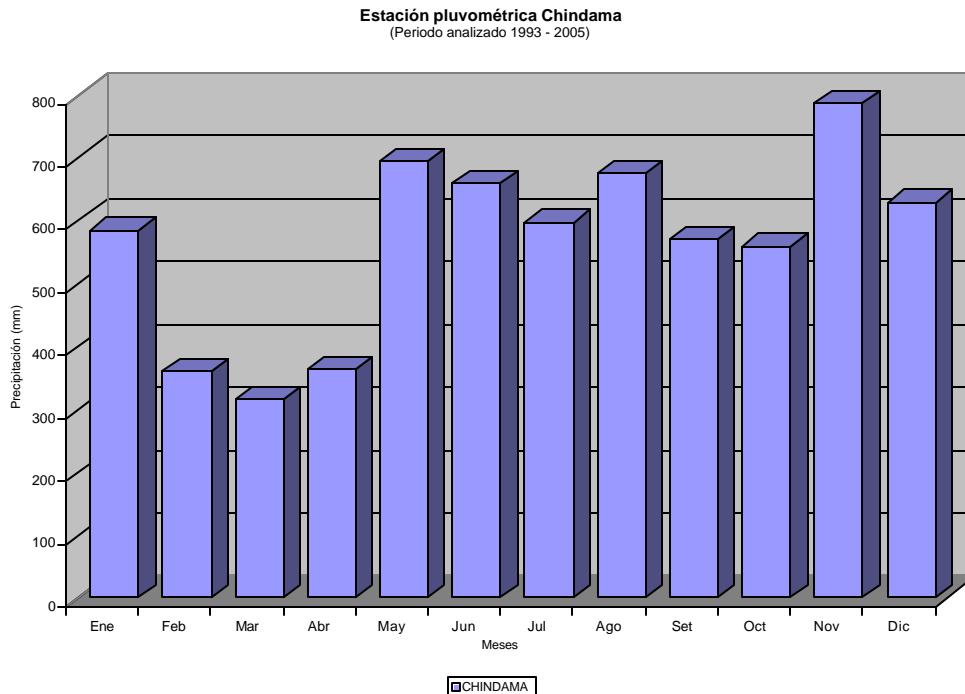
El promedio mensual del período para esa estación se muestra en el *Tabla 2 Promedio mensual de precipitación de estación Chindama*.

*Tabla 2. Promedio mensual de precipitación, estación Chindama en mm.  
Elevación 600 msnm. Años 1993– 2005.*

<i>Ene.</i>	<i>Febr.</i>	<i>Marz.</i>	<i>Abr.</i>	<i>Mayo</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Agto.</i>	<i>Set.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Total</i>
585,0	359,6	316,2	362,7	693,7	658,9	597,6	676,1	569,5	558,8	785,9	628,8	6792,7

El régimen pluvial del sector montañoso se caracteriza por tener siete meses bastante lluviosos (mayo - noviembre), y cinco meses de menor precipitación (diciembre - abril), tal como se muestra en el **Gráfico 1. Distribución de la precipitación media mensual, Estación Chindama.**

**Gráfico 1. Distribución de la precipitación media mensual, Estación Chindama**  
Período 1993 – 2005. Elevación 600 msnm.



**b. Sector de Abanicos Aluviales**

El **Sector de Abanicos Aluviales** de transición entre el sector montañoso y el sector de llanuras aluviales puede estar representado por la estación **Río Frío**, a una elevación de 100 msnm.

La *Tabla 3. Promedio mensual de Precipitación y Evapotranspiración de estación Río Frío*, presenta la distribución promedio mensual de la precipitación y la evapotranspiración (calculada por método de Hargreaves), que se le asignan a este sector intermedio.

*Tabla 3. Promedio mensual de Precipitación (1974 – 1993) y Evapotranspiración (1974-87) de estación Río Frío. - Elevación: 100 msnm*

Mes	Precipitación media		Evapotranspiración mm (Hargreaves)
	Mm	%	
Enero	214.7	5.3	139.0
Febrero	163,8	4,0	137.9
Marzo	158,3	3,9	157.5
Abril	194,8	4,8	152.9
Mayo	354,1	8.7	141.4
Junio	429,0	10.6	123.5
Julio	472,7	11.7	126.2
Agosto	491,0	12.1	133.8
Setiembre	359,9	8.9	139.2
Octubre	423,4	10.5	142.5
Noviembre	448,6	11.1	139.8
Diciembre	340,6	8.4	140.7
<b>Promedio anual</b>	<b>4050,8</b>	<b>100.0</b>	<b>1674.4</b>

Debido a que la estación Río Frío es la única de la región que tiene datos de temperatura, humedad relativa y brillo solar, se utilizó para calcular la evapotranspiración potencial (por método de Hargreaves), que posteriormente se utiliza en el balance hídrico de suelos para el cálculo de la recarga potencial en todos los sectores geomorfológicos.

### c. Sector de Llanura Aluvial y Litoral marino

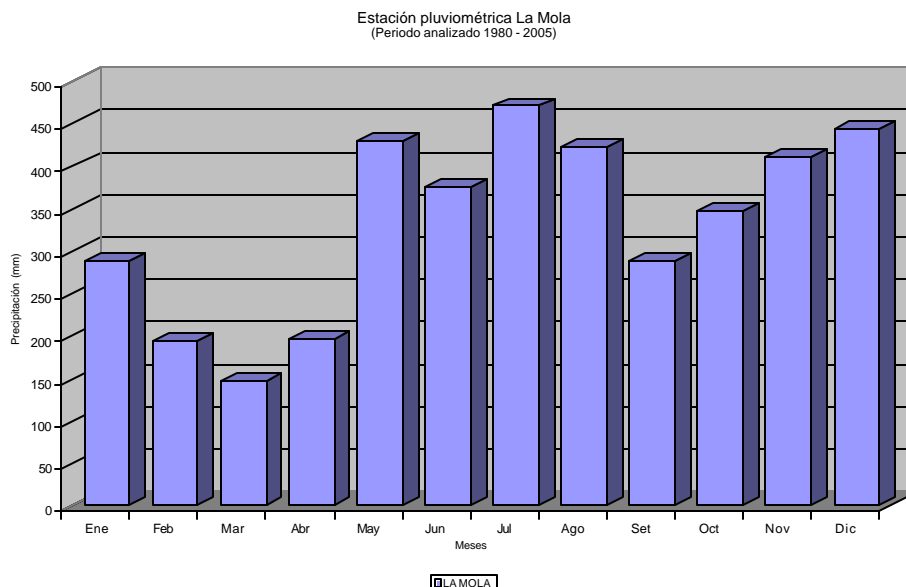
En la **llanura aluvial**, representada por la **estación La Mola**, se registra un promedio anual de precipitación para los años 1980 – 2005 de 4007 mm, y su distribución mensual promedio para esos mismos años en el *Tabla 4* y la **Gráfico 2**, muestra 8 meses más lluviosos entre mayo y diciembre, con una baja en el mes de setiembre, y 4 meses de menor lluvia entre enero y abril.

Esta estación, también se considera representativa del sector litoral marino del cantón de Pococí.

*Tabla 4. Precipitación mensual promedio en mm. Estación La Mola.  
 Elevación 70 msnm. Período: 1980 – 2005*

<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Totales</b>
287,6	194,8	145,7	196,9	428,6	374,3	470,6	421,8	287,1	348,0	409,6	442,7	4007,6

**Gráfico 2. Distribución de la precipitación media mensual, Estación La Mola.**  
 Período: 1980 - 2005. Elevación 70 msnm.



#### d. Características Climáticas Generales del Cantón de Pococí y Guácimo

En este apartado, se describe el clima medio del cantón de Pococí, basados en la estación de elevación intermedia de las estaciones descritas para cada sector, y que tiene la información necesaria disponible: **Estación Río Frío con una elevación de 100 msnm.**

La distribución promedio mensual de la precipitación, y de otras características climáticas se muestran en el *Tabla 5. Características climáticas generales de los cantones Pococí y Guácimo.*

*Tabla 5. Características climáticas generales de los cantones Pococí y Guácimo Estación Río Frío. Elevación 100 msnm. Periodo: 1974– 1987 (Precip. 1974- 2005)*

Mes	Precipitación media		Temperatura			Humedad Relativa Solar	Brillo	ETP
	(mm)	(%)	máx (°C)	med (°C)	mín (°C)	(%)	(hr/d)	(mm)
Enero	214,7	5,3	28,9	23,8	18,8	84	5,1	139,0
Febrero	163,8	4	29,7	24,5	19,4	81	5,1	137,9
Marzo	158,3	3,9	30,8	25,3	19,9	81	4,8	157,5
Abril	194,8	4,8	30,8	25,5	20,2	79	4,8	152,9
Mayo	354,1	8,7	31,4	26,2	20,9	84	4,6	141,4
Junio	429,0	10,6	30,7	25,7	20,7	87	4,0	123,5
Julio	472,7	11,7	30,1	25,4	20,6	88	3,1	126,2
Agosto	491,0	12,1	30,6	25,8	21,0	88	4,1	133,8
Setiembre	359,9	8,9	30,9	25,7	20,4	86	4,2	139,2
Octubre	423,4	10,4	30,5	25,7	21,0	87	3,8	142,5
Noviembre	448,6	11,1	29,6	25,0	20,5	84	4,5	139,8
Diciembre	340,6	8,4	29,7	24,8	19,9	84	4,4	140,7
<b>Prom. Anual</b>	<b>4050,8</b>	<b>100,0</b>	<b>30,3</b>	<b>25,3</b>	<b>20,3</b>	<b>84</b>	<b>4,3</b>	<b>1674,4</b>

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 1992 y actualización de precipitación por ProDUS hasta el 2005.

#### Precipitación

La precipitación promedio anual en el **pie de monte o sector de abanicos aluviales**, en la estación Río Frío, intermedia entre el sector montañoso y de la llanura, fue de 4050,8 mm.

El régimen pluvial del sector en estudio se caracteriza por tener ocho meses bastante lluviosos (mayo - diciembre), en donde precipita en promedio un 81.9% precipitación anual total, y cuatro meses de menor precipitación (enero - abril), donde llueve un 18.1 % el total anual.

El mes más lluvioso fue Agosto con 491 mm en promedio, y el menos lluvioso es marzo con un promedio de 158.3 mm.

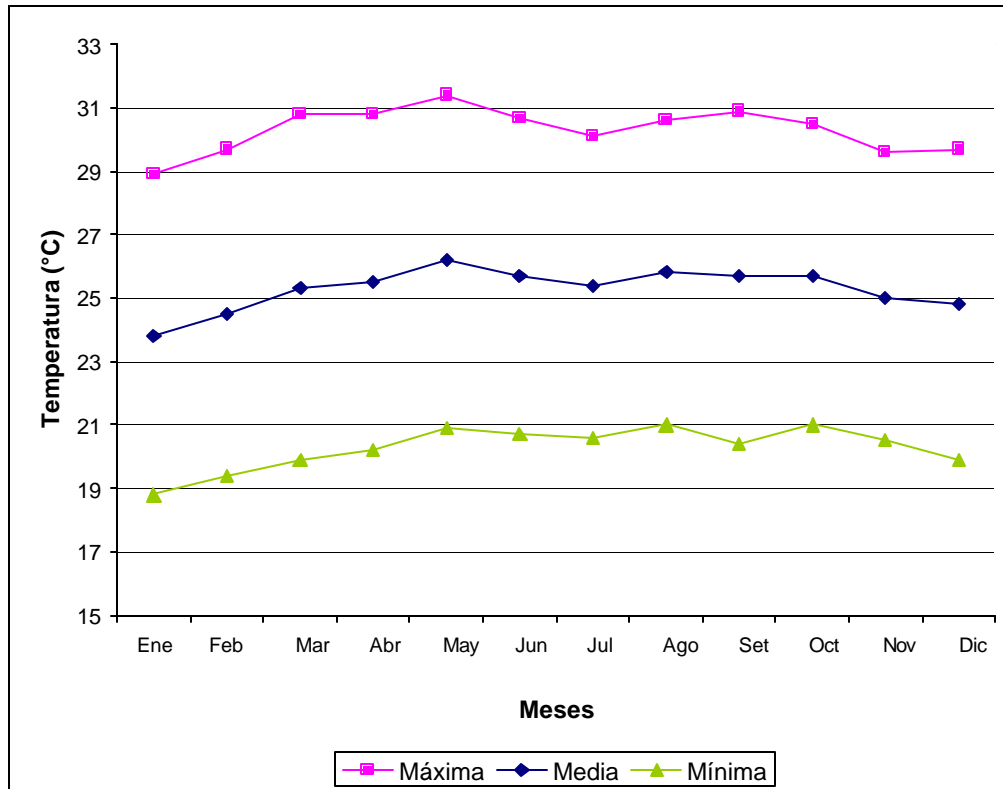
#### Temperatura

Las temperaturas máxima, media y mínima diaria promedios anuales tienen valores de 30.3°C, 25.3°C y 20.3°C, respectivamente. En los meses de menor precipitación se presentan temperaturas más bajas debido a un mayor incremento de los vientos sobre el sector, durante el día, favorecidas por la ausencia de nubosidad, y un mayor enfriamiento

de los mismos durante las noches. Las menores temperaturas mínimas diarias se presentan en enero y febrero con valores promedio de 19.5°C y 19.9°C, respectivamente, y las máximas diarias en mayo y setiembre con valores de 31.4°C y 30.9°C, respectivamente.

La distribución de la temperatura promedio anual durante el año se puede observar en la **Gráfico 3**. En términos generales, se aprecia que la variación mensual, durante el año, es muy poca. Es así que, la variación promedio media anual de sus valores extremos presenta un rango de tan solo 2.4°C.

**Gráfico 3. Régimen de temperaturas, Estación Río Frío**



### Brillo solar

La estación Río Frío (100 msnm), es la estación más cercana que reporta datos de brillo solar. De sus datos que se consideran representativos para el sector intermedio de abanicos aluviales, se tiene que para los meses de noviembre a marzo se presentan los valores más altos de horas efectivas de sol con un promedio 4.7 horas por día; en enero y febrero se presenta el promedio mayor de brillo solar con 5.1 horas diarias. En los meses lluviosos se tiene un promedio de 3.8 horas diarias, y es en julio donde se tiene el menor promedio diario con 3.1 horas.

### Humedad relativa

La humedad relativa presenta un patrón de distribución anual muy similar al de la precipitación, relacionada directamente a la menor o mayor disponibilidad de humedad en las superficies de evaporación. De tal manera, los valores mayores se presentan en julio y agosto con un 88%, y el más bajo en abril con 79%.

### Viento

Ninguna estación cercana a la zona de estudio cuenta con registros de viento. Sin embargo, como referencia se tiene que de las estadísticas climáticas de la estación Volcán Poás se registra una velocidad media anual de 1.6 kilómetros por hora, donde los mayores promedios diarios de velocidad media se presentan en diciembre, enero y febrero, con un promedio de 2.3 km/hr, respectivamente. En términos generales, se tiene que la zona es afectada por vientos ligeros, según la escala de Beaufort<sup>1</sup>, los cuales no causan daños frecuentes.

### Evapotranspiración

Para el sector intermedio de abanicos aluviales, se determinó la evapotranspiración potencial (ETP) media mensual en milímetros, utilizando el Método de Hargreaves para Costa Rica, debido a que otros métodos más sofisticados requieren de parámetros climáticos con los que no se cuenta en la zona.

El método de Hargreaves se basa en la utilización de una fórmula que utiliza promedios mensuales de temperatura media (°C), humedad relativa (%) y valores de radiación extraterrestre para la latitud de la zona.

Para el cálculo de la recarga potencial para los 3 Sectores de los cantones de Pococí y Guácimo (Montañoso, Abanicos y Llanuras aluviales), se utilizaron los valores medios de humedad relativa y temperatura media de la estación Río Frío para el cálculo de ETP.

En el *Tabla 6*, se muestra la ETP promedio mensual calculada para esa estación

*Tabla 6. Evapotranspiración promedio mensual (Según Hargreaves)  
Estación Río Frío. Elevación: 100 m snm. Periodo: 1974 – 1987*

<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>Set</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Totales</i>
139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4

Para el sector se determinó una **ETP anual de 1674.4** milímetros, cuya distribución mensual durante el año se presenta en el *Tabla 6*.

Como se observa los mayores valores de la ETP se dan en marzo y abril alcanzando magnitudes de 157.5 mm y 152.9 mm, respectivamente.

### Intercepción

Se considera que por la continuidad de las precipitaciones durante casi todo el año, el porcentaje de intercepción, por efecto de la vegetación y depresiones, es muy bajo, por lo que se establece como despreciable, teniendo en cuenta que el follaje permanece húmedo y el proceso de intercepción finaliza en un intervalo muy pequeño.

<sup>1</sup> Referente a la fuerza del viento en sus equivalentes de velocidad. (Ref. Heuvel dop, J.)

## 2.2 Geología y Geomorfología

Para la base geológica de la hidrogeología del cantón de Pococí, se utilizará el Mapa Geomorfológico de Costa Rica y su Manual Descriptivo, escala 1:200,000 de Madrigal, R., 1980, corregido por Geol. Luis Guillermo Salazar M., ProDUS, 2006, cuyas formas representan los grandes grupos generales de características físicas e hidrológicas con flujo similar, y que se presenta en el mapa de la **Mapa 2. de la geomorfológico regional**.

El mapa geomorfológico se complementó posteriormente con la geología del Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez, Tecnoambiente / Grupo Monteverde, 2001.

### a. Unidades 2.26 y 2.27 – Volcanes Irazú y Turrialba.

Corresponde a formas y geología de origen volcánico del Pleistoceno del período Cuaternario. Ocurre en las partes más altas en el extremo SO del cantón, en las estribaciones de los flancos norte de los volcanes Irazú y Turrialba.

Sus laderas tienen todo tipo de pendiente, pero en las cuencas de los ríos Toro Amarillo, Corinto, Sucio y Patria, predominan las pendientes mayores a 30°. Las lomas son redondeadas por el grueso espesor de cenizas recientes que cubre todo el macizo volcánico.

En esta unidad se encuentran todo tipo de rocas volcánicas: brechas, lavas, tobas, aglomerados, ignimbritas, cenizas y corrientes de lodo y lahares. Estos materiales son principalmente de composición andesítica y su grado de meteorización es variable.

Su forma es el resultado del acumulo de rocas volcánicas de diferente tipo. La erosión ha tomado parte en la construcción del sistema de drenaje con pendientes escarpadas por la gran precipitación existente, y es principalmente de tipo radial del macizo volcánico.

Algunos de las rocas volcánicas existentes en esta unidad, como las brechas y lavas fracturadas pueden dar origen a acuíferos porosos y fisurales importantes que se descargarían a las llanuras y abanicos coluvio aluviales de San Carlos y el Atlántico como manantiales o como recarga lateral a esos materiales.

Las tobas, cenizas y lahares, aunque tienen relativa baja permeabilidad para formar acuíferos importantes, si tienen gran porosidad para el almacenamiento de agua y regulación de flujos.

En la **Mapa 3. Mapa geológico regional** del Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez, Tecnoambiente / Grupo Monteverde, 2001, se identifica el miembro **Lavas de Guácimo**, que da origen a numerosos manantiales en su frente de colada en el Sector Montañoso de los cantones de Pococí y Guácimo.

### b. Unidades 3.22 y 3.23 – Abanicos aluviales de los ríos Chirripó – Sucio y Toro Amarillo

Son formas de sedimentación aluvial en los “pie de monte” Norte de los edificios volcánicos del Irazú y Turrialba. Sus edades van del Pleistoceno al Actual.

Limitan en su base con la llanura Atlántica, de la cual forman parte. El vértice del abanico del Chirripó – Sucio se encuentra cerca de la confluencia del río Sucio con el General, y el del abanico del Toro Amarillo, a unos 10 Km. al Sur de Guápiles. El abanico del Toro Amarillo cubre la población de Guápiles.

Los 2 abanicos juntos, tienen un ancho máximo de 30 Km. y un largo 15 Km. Su pendiente media es entre 1° y 2° (1% a 3%), con máximas de 4° (6%). Su superficie es plana, excepto donde es cortada por los ríos, donde son casi verticales. La profundidad de sus cauces es de 2 a 5 m con respecto al terreno inter fluvial.

El tipo de roca es producto de lahares y corrientes de lodo, que contienen todas las fracciones de composición andesítica, desde arcillas, arenas, gravas y bloques de lava en matrices de arena y arcilla, como en los alrededores de Guápiles.

Entre estos materiales aluviales se han identificado lavas e ignimbritas posiblemente como digitaciones de coladas de lava y avalanchas. Como las lavas denominadas Santa Clara en el área de Jiménez (Tecnoambiente / Grupo Monteverde, 2001).

Estos abanicos son el resultado del aporte de aluviones de los ríos Puerto Viejo, Sucio, Chirripó, Corinto, Costa Rica, Blanco, Toro Amarillo y algunas quebradas. Sus fragmentos provienen de los macizos del Irazú y del Turrialba.

No se tienen datos de la permeabilidad de los materiales, que son muy heterogéneos, pero se asumen conductividades hidráulicas de medias a bajas. Bajo estos depósitos aluviales se encuentran las rocas de los macizos de los volcanes Irazú y Turrialba.

### **c. Unidad 3.14, a, b – Llanura aluvial de San Carlos y el Atlántico**

Incluye la llanura desde el Norte de Puerto Limón hasta el río San Juan en la frontera con Nicaragua y constituye la mayor parte del cantón de Pococí, y también corresponde a formas de sedimentación aluvial.

El autor (Madriral, R., 1980), las subdivide en:

3.14.a), que es la franja adyacente a los abanicos aluviales, y que en parte también la forman pequeños abanicos individuales indiferenciados; y

3.14.b) que es la franja cerca de la costa, donde la formación de sus suelos y subsuelos pueden tener influencia marina.

Su forma es en conjunto plana y en algunos sitios ligeramente ondulada, paralela a la cordillera, con una pendiente máxima de 6° (11%) en la parte alta de los abanicos, y con menos de 1° a 2° (<1% a 3%) en la parte baja, donde su pendiente general es de 0.035 %. La llanura y los abanicos se confunden imperceptiblemente.

Los cauces principales que cortan la llanura tienen un valle ancho, con orillas de 1 a 2 m sobre el nivel del río. Su patrón es meándrico, y como consecuencia de su baja pendiente, y elevación, la presencia de los terrenos pantanosos es frecuente, principalmente cerca de la costa.

Se observan abundantes canales abandonados. Al Norte del río Parismina, afloran en la llanura pequeñas colinas de roca volcánica de una unidad de Cerros y Colinas del vulcanismo de Intragraben (2.14).

Los suelos y subsuelos de la Unidad 3.14.b pueden mostrar algún grado de salinidad debido a la influencia marina de su formación y vecindad al mar.

En cuanto a los tipos de roca, en el área de los abanicos hay dominancia de lahares y corrientes de lodo con gran cantidad de bloques de roca lávica dentro de una matriz arenosa o arcillosa.

En el resto de la llanura muestra principalmente rocas volcánicas de fracciones finas en una matriz arcillosa, pero es frecuente la alternancia en profundidad de tobas y corrientes de lodo con mayor grado de meteorización.

Tanto los abanicos como la llanura en sí, se han originado por el gran aporte que hacían los ríos que llegan a la zona desde la cordillera volcánica. Inicialmente el relleno debe haberse originado dentro de la llamada fosa de Managua que estaba ocupada por el Mar Atlántico y que fue rellenada totalmente.

El relleno inicial debe haber comenzado al final del Terciario (Plioceno) y continúa en la actualidad.

En las márgenes de los principales ríos en las partes altas y medias de la llanura, se encuentran depósitos aluvionales limpios de arenas y gravas que forman acuíferos de buena permeabilidad pero de poco espesor. Lo mismo ocurre en otras partes de la llanura donde se encuentran meandros y canales enterrados por materiales recientes.

Esta condición, origina acuíferos multicapa muy heterogéneos en litología y permeabilidad tanto lateral como verticalmente.

#### **d. Unidad 3.11 – Pantano permanente o temporal**

Corresponde a formas de sedimentación aluvial, y está esparcida en las llanuras aluviales de San Carlos y el Atlántico, principalmente en las zonas bajas cercanas a la costa y al Norte del cantón en las cercanías de la cuenca baja del río San Juan.

Las capas superficiales están formadas por rellenos de fracciones líticas muy finas como arcillas y limos con abundante materia orgánica originados por aportes fluviales.

La geología en profundidad puede ser similar al del resto de la llanura como arenas y limos fluviales, meandros enterrados, rocas volcánicas de fracciones finas en una matriz arcillosa, en alternancia con tobas y corrientes de lodo con mayor grado de meteorización.

Su morfología es plana con micro relieves de pequeñas ondulaciones y su morfocronología debe ser ubicada con edades entre el Pleistoceno y Reciente.

Debido al afloramiento del nivel freático de estas zonas y su baja permeabilidad, se pueden considerar como áreas de descarga de aguas subterráneas que se pierde a la atmósfera por evapotranspiración o se descarga a las vías pluviales cuando está lleno por las altas precipitaciones.

### **e. Unidad 5.1 – Cordones litorales y lagunas del Atlántico norte**

Corresponde a formas litorales de origen marino, que se han originado por el relleno efectuado por el oleaje y las corrientes marinas litorales que se mueven paralelas a la costa y que arrastran fragmentos líticos que son depositados.

Estos rellenos crecen hasta emerger y luego ganan altura por la depositación eólica de partículas y queda separado un brazo de mar que se transforma en un canal o laguna litoral interior.

La edad de estos rellenos litorales debe ser del Plio-Pleistoceno.

Se localizan desde la desembocadura del río Moín al Oeste de Puerto Limón, en la franja costera y se extiende hasta más allá de la frontera Norte.

En el cantón de Pococí abarca todo el cordón litoral desde la Boca del río Parismina hasta la desembocadura del río San Juan.

Esta franja de relleno está limitado tierra adentro por un canal o laguna litoral y su ancho máximo es de 1200 m. Su elevación promedio es de 5 msnm; su superficie es plana.

Sus canales como la Laguna del Tortuguero, tienen un ancho máximo de 350 m. Muchos de estos canales continúan tierra adentro en terrenos pantanosos. Estos canales fueron aprovechados para la canalización del Tortuguero que permite el tránsito de lanchas de bajo calado.

Los cordones litorales son un relleno de playa con fracciones líticas principales de arenas con pequeñas laminaciones lenticulares intercaladas de arcillas y limos. Estos materiales pueden presentar, por razones de origen, en algunos sitios cierta salinidad.

En los canales se ha encontrado agua dulce estratificada sobre agua salina en el fondo.

En las barras arenosas, también se encuentra un lente de agua dulce flotando sobre el agua salada, por lo que el agua subterránea debe manejarse con sumo cuidado para evitar la intrusión salina y salinización de esos acuíferos lenticulares.

## **2.3 Características Hidrogeológicas de las Formaciones (Acuíferos Y Acuitardos)**

### **2.3.1 Fuentes de información**

Las fuentes utilizadas fueron las siguientes:

- Las Unidades geomorfológicas descritas anteriormente de Madrigal et al, 1980.
- Mapas suministrados por ProDUS de los registros de inventarios de pozos del SENARA, según sus caudales de extracción, su profundidad al nivel estático y su uso.

Estos mapas registran aproximadamente 140 pozos, también, principalmente en el Centro – Sur del Cantón de Pococí, y muy pocos o ninguno al Norte y Este en las Áreas Silvestres Protegidas.

- Base de datos de pozos suministrada por ProDUS y basada en pozos del registro de SENARA con información parcial de 225 pozos, y 17 pozos viejos de fincas bananeras, que se presentan en el **ANEXO 1: Base de Datos de Pozos del SENARA.**
- Base de datos de pozos suministrada por ProDUS sobre concesiones de agua del MINAE, donde se presentan 135 de pozos, de los cuales 26 tienen la concesión cancelada o denegada y 51 de manantiales con 7 canceladas. Esta base de datos se presenta en el **ANEXO 2: Base de Datos de Concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.**
- Mapa suministrado por ProDUS de la localización de los pozos de la Base de Datos del SENARA.
- Mapa de Localización de Concesiones de Abastecimiento de Agua, MINAE, ProDUS, Abril, 2006.  
Registra aproximadamente 98 concesiones de pozos, 18 ubicaciones de manantiales con 40 concesiones y 15 concesiones de tomas de ríos y quebradas.
- Mapas suministrados por ProDUS de los registros del Censo 2000, sobre Porcentaje de viviendas con pozo, letrina y/o con tanque séptico, por segmento censal en el Cantón de Pococí.
- Análisis físico – químicos de las nacientes Numancia 1, Numancia 2 y Numancia 3 del cantón de Pococí, suministrados por ProDUS y AyA. No tiene información de los aniones  $\text{HCO}_3$  y  $\text{CO}_3$ , por lo que no se hicieron balances iónicos ni clasificación de las aguas en diagramas Piper.
- Análisis físico – químicos parciales de 32 acueductos rurales del cantón de Pococí abastecidos por aguas subterráneas (pozos y manantiales), suministrados por ProDUS y AyA. No presentan información de concentración de cationes ni de algunos aniones, por lo que no se hicieron balances iónicos ni clasificación de las aguas en diagramas Piper.
- Resumen de características físico – químicas de las aguas subterráneas, Tecnoambiente, Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez, Grupo Monteverde, 2001. Presenta información de 1 manantial y 6 pozos. Se efectuaron balances iónicos de las muestras analizadas, encontrándose errores entre 6 y 35%, por lo que no se clasificaron en los diagramas Piper.
- Consultorías efectuadas en la vertiente Atlántica en o en los alrededores del Cantón de Pococí:
  - Losilla, M.; Schosinsky, G., Investigación hidrogeológica para diseño de drenajes, Área Piloto Fca. Margarita, Siquirres, BANDECO, 1988.
  - Mata, R., Mapa de suelos y tierras, escala 1: 5,000, Finca Duacarí 2, Guácimo, Limón, BANDECO S.A., 1991.
  - Losilla M., et al, Estudio Biofísico y Socio Económico del Sector de Cubujuquí, Cordillera Volcánica Central, FUNDECOR / USAID, 1992.  
Presenta localización y algunas características de manantiales de los

- cantones de Pococí y Guácimo.
- Recopilación de información de pozos bananeros de asesorías antiguas del consultor.
  - Arredondo, S., Diagnóstico de los Recursos Hídricos en la Región Atlántica, Tecnoambiente Centroamericano - SENARA, Diciembre 2003.
  - Tecnoambiente, Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez, Grupo Monteverde, 2001.

## 2.3.2 Manantiales y pozos

### 2.3.2.a Manantiales del sector de Jiménez - Guácimo

En el flanco Norte del Volcán Turrialba, afloran varios grupos de manantiales importantes, entre las elevaciones de 250 a 400 msnm, y en una sección de 3 a 4 Km. El área de captura de la recarga de estos manantiales se encuentra en las faldas medias y altas del V. Turrialba.

Algunas características de estos manantiales, se presentan en el *Tabla 7. Manantiales Pococí y Guácimo*, y se ubican en la **Mapa 4. de zonificación hidrogeológica y manantiales**.

Los siguientes manantiales afloran al pie de un frente de colada de lava procedente del Volcán Turrialba:

- A) Numancia 1, 2 y 3, con una producción de aproximadamente **340 l/s**, captados por el A y A, para el sistema de acueducto de Guápiles, La Rita y Roxana (Sistema 1);
- B) los manantiales La Roca 1, 2, 3, 3-A y 3-B, con una producción de estiaje de aproximadamente **150 l/s** del acueducto de Cariari (Sistema 2) y
- C) los manantiales La Roca 4 (**20 l/s**) y La Angelina (**120 l/s**) (Sistema 3: Jiménez - Guácimo) (comunicación del Ing. José Matarrita, A y A Guápiles).

De la base de datos de concesiones del MINAE, se registran solo en el Cantón de Pococí 51 manantiales, para un total de agua concesionada de 1800 l/s. Un resumen de las concesiones se presenta en el *Tabla 8. Resumen de concesiones de agua del MINAE*.

Aunque no está especificado en los registros se asume que estas concesiones son otorgadas para caudales sostenibles de estiaje.

Tabla 7. Manantiales Pococí y Guácimo

N° Manantial	Nombre	Localización		Elevación Msnm	Poblado abastecido	N° Usuarios	Caudal Verano (l/s)	Organismo Administrado	Hoja Cartográfica
		Longitud	Latitud						
<b>Flanco NO del Volcán Irazá</b>									
GU-M 3	Fuente Varela	542.60	244.38	405	La Esperanza de Sarapiquí	2500	9.0	ASADA	Guápiles
GM-M 1	Fuentes de Guácimo (La Roca) *	565.20	242.85	250	Guácimo, Angelina, Fox Hall, Selva, África, Parismina, El Edén, Anita Grande, El Hogar, R. Jiménez, S. Luís, Lúgia, Confianza, La Cabaña, El Bosque, Socorro, Villafranca, Carambola, Borzone, Sta. María, Calle Seis, Calle Cinco, Calle Cuatro.	12500	840 *	AyA	Guácimo
<b>Flanco Norte del Volcán Turrialba</b>									
GU-M 1	Numancia	559.15	240.05	390	Guápiles, Jiménez, La Rita Roxana, Cariari	46200	400	AyA	Guápiles
GU-M 2	Los Ángeles	559.20	240.05	390			47	AyA	Guápiles
GU-M 4	Fuentes Alternas	559.45	240.10	390					Guápiles
<b>Flanco NE del Volcán Turrialba</b>									
GM-M 2	La Confianza	576.80	240.45	100	Pocora	5000	50	AyA	Guácimo
BO-M 6	Las Delicias	575.90	238.05	210					
BO-M 1	Francia y Cairo	585.70	233.80	130	La Francia de Siquirres	2250	50	ASADA	Bonilla
BO-M 2	La Alegría	579.85	231.05	370	La Alegría de Siquirres			ASADA	Bonilla
<b>Flanco Este del Volcán Turrialba</b>									
TQ-M 16	Miguel Montero	576.95	219.95	670	Bonilla Arriba y Debajo de Siquirres	306	1.3	ASADA	Tucurrique
BO-M 3	Manuel Brenes	578.80	221.00	380			2.0		Bonilla
BO-M 4	Rafael Sanabria	579.30	221.50	320			5.0		Bonilla
BO-M 5	Crisanto Romero	577.90	223.88	345	Florida de Siquirres	276	3.0	ASADA	Bonilla
<b>TOTAL</b>							<b>1407.3 l/s</b>		

Fuente: Losilla, M., Mapa de Fuentes de Acueductos y sus Áreas de Recarga, Área de Conservación de La Cordillera Volcánica Central, FUNDECOR, Noviembre, 1992. Estimado de registro de afloramientos del Dpto. Gestión Ambiental, Hidrología, AyA, 2006).

*Tabla 8. Resumen de concesiones de agua del MINAE en el cantón de Pococí*

<b>Tipo concesión</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Pozos Totales	133	475,96
Pozos con concesión vigente	107	432,25
Manantiales Totales	51	1800,82
Manantiales con concesión vigente	44	1800,25
Ríos y Quebradas Totales	25	2371,33
Ríos y Quebradas con concesión vigente	18	263,76
<b>Concesiones Totales</b>	<b>209</b>	<b>4648,11</b>

El conjunto de manantiales denominados La Roca se ha estimado de aforos esporádicos antes de su captación, una producción media anual de **840 l/s**. (Cuadro de aforos del Dpto. Gestión Ambiental, Hidrología, AyA, 2006).

Su afloramiento es al pie de un escarpe de más de 10 m de espesor, formado por lava blocosa, que parece ser un frente de colada de lava basalto – andesítica procedente del flanco Norte del Volcán Turrialba.

Esta colada de lava forma el denominado Acuífero Guácimo que es de tipo freático o libre. (Tecnoambiente Centroamericano, 2003).

En la base de este acuífero, Tecnoambiente 2001, identificó un aglomerado con matriz soldada impermeable que denominó **Acuicierre Suerre**, que separa el Miembro Lavas de Guácimo, del Miembro subyacente Santa Clara, formado por lavas y aglomerados volcánicos que lo denominaron como acuífero Santa Clara.

El acuífero Santa Clara se presenta como confinado en el Sector de laderas montañosas y como semi confinado en los Sectores de Abanicos y Llanuras Aluviales, donde está sobreyacido por los acuíferos aluviales.

En la **Mapa 5. Perfil esquemático E-W hojas Guápiles y Guácimo** (Tecnoambiente 2003), siguiendo el trazado del proyecto Hidroeléctrico Jiménez; la **Mapa 6. Secciones hidrogeológicas** (Tecnoambiente 2001), y **Mapa 7. de la hidrogeológico regional local** (Tecnoambiente 2001), se presentan las secciones hidrogeológicas esquemáticas A-B y C-D y su ubicación, donde se muestran los acuíferos Guácimo y Santa Clara, así como el Acuicierre Suerre que las separa.

Este acuífero ha sido identificado en varios pozos de la zona de Guápiles, básicamente en los pozos propiedad de Florida Ice & Farm, Mundimar y Dos Pinos. En estos pozos, no se ha logrado penetración total del acuífero pero los rendimientos en caudales en pozos individuales registrados bajo condiciones de régimen de no equilibrio son del orden entre 5 y 10 l/s.

Parte de esa, u otra colada, procedente de las faldas del V. Turrialba, parecen identificarse en pozos perforados entre 5 y 10 Km, de los afloramientos de los manantiales, en dirección NE, dentro de la Unidad de los Abanicos Aluviales del Turrialba.

Este miembro de lavas andesíticas fracturadas y depósitos de aglomerados de matriz permeable, se identifica como el Acuífero Inferior de Santa Clara (Tecnoambiente Centroamericano, 2003).

Ver **Mapa 8. Perfil hidrogeológico A-A: Pozos y manantiales relacionados con lavas del Volcán Turrialba y llanuras del Atlántico**, y su ubicación en el **Mapa 4. Zonificación hidrogeológica y manantiales**.

En el flanco NE del Volcán Turrialba, se reportan 4 manantiales, entre las elevaciones de 100 a 370 m snm, que abastecen el Acueducto de Pocora, administrado por el AyA, y los acueductos de La Francia, El Cairo y La Alegría de Siquirres, administrados por ASADAS.

De estos manantiales, no se tiene información de su mecánica de flujo, pero por sus producciones de estiaje de aproximadamente 50 l/s, se estiman asociados a pequeñas coladas de lava superficiales.

En el flanco Este del Volcán Turrialba, se reportan otros 4 manantiales, entre las elevaciones de 320 a 670 msnm, que abastecen los acueductos de Bonilla Arriba y Abajo, y Florida de Siquirres; ambos administrados por ASADAS.

Tampoco se tiene información de su modelo hidrogeológico, pero, por sus producciones de estiaje menores a 5 l/s se estiman asociados a tálus y suelos permeables sobre cenizas impermeables.

### **2.3.2.b Manantiales en el sector de Cubujuquí**

(Losilla et al, 1992).

Los manantiales inventariados en el Sector de Cubujuquí (Mapa 8.), son descargas naturales de acuíferos superficiales formados por flujos de materiales volcánicos provenientes del Volcán Barva y/o Cacho Negro.

Aunque la geología sólida en el área, está cubierta casi en su totalidad por suelo, materiales de deslizamientos y corrientes de lodo, se ha notado al menos un tipo de relación geológica que parece dar origen a estos manantiales:

Tálus sobre materiales volcánicos consolidados (lavas, ignimbritas o tobas), que actúan como piso parcialmente impermeable del acuífero en los materiales detríticos del tálus, avalancha y/o suelo.

Aunque no se tiene registros históricos de aforos en esos manantiales, por ser originados por acuíferos superficiales, su caudal debe ser fluctuante y muy sensible a las variaciones de la precipitación del sector.

Características de los manantiales mencionados se describen en la *Tabla 9. Características de manantiales, sector Cubujuquí* y se ubican en la **Mapa 9. de ubicación de manantiales, sector Cubujuquí.**

Uno de ellos captado para abastecimiento público por el acueducto de la comunidad de La Esperanza, y está administrado por el Comité de Acueductos Rurales (CAR) del lugar.

En Losilla et al., 1992, se reporta que otros 5 manantiales estaban en proyecto de ser captados por la Dirección de Obras por Administración del AyA, para abastecer los acueductos de Colonia Villalobos, Huetares, Cubujuquí, Nazaret, Horquetas, Ticare, Finca Onæ, La Rambla y La Victoria; para un total aproximado de 5500 personas beneficiadas.

Tabla 9. Características de manantiales, sector Cubujuquí

N°	Nombre	Hoja Topogr.	Coordenadas IGN	Elevación (asna)	Q. Medio. Aprox. (l/s)	Poblado Abastecido	N° Benef. Potenc.	Adminstrac.	Condición Geológica
1	El Poquito	Gúapiles	540,60/246,06	415	0,8	Sin captar *	230	Proy. CAR/AyA	Tálus/volcánico
2	Chayotillal	Gúapiles	540,40/245,87	425	14	Sin captar *	4000	Proy. CAR/AyA	Tálus/volcánico
3	la Roca	Gúapiles	540,05/245,60	450	4	Sin captar *	1100	Proy. CAR/AyA	Tálus/volcánico
4	Tacotales	Gúapiles	538,92/244,38	645	1	Sin captar	0	-	Tálus/volcánico
5	Varela	Gúapiles	504,60/244,38	405	9	La Esperanza	2500	CAR	Tálus/volcánico
6	Caramelo	Gúapiles	540,70/247,20	340	12	Sin captar *	3400	Proy. CAR/AyA	Tálus/volcánico
7	Murillo	Gúapiles	538,75/246,00	490	6	Sin captar *	1700	Proy. CAR/AyA	Tálus/volcánico
<b>Totales</b>					46,8 l/s		12930		

Notas:

1. El caudal de algunos manantiales incluye rebalses.
2. CAR= Comité de Acueductos Rurales.
3. Los manantiales marcados (\*), son parte un proyecto AyA-comunidades para abastecer los acueductos de Colonia Villalobos, Huetares, Cubujuquí, Nazaret, Horquetas, Ticares, Finca Once, La Rambla y la Victoria.
4. Para estimación de caudales y beneficiarios se utilizó una dotación de 300 litros/día/pers.; y 5 pers./casa.
5. Los beneficiarios potenciales son aproximadamente el doble de los actuales, los acueductos se diseñan para un crecimiento a 20 años.

**Otros manantiales en el sector de Cubujuquí** (Losilla et al, 1992).

En visitas al Sector de Cubujuquí en 1992, se observó además una decena de manantiales menores (menos de 0.5 l/s) dispersos en las márgenes de los ríos y quebradas del área. Otros manantiales importantes podrían existir en la zona, y que no fueron identificados durante las visitas de campo de 1992, ni reconocidos por los lugareños consultados.

Esos otros manantiales menores que son intermitentes en su mayoría; a lo largo de las quebradas que forman el Río Santa Clara, y de otras quebradas del Sector, se nota también gran cantidad de flujo subsuperficial disperso sobre el lecho de los cauces, que hace que las quebradas aumenten su caudal rápidamente en su trayectoria.

Seguramente este flujo subsuperficial se origina en el contacto entre los materiales de relleno superiores y materiales volcánicos consolidados o paleosuelos inferiores.

Este flujo subsuperficial parece ser mucho mayor que el que se origina puntualmente por depresiones paleo topográficas en los manantiales. Es posible que parte de este flujo sea susceptible de ser captado por medio de "galerías de infiltración" paralelas a los cauces de las quebradas.

**Mecánica de flujo de los acuíferos del sector Cubujuquí**

El modelo de la mecánica del flujo propuesto para los acuíferos superficiales del Sector se muestra en el "Perfil hidrogeológico esquemático" de la **Mapa 10. Perfil hidrogeológico esquemático, sector de Cubujuquí.**

La recarga a estos acuíferos superficiales es esencialmente por la infiltración efectiva directa originada por la lluvia de la zona, y parcialmente por flujo lateral proveniente de las cuencas altas del Río San José y de la Q. Quebradón.

Estos acuíferos superficiales, se descargan como:

- a) flujo base subsuperficial a las quebradas del área cuando éstas cortan el acuífero actuando como drenajes naturales;
- b) por medio de los manantiales descritos cuando la topografía corta los acuíferos;
- c) por percolación vertical del agua subterránea a acuíferos más profundos, que aguas abajo aflora como flujo base, en las cuencas medias y bajas de los ríos Puerto Viejo, Sucio y Chirripó en las llanuras aluviales del Atlántico y San Carlos; y
- d) por captación directa de los numerosos pozos de poblados y compañías bananeras que existen en las cuencas medias y bajas de los ríos mencionados.

Los acuíferos superficiales del sector son colgados, de poco espesor, lo que hace que posiblemente sus niveles freáticos, aunque deben encontrarse entre 2 y 10 m de profundidad en la mayor parte del área, sean difíciles de detectar.

Su flujo, es principalmente de tipo poroso en los materiales detríticos superficiales. Por ser estos acuíferos muy superficiales, son muy vulnerables a la contaminación química y bacteriológica que puedan ocasionar actividades agropecuarias o urbanas en sus áreas de recarga.

### 2.3.2.c Información hidrogeológica de pozos

La mayoría de los pozos registrados en el MINAE y SENARA, presentan pocos datos técnicos de los acuíferos y pozos, sin embargo, se recopiló información hidrogeológica de:

- La Base de datos de pozos suministrada por ProDUS y basada en pozos del registro de SENARA (Anexo 1);
- Algunos pozos de fincas bananeras del Cantón de Pococí (Anexo 1) y,
- Pozos de fincas bananeras en los alrededores del Puerto Viejo de Sarapiquí, que aunque se encuentran fuera del cantón, presentan información hidrogeológica, litológica y físico química más completa y se consideran de características hidrogeológicas similares a los de las llanuras de Pococí.

La fuente de información técnica de los pozos de las fincas bananeras proviene de asesorías técnicas efectuadas por el consultor.

La Base de Datos de Concesiones del MINAE (**Anexo 2**), aparte del caudal autorizado, no presenta información hidrogeológica técnica de los pozos.

#### a. Algunos pozos del cantón de Pococí

La Base de Datos de pozos suministrada por ProDUS, basada en pozos del registro de SENARA, presenta información parcial de 225 pozos; y adicionalmente 17 pozos viejos de fincas bananeras, que se presentan en el **ANEXO 1: Base de Datos de Pozos del SENARA**.

La mayoría de los pozos se encuentran en el centro sur del Cantón, en el sector alto y medio de la Unidad de Llanuras aluviales del Cantón de Pococí.

Esos pozos se ubican en el mapa de la **Mapa 11. Localización de pozos de SENARA y algunos pozos en bananeras**.

Se seleccionaron y tabularon los pozos que presentaban información de:

- Parámetros hidráulicos del acuífero, y
- Litologías interceptadas descritas durante las perforaciones.

A continuación se describe y analiza esa información.

#### **Parámetros hidráulicos de los acuíferos según pozos del archivo de SENARA**

En la *Tabla 10. Pozos con Q/s (l/s/m) y estimación de T (m<sup>2</sup>/d), cantón de Pococí*, se presentan 52 pozos con información hidrogeológica parcial.

Se observa que los niveles estáticos (NE) de la las Unidades de Abanicos aluviales y Llanura aluvial, se encuentran a profundidades entre 0.5 m y 10 metros bajo el nivel del suelo (mbns). Los niveles estáticos de la mayoría de los pozos de la llanura aluvial, oscila según la estación del año y ubicación, entre 0.5 y 5 mbns.

Los pozos tienen profundidades entre 25 y 95 m bajo el nivel del suelo, y su producción reportada varía entre 85 litros por segundo (l/s) y 0.5 l/s. La mayoría de los pozos reportan caudales entre 3 y 15 l/s.

De los caudales (**Q**) y abatimientos (**s**) reportados para algunos de esos pozos, se calcularon “**capacidades específicas**” (**Q/s**), que pueden representar una característica de producción del acuífero, si los pozos son 100% eficientes y los tiempos de bombeo son iguales.

Estas condiciones no se cumplen en la mayoría de los pozos analizados, pero dan una idea de la producción general de los acuíferos.

Estas **Q/s**, varían entre **0.02 y 6,33 l/s/m**, sin que tengan un patrón identificable para una zonificación de productividad de los acuíferos.

Con las capacidades específicas determinadas, se estimaron las transmisividades (**T**) en esos pozos utilizando las curvas de “**T vs. Q/s**” de Walton, 1970, asumiendo tiempos de bombeo medios de 8 hrs., o lo que se reporta de sus pruebas de bombeo, y un tipo de acuífero semiconfinado ( $S \sim 0.001$ ).

Las transmisividades (**T**) son una medida de la capacidad del espesor acuífero captado de transmitir el agua subterránea.

Las “**T**” estimadas, varían entre **25 y 12600 m<sup>2</sup>/día**, aunque la mayoría se encuentra en el rango de **150 a 2000 m<sup>2</sup>/día**, sin ningún patrón areal identificable, indicando la variabilidad de los lentes acuíferos de la región.

Ninguno de los pozos presenta información sobre “coeficientes de almacenamiento” (**S**) de los acuíferos captados, pero en la mayoría de los pozos, se captan materiales aluvionales o volcánicos entre material arcilloso de muy baja permeabilidad, que varían entre acuíferos libres cuando son superficiales y confinados en profundidad. Se asume que en general los paquetes de capas y lentes acuíferos se comportan como acuíferos semiconfinados con un coeficiente de almacenamiento de **S  $\sim$  0.001**.

Tabla 10. Pozos con Q/s (l/s/m) y estimación de T (m<sup>2</sup>/d), cantón de Pococí  
(Archivos SENARA, 2006)

ID_POZO	LAMB. N X	LAMB.E Y	PROF. (m)	QFIN (l/s)	N.EST. (mbns)	N.DINAM. (mbns)	T.BOM. (mins.)	s (m)	Q/s (l/s/m)	t hrs	T m <sup>2</sup> /d
10	260950	565100	42	3,3	1,00	11,00	720,0	10,00	0,33	12	271
15	265700	568650	43	6,0	3,75	24,95		21,20	0,28	0	258
16	265000	576750	27	6,5	1,50	15,00		13,50	0,48	0	466
19	273000	575740	33	3,0	2,67	6,61	480,0	3,94	0,76	8	731
20	265400	565000	92	13,0	4,40	16,97	360,0	12,57	1,03	6	1008
24	266800	568900	45	21,5	2,00	19,21	1440,0	17,21	1,25	24	1197
25	258880	567050	40	5,8	3,14	28,26	360,0	25,12	0,23	6	214
30	271600	578350	30	1,8	1,80	24,00		22,20	0,08	0	63
31	264400	567610	92	16,3	1,85	10,42	720,0	8,57	1,90	12	1638
33	262050	566200	78	10,4	2,59	11,77		9,18	1,13	0	1033
34	266650	566800	55	10,0	2,63	6,26		3,63	2,75	0	2646
37	261640	566000	47	10,6	6,96	12,98		6,02	1,76	0	1512
38	271200	569950	40	1,9	2,10	2,40	720,0	0,30	6,33	12	6300
40	268250	577400	59	7,5	4,00	25,30	720,0	21,30	0,35	12	277
41	266050	576650	48	6,3	1,25	6,74	1440,0	5,49	1,15	24	1134
42	267550	575900	50	6,0	3,09	13,67	1440,0	10,58	0,57	24	567
43	268250	577400	59	7,5	4,00	25,30	720,0	21,30	0,35	12	277
49	258100	571900	50	3,5	5,00	26,00	480,0	21,00	0,16	8	139
55	266250	567300	40	3,5	4,47	8,40		3,93	0,89	0	756
60	267600	574650	60	2,5	3,00	34,00	1080,0	31,00	0,08	18	63
62	260500	564500	60	3,5	3,25	25,75	720,0	22,50	0,16	12	126
63	258000	575950	85	4,8	6,00	62,30	720,0	56,30	0,08	12	63
64	266300	574280	50	7,5	4,56	10,21	720,0	5,65	1,33	12	1260
68	266500	573500	60	0,8	7,60	51,20	2,0	43,60	0,02	2	25
69	266950	574030	57	8,0	3,44	14,70	0,0	11,26	0,71	0	630
70	272460	575450	30	3,6	8,25	16,46		8,21	0,43	0	365
71	261900	579600	80	5,0	1,00	3,50		2,50	2,00	0	1890
73	258700	566750	50	11,0	4,50	16,60		12,10	0,91	0	819
74	263400	567090	25	10,0	3,50	10,23		6,73	1,49	0	1386
75	263800	574570	44	1,0	2,91	24,00		21,09	0,05	0	50
76	270400	569600	37	12,0	8,05	12,64		4,59	2,61		2520
100	255700	564400	30	3,0	4,50	17,83	24,0	13,33	0,23	24	202
101	248390	564225	44	5,0	0,63	15,02		14,39	0,35	0	277
102	248425	564125	45	2,5	2,00	5,00		3,00	0,84	0	756
103	256525	569125	40	2,0	4,67	22,10		17,43	0,11	0	76
105	255800	565000	40	4,5	2,85	13,50		10,65	0,42	0	353
107	242800	563900	40	4,0	3,50	30,00		26,50	0,15	0	126

*Continuación. Tabla 10 Pozos con Q/s (l/s/m) y estimación de T (m<sup>2</sup>/d), cantón de Pococí (Archivos SENARA, 2006)*

ID_POZO	LAMB.N	LAMB.E	PROF.	QFIN	N.EST.	N.DINAM.	T.BOM.	s	Q/s	t	T
	X	Y	(m)	(l/s)	(mbns)	(mbns)	(mins.)	(m)	(l/s/m)	hrs	m <sup>2</sup> /d
129	252450	557250	20	1,3	5,00	5,70		0,70	1,80	0	1575
133	244500	562100	30	3,8	10,50	17,60	360,0	7,10	0,53	6	479
134	243000	561800	55	1,7	16,66	49,71	360,0	33,05	0,05	6	50
144	256300	560700	80	4,7	7,50	32,60	720,0	25,10	0,19	12	164
148	242800	561250	25	1,1	1,43	9,36		7,93	0,14	0	113
152	253700	562250	31	1,6	3,84	10,34		6,50	0,25	0	227
153	252550	563380	30	2,5	1,50	4,50		3,00	0,83	0	756
154	242860	559420	30	1,0	1,00	2,00		1,00	1,00	0	882
203	267700	555270	52	9,5	4,36	10,00	600,0	5,64	1,68	10	1512
204	264570	555000	50	10,0	3,40	5,06	720,0	1,66	6,02	12	6300
206	260500	563450	74	10,0	3,50	6,70	720,0	3,20	3,13	12	2898
209	265900	562600	75	5,0	3,60	32,27	24,0	28,67	0,17	24	164
213	263700	552500	40	12,0	5,30	7,52		2,22	5,41	0	5670
214	265090	563050	29	0,5	4,61	21,70		17,09	0,03	0	38
215	263500	563300	45	<b>85,0</b>	3,88	10,53		6,65	<b>12,78</b>	0	<b>12600</b>

### Parámetros hidráulicos de los acuíferos según pozos de fincas bananeras, Pococí

Se hace la aclaración de que la información de estos pozos corresponde a los años 1980 a 1985, y aunque algunos de estos pozos puedan no existir en la actualidad, la información hidrogeológica sigue siendo válida.

De la *Tabla 11. Parámetros hidráulicos de algunos pozos bananeros, cantón Pocoa*, se observan niveles estáticos (**NE**) entre **1.15 y 8.25 mbns** tomados en diferentes épocas; caudales (**Q**) entre **1 y 18,9 l/s** y las profundidades de los pozos varían entre 6.5 y 61 m bajo el nivel del suelo.

De los caudales (**Q**) y abatimientos (**s**) reportados para algunos de esos pozos, se calcularon "capacidades específicas" (**Q/s**), que varían entre **0.38 y 12.52 l/s/m**, sin que tampoco tengan un patrón identificable para una zonificación de productividad de los acuíferos.

Con las capacidades específicas determinadas, se estimaron las transmisividades (**T**) en esos pozos utilizando las curvas de "T vs. Q/s" de Walton, 1970, asumiendo tiempos de bombeo medios de 8 hrs. (lo cual no es exacto).

Las transmisividades (**T**) estimadas, varían entre **25 y 1250 m<sup>2</sup>/día**, sin ningún patrón areal o en profundidad identificable, indicando la variabilidad de los lentes acuíferos de la región.

Con algunas litologías descritas de los pozos bananeros y los diseños de esos pozos, se estimó el espesor (**b**) total de capas acuíferas captadas, asumiendo buenas descripciones y diseños de pozos, y se determinó la “conductividad hidráulica” (**K**) media de esas capas acuíferas mediante la relación de “ $T = K * b$ ”.

Las “**K**” determinadas varían entre **2.3 y 83 m/d**, indicando también la gran variedad de las características de los materiales acuíferos interceptados por esos pozos.

Tabla 11. Parámetros hidráulicos de algunos pozos bananeros, cantón Pococí

Pozo	Hoja Cartogr. 1:50000	Coord.	Nivel estát. NE (mbns)	Caudal Q (l/s)	Abat. s (m)	Q/s (l/s/m)	Prof. Pozo (m)	T (m <sup>2</sup> /d)	b (m)	K (m/d)	Observ.
<b>Fcas. Standard</b>											
Bananos	R. Sucio	562,5/262,5	2,1	12,2	24	0,51	54,8	39	12	3,3	Litología
Kehoe	Guácimo	566,8/255,95	5	7,0	5,35	1,30	45	120	23	5,2	Litología
Fca. S. José Cuadrante	R. Sucio	563,15/265,85	3,6	1,1			45		21		
Sta. Clara A	Guácimo	567,2/253,0		11,0	12,5	0,88	33		15	5,8	Litología
Fca. S. José, Planta	R. Sucio	563,15/265,5	8,25	13,9	22	0,63	61,0	60	24	2,5	Litología
Sta. Clara C	Guácimo	568,9/253,5	2,13	12,2	19,5	0,63	33,5	60	24	2,5	Litología
Tortuguero	Guápiles	256,3/560,8		18,9	21	0,90	33,5	87	15	5,8	Litología
Caribe	R. Sucio	562,95/262,3		13,0	16,5	0,79	24,4	73	18	4,1	Litología
Roxana 2	Guápiles	563,15/253,5	3,15	6,9	18,2	0,38	47,3	25	11	2,3	Litología
<b>Fcas. Bandeco</b>											
S. Peter	R. Sucio	561,0/266,0	6,98	7,5	4,8	1,56	32	150			
Formosa	R. Sucio	563,0/261,0		18,9	1,51	12,52	36	1250			Litología
Perdiz	R. Sucio	561,05/258,20	4,5	11,3	10,71	1,06	36	90			
La Frutera	R. Sucio	563,4/264,0	4,3	9,4	2,24	4,20	33	415			
Mola	R. Sucio	561/257,8	4,7	12,6	2,26	5,58	45,7	615			
Francesa	Guácimo	565,8/254,2									
<b>Pozos fuera del cantón de Pococí</b>											
Perla 1	Parismina	604,5/239,7	1,5	3,3	6	0,55	45	40	17	2,4	
Perla (viejo)	Parismina	604,5/239,7	1,83	10,3	10,7	0,96	48,8	80	7,6	10,5	

Losilla, M., 1980 a 1985

T<sup>w</sup> = Transmisividad estimada de curvas de Q/s de Walton para S ~ 0,001 (semiconfinado) y t ~ 8 hrs.

b= Espesor de capas acuíferas estimadas de litológicas de pozos y armados

K= Conductividad hidráulica = T/ b

### **Litologías de algunos pozos del cantón de Pococí.**

De la base de datos recopilada en SENARA, (Anexo 1), se seleccionaron los pozos con descripción litológica de los materiales atravesados durante su perforación, y se presentan en el **ANEXO 3: Litologías de pozos, cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006 y algunos pozos bananeros)**

En las **descripciones litológicas de algunos pozos en el cantón de Pococí**, se resumen algunas de las litologías, reportadas por diferentes perforadores de esos pozos, y que pueden tener diferencias de criterio en sus descripciones.

En las descripciones, de la mayoría de los pozos se observa alternancia de materiales arcillosos, arenas y gravas, sus mezclas y rocas volcánicas como tobas, ignimbritas y lavas.

En algunas descripciones mencionan lavas en algunos pozos, que parecen interceptar una misma colada relacionada con los afloramientos de manantiales en la parte montañosa de las faldas bajas del volcán Turrialba.

Parte de la colada que origina los manantiales, u otra colada inferior, procedente de las faldas del V. Turrialba, parecen identificarse en pozos perforados entre 5 y 10 Km, al NE de los afloramientos de los manantiales, dentro de la Unidad de los Abanicos Aluviales del Turrialba.

En el Mapa 8. **Perfil hidrogeológico A-A: Pozos y manantiales relacionados con lavas del Volcán Turrialba y Llanuras del Atlántico**, y Mapa 4. **de la zonificación hidrogeológica y manantiales**, se presenta la interpretación de esa relación hidrogeológica.

En el *Tabla 12. Pozos con lavas en el cantón de Pococí*, se muestran las litologías que contienen lavas en su columna litológica.

Tabla 12. Pozos con lavas en el cantón de Pococí

NOMBRE	ID_POZO	LAMB.N Y	LAMBE X	PROF.	LITOLÓGÍA
AF59	49	258100	571900	50,0	0-15 Arenas medias a gruesas con arcilla 15-29 Arcilla gris impermeable 29-41 Arenas gruesas 41-44 Arcillas <b>44-45 Lavas</b> 45-48 Gravas medias con arcilla 48-51 Gravas menos arcilla
AF83	71	261900	579600	80,0	0-12 Suelo, arcillas café muy plásticas 12-32 Arenas medias a gruesas en matriz arcillosa 32-45 Arenas medias a finas limpias 45-52 Arenas finas lodosas 52-63 Arcillas plásticas <b>63-77,50 Lavas escoriáceas muy alteradas</b> 77,50-80 Arcillas lodosas
AF85	73	258700	566750	50,0	0-3 Arcillas de diferentes tipos 3-18 Grava fina con matriz arcillosa 18-26 Grava media a fina muy limpia 26-37 Arcillas 37-44 Grava fina muy limpia 44-48 Arcillas <b>48-50 Lavas volcánicas</b>
CL7	<b>78</b>	236300	557000	54,0	<b>0-54 Lavas, sanas, se notan dos coladas principales hasta 31m y otra de 31m a 54m. El nivel estático estuvo en 3m, hasta el pozo llegó hasta 45m, luego se colocó en 13m</b>
GM85	<b>101</b>	248390	564225	44,0	0-2 Material de relleno 2-4 Arcilla limosa 4-12 Aluvión reciente de matriz arcillosa 12-14 Aluvión 14-18 Aluvión reciente de Guijarros 18-24 Ídem anterior <b>24-28 Lava Basáltica</b> <b>28-43,5 Lava color gris</b> 43,5-44 Arcilla gris
GM89	<b>102</b>	248425	564125	45,0	0-10 Arcillas 10-24 Coluvio aluvial <b>24-43 Lava gris</b> 43-45 Arcilla color gris
GU32	134	243000	561800	55,0	0-15 Aluviones grandes 15-28 Aluviones medianos con arcilla 28-30 Arcilla <b>30-38 Lava brechosa</b> <b>38-55 Lava masiva</b>
GU52	<b>148</b>	242800	561250	25,0	0-14 Depósito coluvio aluvial <b>14-25 Lavas sanas</b>

**b. Algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí**

En la margen derecha del R. Sucio, en la Llanura de S. Carlos, al oeste del cantón de Pococí, en un área de aproximadamente 60 Km<sup>2</sup>, se cuenta con información técnica de 28 pozos de la compañía bananera COBAL, a elevaciones entre 31 y 52 msnm, construidos entre 1991 y 1992.

Estos pozos, aunque se ubican fuera del cantón de Pococí, parecen tener condiciones hidrogeológicas similares a las de los pozos de las Llanuras Aluviales del cantón, por lo que se discute su información técnica que es bastante confiable.

**Parámetros hidrogeológicos de pozos bananeros en Puerto Viejo de Sarapiquí.**

En la *Tabla 13. Parámetros hidrogeológicos de pozos bananeros en Puerto Viejo de Sarapiquí*, y **ANEXO 4: Descripciones litológicas de algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí**, se resume su información.

Los pozos se ubican en el mapa de la **Mapa 12. Fincas y pozos bananeros en Puerto Viejo, Sarapiquí**.

*Tabla 13. Parámetros hidrogeológicos de pozos bananeros en Puerto Viejo de Sarapiquí*

<b>POZO</b>	<b>Prof. Total (mbns)</b>	<b>NE (mbns)</b>	<b>Q prueba (l/s)</b>	<b>Q/s -24 hrs. (l/s/m)</b>	<b>T (m<sup>2</sup>/d) / S (%)</b>
Roble 1	82	9.3	9.1	0.6	40
Roble 2	78	4.9	20.8	1.4	205
Cocobolo 1	88	3.6	15	1.2	
Cocobolo 2	85	4.6	6	2.1	172
Coyol 1	86	2.3	15.7	0.79	90
Coyol 2	88	3.9	13.2	0.68	85 / 0.12
Canfín 1	95	3.9	15.7	1.0	107
Canfín 2	95	3.8	10.5	0.63	52
Malinche 1	85	5.5	15.75	2.5	329
Malinche 2	90	4.4	15.7	2.3	242
Malinche 3	70	5.7	8	2.1	178
Guapinol 1	76	4.2	4.7	0.24	62 / 0.07
Guapinol 2	78	3.1	13.2	1.0	69
Guapinol 3	79	3.9	9.8	0.59	26
Gavilán 1	87	4.5	10.5	0.79	101
Gavilán 2	74	3.6	10.6	0.54	33
Nogal 1	52	6.5	9.8	1.28	84
Nogal 2	85	3.1	9.5	0.35	19
Nogal 3	90	2.92	5.8	0.22	4
Oropel 1	80	3.2	10.6	0.81	100
Oropel 2	79	3.3	9.8	2.27	250
Oropel 3	88	8.4	6	0.45	134
Álamo 1	62	3.3	9.8	1.3	127
Álamo 2	85	3.28	13.2	2.36	200
Aeropuerto	79	4.1	9.8	4.26	325
Guayacán 1	87	2.7	10.6	0.45	39
Guayacán 2	92	4.6	10.6	1.57	108
Gacelas 1	90	3.1	10.6	0.49	62
Gacelas 2	77	3.6	10.6	2.61	206
<b>Promedios</b>	<b>86.3</b>				<b>124.2</b>

Losilla M., 1990 a 1993

Las profundidades de estos pozos varían entre 52 y 95 m bajo el nivel del suelo, y sus producciones entre 5 y 20 l/s.

De pruebas de bombeo de los pozos, se calcularon transmisividades y capacidades específicas.

Sus transmisividades (T) varían entre 4 y 329 m<sup>2</sup>/día, con una media de 124 m<sup>2</sup>/día; y sus capacidades específicas (Q/s) entre 0.22 y 4.26 l/s/m de abatimiento.

No se encontró un patrón areal de producciones de los pozos, transmisividades o capacidades específicas.

Todos los pozos captan materiales volcánicos como tobas, ignimbritas o lavas, y algunos también lentes aluviales delgados de arenas y gravas entre capas de arcilla y lentes de lodo negro con materia orgánica en descomposición.

En varios de los sitios de pozos, como Guapinol 2, Guayacán 1, Guayacán 2, Nogal 1, Coyal 1, Coyal 2, Canfín 1, Canfín 2, Malinche 1, Malinche 2, Roble 1, se encontró un acuífero aluvial somero, separado de acuíferos inferiores por capas de arcilla.

Este acuífero aluvial somero, no es continuo y su espesor varía entre 3 y 12 m, es difícil de captar para producciones mayores a 5 l/s, ya que es desecado parcialmente por su abatimiento.

Todos los pozos utilizan entre 2 y 4 tramos de rejillas, captando los lentes de tobas, ignimbritas menos meteorizadas y/o las arenas y gravas más limpias (sin arcilla), que se consideran acuíferos potenciales, y que están separados por capas de material arcilloso o pantanoso (turboso), con poca permeabilidad y baja calidad de agua, que se tratan de aislar en los diseños de los pozos con tuberías o "casing" sellados.

Esto indica un medio de lentes acuíferos heterogéneos, entre capas arcillosas de baja permeabilidad, que sugiere que todo el acuífero pueda considerarse en su totalidad como un acuífero tipo multi lente, heterogéneo y en promedio de funcionamiento semiconfinado.

#### **Litológicas de algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí.**

En el **ANEXO 4: Descripciones litológicas de algunos pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí**, se reportan las rocas atravesadas en las perforaciones de esos pozos.

Las litologías, muestran un ambiente húmedo, bajo, que se ha rellenado de materiales aluviales y rocas volcánicas como tobas, tobetas y aglomerados heterogéneos que en algunos casos podrían ser re TRABAJADAS por arrastre hídrico, por lo general bastante meteorizadas, alternando con capas de ignimbritas o lavas, con lentes de material coluvio aluvial de lahares o corrientes de lodo, arenas y gravas finas de poco espesor, algunas veces limpias y otras en una matriz arcillosa, y con lentes arcillosos grises y otros negruzcos con materia orgánica en descomposición.

La evidencia de materia orgánica se presenta en casi todos los materiales, ya sean volcánicos o aluviales, indicando un ambiente de pantano y llanura que se ha ido rellenando por procesos de arrastre hídrico y volcánico como en la actualidad.

La gran variabilidad de los materiales de un sitio de perforación a otro, en un área de alrededor de 60 Km<sup>2</sup>, indica un medio muy heterogéneo, con una gran influencia de procesos hídrico de inundaciones y corrientes de lodo.

### **Calidad de las aguas subterráneas en Puerto Viejo de Sarapiquí.**

Se ha encontrado (Losilla M., Octubre 1992) en un muestreo de alrededor de 25 pozos de bananeras de Puerto Viejo – Zapote de Sarapiquí, que las aguas subterráneas son de tipo “magnésico o cálcico bicarbonatadas”.

Los sólidos totales disueltos (STD), varían entre 122 y 488 mg/l y su Ph entre 6.47 y 8.10

La mayoría de los pozos producía agua con altas concentraciones de hierro total y manganeso.

Varios de los pozos se salían de las **normas recomendables** de potabilidad físico – química del agua por:

- Turbiedad, Color y Olor,
- Altas concentraciones de Hierro Total y Manganeso (Fe + Mn: 0.3 ppm, U.S. Public Health Service)

Estas afectaciones de la calidad del agua subterránea posiblemente se relacionan con los procesos de descomposición de la materia orgánica existente en casi todas las capas y/o lentes hidrogeológicas atravesados por los pozos.

Los límites para hierro y manganeso son recomendables y no obligatorios. El hierro afecta principalmente la estética y el gusto al teñir las telas (ropa, etc.) y las de inodoros y lavatorios de amarillo, y producir un sabor a herrumbre.

De muestreos diferenciados en profundidad de los pozos, se notó que en general, las concentraciones de hierro disminuyen levemente en profundidad.

Después de 1.5 años de explotación del acuífero, se notó que en general bajaron las concentraciones de los iones cloruro, sulfato, sodio y potasio, así como los STD.

Sin embargo, después de esos 1.5 años de explotación, el hierro total aumentó notablemente en la mayoría de los pozos, posiblemente, porque el bombeo puso en circulación aguas estancadas en depósitos subterráneos de materia orgánica en descomposición, mezclándose con aguas más nuevas.

### **2.3.2.d Calidad natural de las aguas subterráneas**

En este apartado, se comentan los resultados de análisis físico químicos disponibles de diferentes fuentes de información como a) manantiales de Numancia para acueductos urbanos manejados por el AyA; b) acueductos rurales manejados por ASADAS, y 3) pozos y manantiales reportados por Tecnoambiente 2001, para el Proyecto Hidroeléctrico Jiménez.

Los resultados de esos análisis físico – químicos se presentan en el Anexo 5: Resultados de análisis físico químicos de aguas subterráneas del cantón de Pococí, y se ubican en el Mapa 16 ubicación de fuentes de agua subterránea con información de calidad físico – química en el cantón de Pococí.

### a. Análisis físico – químicos de las nacientes Numancia 1, Numancia 2 y Numancia 3.

De análisis físico – químicos reportados por AyA de los manantiales de Numancia 1 o Los Ángeles (Acueducto de Guápiles) , Numancia 2 (Acueducto Cariari-La Rita-Roxana) y Numancia 3 (Acueducto Cariari-La Rita-Roxana), que analizan color, turbiedad, pH, conductividad, dureza total, sulfatos, cloruros, fluoruros, nitratos, sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y algunos otros indicadores, todos se encuentran dentro de las normas de potabilidad según el “Reglamento para la calidad del agua potable”, decreto ejecutivo N° 32327 -S del 10 de febrero del 2005.

Aunque los análisis, no tienen, los aniones de HCO<sub>3</sub>, por diferencia en balances iónicos, se pueden clasificar las aguas subterráneas de estos manantiales como bicarbonático cálcicas y son poco mineralizadas.

### b. Calidad del agua subterránea en sistemas de acueductos rurales del cantón de Pococí.

En el Anexo 5, se presentan análisis físico - químicos parciales de 43 sistemas de acueductos rurales de comunidades del cantón de Pococí. La mayor parte de los sistemas cuenta con más de una fuente de captación.

Estos 43 sistemas de acueductos rurales se distribuyen en todo el cantón de Pococí, desde la zona montañosa, pasando por la llanura, hasta en las barras o cordones litorales, tal como se presentan en el Mapa 13.

En la *Tabla 14*, se resumen los sistemas de acueductos con problemas de potabilidad por calidad del agua subterránea, en 1 ó más de sus fuentes, según el “reglamento para la calidad del agua potable”, y se refieren tanto a límites recomendados o máximos permitidos. En el Anexo 5, se presentan esos problemas con sus valores y límites para cada fuente.

No todos los sistemas y fuentes, tienen análisis de todos los elementos.

*Tabla 14. Sistemas de acueductos con problemas de potabilidad por calidad del agua subterránea*

<b>Elemento / Límites potabilidad</b>	<b>N° de sistemas afectados</b>	<b>ID de sistemas afectados</b>	<b>Tipo de Fuente</b>	<b>Comentario / Sistemas afectados por Sector</b>
Turbiedad Rec.: <1 UNT Max.: 5 UNT	21	15, <b>17</b> , 18, 19, <b>21</b> , 28, 29, <b>30</b> , 32, 33, 34, 36, 37, 38, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 53.	Pozos y una naciente.	Relacionado con hierro, ácidos húmicos o arenado por mala construcción pozo. / Sectores: VM:1, AA: 2, LI M: 16
Conductividad Recom: 400 µS/cm	2	<b>21</b> , <b>23</b>	Pozos	Ligeramente > recomendado / Sector: LI M: 2
Olor Sin olor	5	<b>23</b> , 29, <b>30</b> , 32, 37	Pozos y naciente	Cloro, suampo, sulfhídrico, hidrocarburo. Posibles contaminaciones. / Sectores: AA: 1, LI M: 4.
Ph 6.5 – 8.5	9	31, 35, 38, <b>40</b> , 42, 44, 50, 51, 52	Nacientes y un pozo	< de 6.5 / Sectores: LI M: 6; CL: 2

<i>Continuación- Tabla 14. Sistemas de acueductos con problemas de potabilidad por calidad del agua subterránea</i>			
Sulfatos / 3 Rec.: 25 mg/l Max.: 250	<b>23, 30, 47</b>	Pozos	> recomendado, < máximo. Sectores: LI M: 3
Nitratos 2 Rec.: 25 mg/l Max.: 50	<b>23, 40</b>	Pozos	Posible contaminación de agroquímicos o desechos orgánicos. / Sector: LI M: 2
Manganeso 11 Rec.: 0.1 mg/l Max. 0.5	<b>21, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 40, 44, 45</b>	Pozos	También relacionados con Fe. / Sectores: AA: 1, LI M: 8
Cadmio 1 Max.: 0.003 mg/l	<b>17</b>	Pozos	Posible contaminación industrial o agrícola. / Sector: LI M: 1
Cromo / Max.: 1 0.05 mg/l	<b>17</b>	Pozos	Posible contaminación agroindustrial. / Sector: LI M: 1
Sodio / Rec.: 7 25 mg/l Max.: 200	12, <b>21, 23</b> , 26, 31, 32, 35	Pozos	> recomendado. Posible influencia agua marina / Sectores: LI M: 5; CL: 2,
Potasio 2 Max.: 10 mg/l	<b>17, 21</b>	Pozos	Posible contaminac. Agroquím./ Sectores:LI M: 2.
Hierro 21 Max.: 0.3 mg/l	12, 14, 15, <b>17</b> , 18, 19, <b>21</b> , 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, <b>40</b> , 44, 45, 46.	Pozos, punteras, nacientes	Relac. con materia orgánica en descomposic. / Sectores: VM: 1; AA: 2; LI M: 13; LI B: 1; CL: 2.
Otros elementos como Dureza total, cobre y plomo dieron negativos en todas las fuentes analizadas.			
Clave	Volcánico montañoso		VM
Sectores:	Abanico aluvial		AA
	Llanura media		LI M
	Llanura baja		LI B
	Cordón litoral		CL

Límites según calidad del agua potable”, decreto ejecutivo N° 32327 -S

Algunos acueductos como el 17, 21, 23, 30, 32, 40, 44, 45 y otros, exceden los límites recomendados o máximos en más de un elemento físico o químico. Todos se encuentran en el sector de Llanuras aluviales medias.

El sector de Llanuras aluviales medias, es donde se encuentran ubicados la mayor parte de los acueductos rurales administrados por ASADAS, y son los que se encuentran más afectados por problemas de potabilidad de la calidad natural de las aguas.

### **c. Resumen de características físico – químicas de las aguas subterráneas, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez (Tecnoambiente, 2001).**

En el Anexo 5, también se presentan análisis físico - químicos parciales de 7 fuentes de agua cercanas al sector de los manantiales de Guácimo Pococí:

- 2 pozos excavados, uno en el sector de abanico aluvial (4), y el otro en la llanura aluvial media. (5);
- 1 manantial en el sector volcánico montañoso (6) y
- 4 pozos perforados en el sector volcánico montañoso (7, 8, 9 y 10).

La ubicación de estos pozos se presenta en el Mapa 13.

Todas las fuentes fueron analizadas para turbidez, color, sólidos en suspensión y sólidos disueltos, sólidos totales, Ph, DQO, DBO, alcalinidad, dureza, Na, Fe, Mg, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, Ca, K, Cl, coliformes fecales y totales y conductividad.

En los análisis se notan las siguientes anomalías con respecto a las normas de potabilidad del decreto 25991-S:

- El pozo excavado (5) ubicado en las llanuras del R. Parismina, sobrepasa las norma de concentración de hierro (0.3 mg/l) con 0.9 mg/l.
- El pozo perforado 8) ubicado en el límite entre el sector montañoso y abanico aluvial, presenta un Ph de 5.99.

El resto de las fuentes muestreadas, cumple con las normas de potabilidad de los elementos y parámetros analizados.

Como en los análisis se dan valores de los principales aniones y cationes presentes en el agua, se efectuaron balances iónicos para categorizar el tipo de agua de las fuentes muestreadas. Estos balances iónicos se presentan en la *Tabla 15. Balances iónicos de aguas subterráneas en las cercanías de los manantiales de Guácimo-Pococí.*

Tabla 15. Balances iónicos de aguas subterráneas en las cercanías de los manantiales de Guácimo -Pococi.

Fuente: Tecnoambiente S.A., 2001.

CATIONES (Mg/l)	Muestra ID							Coef. Reac.	CATIONES meq/l	Mutra ID						
	4	5	6	7	8	9	10			4	5	6	7	8	9	10
Ca	7,1	29,5	14,1	9,3	7,1	14,1	11,0	0,04990	Ca	0,354	1,472	0,704	0,464	0,354	0,704	0,549
Mg	1,6	9,6	4,8	7,8	3,7	9,1	13,2	0,08224	Mg	0,132	0,790	0,395	0,641	0,304	0,748	1,086
Na	4,2	3,9	1,2	3,3	1,1	2,6	8,8	0,04350	Na	0,184	0,168	0,050	0,141	0,048	0,114	0,382
K	1,7	1,3	0,3	1,2	0,1	0,9	6,5	0,02558	K	0,044	0,032	0,008	0,029	0,003	0,022	0,167
Fe	0,0	0,9	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,05372	Fe	0,001	0,048	0,001	0,013	0,002	0,001	0,006
									Totales	0,714	2,510	1,158	1,290	0,712	1,589	2,189
ANIONES (Mg/l)									ANIONES meq/l							
HCO3	0,5	0,5	9,5	0,5	1,0	0,5	19,5	0,01639	HCO3	0,008	0,008	0,156	0,008	0,016	0,008	0,320
CO3	14,6	67,8	22,5	33,1	19,7	43,7	30,5	0,03333	CO3	0,487	2,260	0,750	1,103	0,657	1,457	1,017
SO4	23,0	12,0	24,7	7,2	5,8	15,1	47,5	0,02082	SO4	0,479	0,250	0,514	0,150	0,121	0,314	0,989
Cl	18,2	10,9	14,6	10,9	14,6	7,2	9,0	0,02820	Cl	0,513	0,307	0,412	0,307	0,412	0,203	0,254
									Totales	1,487	2,825	1,832	1,569	1,205	1,982	2,579
Error =	(S cationes - Saniones) / (Scationes + Saniones) * 100								% Error	35,1	5,9	22,5	9,8	25,7	11,0	8,2

Del cuadro se observa que las muestras se clasifican como:

Muestra ID / Tipo fuente	Tipo agua	Ubicación sector	% Error
4 / Pozo excavado	Clorurada cálcica	Abanico aluvial de Guápiles	35.1
5 / Pozo excavado	Carbonatada cálcica	Llanura aluvial del R. Parismina	5.9
6 / Manantial	Carbonatada cálcica	Montañoso bajo	22.5
7 / Pozo perforado	Carbonatada magnésica	Abanico aluvial Guápiles -Guácimo	9.8
8 / Pozo perforado	Carbonatada cálcica	Límite sector montañoso y abanico aluvial	25.7
9 / Pozo perforado	Carbonatada magnésica	Límite sector montañoso y abanico aluvial	11.0
10 / Pozo perforado	Carbonatada magnésica	Montañoso, arriba de manantiales G-P	8.2

Sin embargo, las clasificaciones deben considerarse poco confiables por los altos errores en la determinación de los iones reportados.

Además, las fincas bananeras reportan altas concentraciones de hierro en el agua, que les da problema para el lavado de la fruta, ya que reacciona con el látex de la fruta y la mancha.

También en el abastecimiento de agua potable de los cuadrantes de trabajadores, ya que el hierro tiñe de amarillo la ropa, las losas de los inodoros y lavatorios.

Para la eliminación o reducción de las concentraciones de hierro del agua subterránea, se han utilizado tratamientos como la aireación, cloración, precipitación y filtrado.

### **2.3.3 Acuíferos en el sector montañoso de las faldas de volcanes Irazú y Turrialba**

Las rocas volcánicas existentes en esta unidad, de los flancos norte de los volcanes Irazú y Turrialba, como las brechas y lavas fracturadas pueden dar origen a acuíferos porosos y fisurales importantes que se descargarían a las llanuras y abanicos coluvio aluviales de San Carlos y el Atlántico como:

- 1) manantiales en sus faldas medias y bajas,
- 2) como flujo base a los ríos y quebradas en algunos tramos de las faldas bajas, o
- 3) como recarga lateral de flujo subterráneo a esos materiales coluvio aluviales.

Las coladas de lava que podrían dar origen a estos acuíferos, están mapeadas parcialmente en superficie en el mapa geológico (ver Mapa 3).

Las coladas de lava están alternando con tobas, cenizas y lahares existentes en esta unidad, que, aunque tienen baja permeabilidad relativa para formar acuíferos importantes, si tienen gran porosidad para el almacenamiento de agua y regulación de flujos.

La información hidrogeológica en esta unidad es poca, sin embargo, por la buena permeabilidad de sus suelos y rocas, así como por la alta precipitación del Sector, tiene gran importancia como área de recarga y de captación de flujos subterráneos en manantiales y posibles galerías de infiltración en acuíferos someros.

En el **Mapa 14. de porcentaje de viviendas con pozo por segmento censal, Pococí** del Censo del 2000, se registran alrededor de 4 pozos, posiblemente de uso doméstico en esta unidad.

En el **Mapa 15. de porcentaje de viviendas con tanque séptico por segmento censal, Pococí**, de la misma fuente, se registran menos de 10 viviendas con tanque séptico en el sector montañoso.

En el **Mapa 16. de porcentaje de viviendas con letrina por segmento censal, Pococí**, de la misma fuente, en el sector montañoso se registran menos de 10 viviendas con letrinas.

En los archivos de pozos del MINAE, se registran 4 pozos en esta unidad, y del SENARA, solo se cuenta con un pozo que reporta litología de lavas en sus 54 m de perforación.

En el sector de Jiménez - Guácimo, se visitaron manantiales importantes que abastecen en buena parte las ciudades y poblaciones de los cantones de Pococí y Guácimo.

Estos manantiales se encuentran al pie de las laderas de la unidad geomorfológica del Volcán Turrialba, donde se inicia la unidad de abanicos aluviales del R. Toro Amarillo, pero sus áreas de captura de recarga están en la unidad del V. Turrialba.

En algunas descripciones se mencionan lavas en algunos pozos, que parecen interceptar una misma colada relacionada con los afloramientos de manantiales en la parte montañosa de las faldas bajas del volcán Turrialba.

En el sector de Cubujuquí, adyacente al Oeste del extremo montañoso Sur del Cantón de Pococí, se describen algunos manantiales superficiales (Losilla et al, 1992), que parecen tener una mecánica y condición de flujo diferente a los del Sector de Jiménez - Guácimo.

La importancia hidrogeológica del sector Volcánico Montañoso de las cantones de Pococí y Guácimo, es como zona de recarga de agua de buena calidad a los manantiales captados actualmente por el AyA y algunas ASADAS, para abastecimiento público y que producen en estiaje aproximadamente 764 l/s; y que posiblemente exista el potencial para abastecer de agua de buena calidad a la mayor parte de todos los acueductos de los cantones de Pococí y Guácimo en el futuro.

En el sector deben existir muchos otros manantiales pequeños no inventariados, que también podrían captarse en un futuro.

También se estima que debe existir una importante descarga de aguas subterráneas como flujo base a las quebradas y ríos del sector montañoso bajo y del sector de abanicos aluviales.

Es posible que estos flujos base puedan captarse por medio de galerías de infiltración a lo largo de las márgenes de los ríos y quebradas.

La información de la calidad del agua de estos acuíferos, es de una muy buena calidad físico - química natural, por moverse entre materiales volcánicos de poca disolución mineral, tal como se muestra en los análisis de los manantiales de Numancia en el apartado de "**Calidad natural de las aguas subterráneas**".

#### **2.3.4 Acuíferos en abanicos aluviales de los ríos Chirripó – Sucio y Toro Amarillo**

No se tienen datos de la permeabilidad de los materiales de los acuíferos, que son muy heterogéneos, pero se asumen conductividades hidráulicas de medias a bajas.

Bajo estos depósitos aluviales se encuentran las rocas de los macizos de los volcanes Irazú y Turrialba.

Las terrazas aluviales que se encuentran en los cauces de los ríos Chirripó y Toro Amarillo, deben ser excelentes acuíferos por su permeabilidad y podrían ser captados por medio de pozos de inducción y filtración de agua del río o galerías de infiltración.

Estas terrazas aluviales tienen la desventaja de que son inundables durante las crecidas de los ríos, sin embargo, podría pensarse en diseños de pozos con brocales altos y reforzados para resistir las crecidas de los ríos.

Una posible desventaja de las captaciones en las terrazas del R. Toro Amarillo, podría ser su calidad natural de las aguas, ya que se reportan altas concentraciones de hierro que tendría que ser tratado.

En los segmentos censales del Censo del 2000, en los Mapas 14, 15 y 16, se indican cientos de pozos, tanques sépticos y letrinas en viviendas de esta unidad. La gran mayoría de los pozos deben ser de uso doméstico y no están registrados en los archivos del MINAE ni del SENARA.

Los tanques sépticos y letrinas, en las cercanías de los pozos domésticos son una fuente potencial de contaminación microbiológica directa a esos pozos.

En los registros de inventario de permisos de extracción de pozos (concesiones) de la Oficina de Aguas del MINAE, se reportan alrededor de 25 pozos con caudales entre 0.16 y 20 l/s, como se muestra en el **Mapa 17. de localización de concesiones de abastecimiento de agua, MINAE.**

En los pozos inventariados en el SENARA dentro de esta Unidad de abanicos aluviales, se encuentran aproximadamente 33 pozos con caudales (Q) reportados entre 0.16 a 21 l/s, y niveles estáticos entre 0.21 y 17 mbns como se muestra en el **Mapa 18. de pozos registrados en SENARA según nivel estático**, aunque este último parece muy profundo para la zona.

Excepto donde puedan existir acuíferos superficiales colgados, la profundidad de los niveles del agua subterránea regionales, deben estar controlados por la profundidad de los cauces que cortan los abanicos, que son por lo general entre 2 y 5 m bajo la superficie plana.

Los niveles más someros se encuentran en los centros de los espacios inter fluviales y los más profundos en las cercanías a las márgenes de los ríos y quebradas o drenajes donde se descargan esos acuíferos.

Las fluctuaciones estacionales de niveles estáticos deben ser de aproximadamente 2 m y deben reaccionar muy rápido a las lluvias en la cordillera y en los propios abanicos, así como al nivel de los ríos y quebradas que los drenan.

Tanto los caudales como la profundidad de los niveles estáticos reportados por el SENARA, se asemejan a los caudales y niveles del resto de la Unidad de llanura aluvial más abajo, y no se encuentra diferencia entre las 2 Unidades, tal como se muestra en el **Mapa 19. de pozos registrados en SENARA según caudal. Cantón de Pococí.**

Los pozos registrados en el MINAE, indican usos de doméstico, agroindustrial e industria como se presenta en el **Mapa 20. de concesiones de caudal de pozos del MINAE según uso. Cantón de Pococí.**

Entre usos reportados en los pozos de SENARA, se mencionan doméstico, abastecimiento público, urbanístico, riego, turístico, industrial y otros usos, tal como se muestran y distribuyen en el **Mapa 21. de pozos registrados en SENARA según uso. Cantón Pococí.**

Los manantiales mencionados anteriormente de los flancos Norte y NO de la Unidad del V. Turrialba afloran en esta unidad de abanicos aluviales, pero sus áreas de captura de recarga se encuentran principalmente en el edificio del V. Turrialba.

Parte de la colada de lava que origina los manantiales del Sector de Jiménez - Guácimo, u otra colada, procedente de las faldas del V. Turrialba, parecen identificarse en pozos perforados entre 5 y 10 Km., de los afloramientos de los manantiales, en dirección NE, dentro de la Unidad de los Abanicos Aluviales del Turrialba. Ver Mapa 4. **de zonificación hidrogeológica y manantiales** y Mapa 8. **Perfil hidrogeológico A-A': pozos y manantiales relacionados con lavas del Volcán Turrialba y llanuras del Atlántico.**

Del Tabla 13. Sistemas de acueductos con problemas de potabilidad por calidad del agua subterránea, se nota que aunque algunos pozos presentan mayores concentraciones de hierro y manganeso que las indicadas en los límites de las normas de potabilidad del decreto 25991-S, son menos que las de los acuíferos del sector de llanuras aluviales.

### **2.3.5 Acuíferos en Llanuras Aluviales de San Carlos y el Atlántico**

Estos acuíferos están formados por una mezcla de material aluvial y volcánico retrabajado, así como algunos flujos de lava e ignimbritas subterráneas procedentes de las cordilleras volcánicas.

En las márgenes de los principales ríos en las partes altas y medias de la llanura, se encuentran depósitos aluviales limpios de arenas y gravas que forman acuíferos de buena permeabilidad pero de poco espesor. Lo mismo ocurre en otras partes de la llanura donde se encuentran meandros y canales enterrados por materiales recientes.

Esta condición, origina acuíferos multi-lentes o multi-capa muy heterogéneos en litología, y permeabilidad tanto lateral como verticalmente. Debido a esa misma condición los tipos de acuíferos pueden ser libres, semiconfinados o confinados.

En su totalidad, estos acuíferos se podrían considerar como semiconfinados.

En los segmentos censales del Censo del 2000, en los Mapas 14, 15 y 16, se indican miles de pozos, tanques sépticos y letrinas en viviendas de esta unidad.

La gran mayoría de los pozos deben ser de uso doméstico y no están registrados en los archivos del MINAE ni del SENARA.

**Los tanques sépticos y letrinas, en las cercanías de los pozos domésticos son una fuente potencial de contaminación microbiológica directa a esos pozos.**

En el registro de concesiones de la Oficina de Aguas del MINAE, existen alrededor de 70 pozos con concesiones entre 0.16 y 20 l/s, tal como se muestra en el Mapa 17.

En los registros de inventario de pozos del SENARA, se encontraron alrededor de 107 pozos, con caudales entre 0.16 y 21.5 l/s, su distribución, como se nota en el Mapa 19, no sigue ningún patrón areal en particular.

En la gran mayoría de los pozos del SENARA, se reportan niveles estáticos entre 0.21 y 10 m de profundidad bajo el nivel del suelo (bns), sin seguir tampoco ningún patrón en su ubicación, tal como se muestra en el Mapa 18. Unos pocos pozos que se indican

con profundidades mayores deben estar errados o se encuentran en colinas.

En estudios de suelos para drenaje de fincas bananeras, al SE del Cantón de Pococí, se han medido fluctuaciones estacionales de nivel estático de 1 m, entre 0 y 100 cm bajo el nivel del suelo (cmbns), para los meses de junio a setiembre (Fca. Duacarí 2, 1991); y de 1.2 m, entre 15 y 135 cmbns, en los meses de alta precipitación entre julio y noviembre de 1987, en fincas con drenajes terciarios de 1.45 m y secundarios a 2.5 m de profundidad (Fca Margarita, 1988).

Los usos reportados por el MINAE para los pozos son: consumo humano, riego, agroindustrial, turismo e industria, según el Mapa 20.

Los usos de los pozos reportados por el SENARA son doméstico, abastecimiento público, urbanístico, riego, agroindustrial, turístico, industrial y otros usos según el Mapa 21.

Las aguas de la mayoría de los pozos en este sector presentan problemas de potabilidad por hierro, manganeso y turbidez, y algunos pozos por conductividad, olor, Ph, sulfatos, nitratos, Cadmio, cromo, sodio y potasio.

Algunas de estas concentraciones fuera de los límites de potabilidad pueden deberse a contaminación agrícola y/o industrial.

### **2.3.6 Acuíferos en pantanos permanentes o temporales**

Debido al afloramiento del nivel freático de estas zonas y su baja permeabilidad, se pueden considerar como áreas de descarga de aguas subterráneas, que se pierde a la atmósfera por evapotranspiración o se descarga a las lagunas litorales y al mar por sus drenajes naturales.

La geología en profundidad puede ser similar al del resto de la llanura como arenas y limos fluviales, meandros enterrados, rocas volcánicas de fracciones finas en una matriz arcillosa, en alternancia con tobas y corrientes de lodo con mayor grado de meteorización.

### **2.3.7 Acuíferos encordones litorales y lagunas del Atlántico Norte**

Los cordones litorales son un relleno de playa con fracciones líticas principales de arenas con pequeñas laminaciones lenticulares intercaladas de arcillas y limos. Estos materiales pueden presentar, por razones de origen, en algunos sitios cierta salinidad.

En los canales se ha encontrado agua dulce estratificada sobre agua salina en el fondo.

**En las barras arenosas, también se encuentra un lente de agua dulce flotando sobre el agua salada, por lo que el agua subterránea debe manejarse con sumo cuidado para evitar la intrusión salina y salinización de esos acuíferos lenticulares.**

En los pueblos de Parismina, Tortuguero y Colorado, se han instalado baterías de entre 6 y 12 punteras, separadas entre 10 y 15 m de distancia entre ellas, que abastecen esos acueductos locales.

En general, esas punteras tienen una profundidad de 6 m, y producen aproximadamente 1 l/s cada puntera con abatimientos menores a 0.50 m.

Estas fuentes de acueductos tienen varios años de funcionar satisfactoriamente y no se reportan problemas de salinidad en el agua. (Comunicación verbal de Francisco Segura, Técnico en hidrogeología y perforación, AyA, Abril del 2006).

En la **Fotografía 1. Batería de punteras, Tortuguero, Pococí**, se muestra una foto de ese campo de punteras.



**Fotografía 1. Batería de punteras, Tortuguero, Pococí** (Losilla, M., 10-2001)

### 3 Análisis de Información Hidrogeológica

En este capítulo se discuten las propiedades de los suelos de cada sector hidrogeológico y se les asigna una capacidad de infiltración media que se utiliza en el cálculo de la recarga potencial a través de balances hídricos de los suelos (BHS) de cada sector hidrogeológico seleccionado según su geomorfología y precipitación.

Se discute las formas de descarga natural y artificial de las aguas subterráneas y se propone un balance anual general de esas aguas en el cantón de Pococí.

Con base en las características hidrogeológicas y del mapa de uso del suelo del 2005 de cada sector, se comentan las fuentes de contaminación y vulnerabilidad general de cada uno de ellos.

#### 3.1 Suelos y capacidades de infiltración

Para este apartado se contó con la siguiente información:

- El Estudio Biofísico y Socio Económico del Sector de Cubujuquí, Cordillera Volcánica Central, Losilla et al, FUNDECOR, 1992.
- Mapa de **Tipos de Suelo de los Cantones de Pococí y Guácimo, basado en Capacidad de Uso de la Tierra**, y **Cuadro de Muestras de Suelo de los Cantones de Pococí y Guácimo**, 1:200.000, MAG – ProDUS, 2005;
- Mapa de **Tipos de Suelo de los Cantones de Pococí y Guácimo**, basado en Asociaciones de Grandes Grupos de Suelos, 1:200.000, Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, 1978.
- **Cuadro Resumen de Propiedades Físicas del Suelo**, Amisial y Jegat, Aprovechamiento y modelos de aguas subterráneas, Banco de Programas, CIDIAT.
- Observaciones en gira de campo, ProDUS, del 24/04/2006.

La recarga de agua subterránea, ocurre en todas las áreas del Cantón de Pococí que no están inundadas o tengan niveles freáticos menores a aproximadamente 0.5 mbns.

Se analizan 3 Sectores para estimar la recarga potencial:

1. **Sector montañoso volcánico y zona de recarga a manantiales, cantones Pococí y Guácimo**
2. **Sector de abanicos aluviales, cantón de Pococí**
3. **Sector de llanuras aluviales medias, cantón Pococí**

El **Sector de Llanura Baja** no se analiza para recarga por encontrarse saturado y parcialmente inundado, más bien es un sector de descarga por evapotranspiración.

Al **Sector de Cordones litorales** y lagunas del Atlántico Norte, no se le calcula la recarga potencial, por ser los acuíferos en los cordones litorales, lentes de agua dulce flotando sobre agua salada y por tener otro tipo de limitaciones de explotación, como la intrusión salina por abatimiento de los pozos y descenso del nivel de los acuíferos.

**a. Sector Montañoso Volcánico y Zona de recarga a Manantiales, Cantones Pococí y Guácimo**

En el Estudio Biofísico y Socio Económico del Sector de Cubujuquí, Cordillera Volcánica Central, Losilla et al, 1992, se describen los suelos de este sector al oeste del cantón de Pococí de la siguiente forma:

Son de origen volcánico, en su mayor parte provienen de la meteorización de las lavas andesíticas. En general son suelos de color pardo a pardo claro, son de muy profundos a profundos y de texturas moderadamente finas (Franco Arcillosos). Según la clasificación taxonómica estos suelos pertenecen al orden de los Inseptisoles suborden Tropepts.

Pueden distinguirse tres tipos de suelos claramente diferenciados por sus características particulares en cuanto a pendiente profundidad, pedregosidad y textura.

**Suelos de meseta ondulada:** En general son terrenos de moderadamente ondulados a ondulados, son muy profundos (más de 120 cm) de textura Franco Arcillosa a Arcillosa.

**Suelos de pie de monte escarpado:** Se localizan en el frente de una serie de coladas de lava, que constituyen el pie de monte. Son terrenos escarpados a fuertemente escarpados. Los suelos son moderadamente profundos (60 a 90 cm), de textura Franco Arcillosa a Arcillosa. En general son de pedregosos a muy pedregosos en todo el perfil.

**Suelos de terraza baja:** Son suelos formados por la deposición de materiales provenientes de los deslizamientos del pie de monte así como los depositados por los ríos. Se localizan en la parte baja del área, son terrenos de topografía ondulada, muy profundos (más de 120 cm), de textura Franco Arcillosa y muy pedregosos en todo el horizonte.

**Pruebas de capacidad de infiltración (Fc).**

Se efectuó 12 pruebas de capacidad de infiltración superficial en los suelos del Sector de Cubujuquí, al oeste del cantón de Pococí, en los sitios ubicados en el **Mapa 22. Mapa de ubicación de pruebas de capacidad de infiltración en el sector de Cubujuquí**, tratando de abarcar los diferentes usos de la tierra y tipos de suelo, como se muestra en la **Tabla 16. Pruebas de capacidad de infiltración, sector de Cubujuquí.**

*Tabla 16. Pruebas de capacidad de infiltración, sector de Cubujuquí*

<b>N°</b>	<b>Fc (mm / hr)</b>	<b>Uso del suelo</b>
1	303	bosque primario
2	740	bosque primario
3	701	bosque primario
6	817	bosque primario
7	1353	bosque primario
12	1517	bosque primario
8	518	pasto abandonado
9	720	charral
<b>Promedio</b>	<b>833.6</b>	
4	4.3	potrero
5	29	potrero
10	12	potrero
11	4.5	potrero
<b>Promedio</b>	<b>12.4</b>	

Los primeros 5 a 10 cm de suelo son los más importantes para la infiltración y recarga de las aguas subterráneas, ya que definen, según la intensidad de la lluvia, los porcentajes de lluvia que se infiltra o se escurre superficialmente sobre el suelo. Estos primeros centímetros de suelo, son también los más afectados por el uso del suelo, ya que son los que pueden perderse por erosión o compactarse según la actividad.

En el cuadro de pruebas de capacidad de infiltración, se separan las pruebas según los usos principales del suelo como bosque y charral, y uso de potrero para el pastoreo.

El promedio de las pruebas en suelos con **uso de potrero**, fue de **12.4 mm/hr (0.3 m/d)**, y la de capacidad de infiltración media de las coberturas de bosque (primario y secundario), charral y pasto abandonado, que se unieron en una misma categoría es de **Fc= 836.3 mm/hr (20 m/d)**.

**Como se nota de las pruebas de campo, en promedio las "capacidades de infiltración" en el uso de suelo de pastos, son 80 veces menores que en la categoría de uso bosque.**

Las pruebas en los suelos de bosque, se efectuaron a 10 cm de profundidad, quedando siempre, bajo el área de la prueba un espesor de varios decímetros de escombros vegetales en descomposición y en proceso de formación de suelo.

Aunque el suelo, bajo este espesor de escombros debe tener una capacidad de infiltración bastante menor, el espesor de varios decímetros de la capa superior no compactada, retiene y regula el flujo de escurrimiento superficial, bajando su energía y aumenta el tiempo de infiltración.

En los suelos más compactos de uso de potrero, la capacidad de infiltración es mucho menor, no existe la capa de materia vegetal en descomposición y el escurrimiento es mayor, provocando mayor erosión e inhibiendo la formación de nuevo suelo y disminuyendo la infiltración y la recarga a los acuíferos.

En una parte del Sector Montañoso Volcánico del Volcán Turrialba, al Sur del cantón de Pococí, en recorrido por las calles Emilia y Los Ángeles, se observaron huecos para instalación de postes eléctricos con almacenamiento de agua hasta unos 0.5 m de profundidad, indicando un posible estrato de subsuelo de menor permeabilidad que forma un acuífero somero colgado.

El material geológico que cubre esa zona, consiste en bloques subredondeados en una matriz limo arenosa de baja permeabilidad que posiblemente sea una cubierta de lahar sobre una colada de lava.

Dependiendo de los pocos datos de capacidades de infiltración o permeabilidad de suelos, se identifica que los suelos más permeables de los cantones de Pococí y Guácimo, se encuentran en los usos de bosque y charral de la unidad de las faldas volcánicas Irazú y Turrialba, donde se han medido capacidades de infiltración de 20 m/d, en suelos en formación de escombros orgánicos, y que aunado a las altas precipitaciones en el sector montañoso, con promedio anual de 6792,7 mm (Estación Chindama, años 1993- 2005).

De los mapas disponibles de capacidad de uso y tipos de suelo, se hacen las siguientes descripciones:

Del Mapa 23. **Tipos de suelos- capacidad de uso, cantones de Pococí y Guácimo** y Tabla 33. *Descripción de muestras de suelo, cantones de Pococí y Guácimo:*

Las muestras i101e y i121e indican suelos de texturas de finas a medias, arenos limosos, de drenaje muy bueno a excelente, que revelan una muy buena capacidad de infiltración.

Del Mapa 24. **Tipos de suelo por asociaciones de Grandes Grupos de los cantones de Pococí y Guácimo:**

Los suelos 262, 263, 264, 265, 284, 285, se reportan como del orden INCEPTISOLES con características de suelo joven con horizonte B cámbico (apenas se forma un B).

Son derivados de materiales volcánicos, con baja saturación de bases y en muchos casos con presencia de agua. Suborden, ANDEPT, gran grupo DYSTRANDEPT

Del Mapa Geológico Regional, en el Mapa 3, se delimita la colada de lavas denominada Miembro Guácimo, que se reporta con muy poca cobertura de cenizas y suelo reciente, o aflorando en bloques, lo que presentaría una permeabilidad o capacidad de infiltración muy alta, posiblemente siendo el área de recarga principal del área montañosa.

Según *Tabla 17. Resumen de propiedades físicas del suelo*, de Amisial & Jegat, se asigna una textura de **suelo Franco arenoso** con permeabilidad  $K \sim Fc$  **aproximada de 600 mm/día**; y los suelos o **rocas lávicas** aflorando se le asigna una permeabilidad similar a una arena media de  $K \sim Fc$  **aproximada de 2000 mm/día**

*Tabla 17. Resumen de las propiedades físicas del suelo*  
Tomado de: Amisial y Jegat, Banco de Programas, SIDITA

<b>Textura del suelo</b>	<b>Infiltración y permeabilidad (cm/hora)</b>	<b>Total espacio poroso (%n)</b>	<b>Peso específico aparente (pa)</b>	<b>Capacidad de campo (%Wc)</b>	<b>Marchitez permanente (%Wm)</b>	<b>Humedad total utilizable 2</b>		
						<b>Peso seco (%)</b>	<b>Volumen (%)</b>	<b>cm/m</b>
Arenoso	5 (2.5 - 25.5)	38 (32 - 42)	1.65 (1.55 - 1.80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	8 (7 - 10)
Franco - arenoso	2.5 (1.3 - 7.6)	43 (40 - 47)	1.50 (1.40 - 1.60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	12 (9 - 15)
Franco	1.3 (0.8 - 2.0)	47 (43 - 49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	17 (14 - 19)
Franco - arcilloso	0.8 (0.25 - 1.5)	49 (47 - 51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	19 (17 - 22)
Arcillo - arenoso	0.25 (0.03 - 0.5)	51 (49 - 53)	1.30 (1.25 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	23 (18 - 23)
Arcilloso	0.5 (0.01 - 0.1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	23 (20 - 25)

Nota: Los intervalos normales son consignados entre paréntesis.

Los intervalos de infiltración real varían mucho la estructura del suelo y su estabilidad estructural, incluso, aún más de lo indicado en esta columna.

La humedad fácilmente utilizable representa un 75% del total utilizable.

Los valores de capacidad de campo y punto de marchitez se dan en porcentaje por peso, %Wc y %Wm respectivamente.

### **b. Sector de abanicos aluviales, cantón de Pococí**

En esta unidad, no se cuenta con pruebas de capacidad de infiltración de suelos, pero debido a su promedio anual de lluvias, de 4050,8 **mm**, en la estación Río Frío (años 1973 – 1993) a 100 msnm, que se considera intermedia entre el sector montañoso y la llanura, la recarga potencial tendría una magnitud intermedia.

De los mapas disponibles de Capacidad de Uso y Tipos de Suelo, se hacen las siguientes descripciones:

Del Mapa 23. de **Tipos de suelos - capacidad de uso, cantones de Pococí y Guácimo** y *Tabla 33. Descripción de muestras de suelo, cantones de Pococí y Guácimo:*

Las muestras u007, i068, E032, i121e, 1056, i061, i063, u007, indican suelos de texturas finas a medias, de arcillo limosos a arena limosos, con drenaje bueno a muy bueno, que muestran una buena infiltración.

Del Mapa 24. de **Tipos de suelo por asociaciones de Grandes Grupos de los cantones de Pococí y Guácimo:**

Los suelos 261, 262, 263 y 264, dominan la mayoría del Sector. Son del orden INCEPTISOLES con características de suelo joven con horizonte B cámbico.

Son derivados de materiales volcánicos, con baja saturación de bases. Sub orden, ANDEPT, gran grupo DYSTRANDEPT.

Otros suelos como el 232, 241, y 253, también existen en el Sector en menos proporción. También son INCEPTISOLES con características de suelo joven con horizonte B cámbico.

Son del Sub orden TROPEPT, y se encuentran en pendientes de moderadamente onduladas a planas.

Al Este del Sector dominan los suelos UTILSOLES, con incrementos de arcilla, profundos y bien drenados. Son de terreno de moderado a fuertemente ondulado. Sub orden HUMULT y gran grupo TROPOHUMULT.

Según *Tabla 16. Resumen de propiedades físicas del suelo*, de Amisial & Jega, se asigna una textura general promedio de suelo Franco con permeabilidad  $K \sim Fc$  **aproximada de 250 mm/día**

### **c. Sector de llanuras aluviales medias, Cantón de Pococí**

Esta unidad es la más extensa del cantón, los suelos en las llanuras aluviales de San Carlos y el Atlántico, presentan principalmente, texturas de finas a medias.

Se reportan “capacidades de infiltración básicas” (Fc) o “conductividad hidráulica o permeabilidades” (K) que varían entre **0.5 a 12 m/d** en las texturas más gruesas dependiendo en gran parte de su desarrollo por estructura secundaria por elementos biológicos y microbiológicos (acción de raíces y fauna en el suelo y subsuelo).

Los suelos de textura más fina y poco desarrollo estructural secundario, presentan permeabilidades entre **0.01 y 0.5 m/d**.

Las plantaciones de banano parecen aumentar la permeabilidad secundaria de los suelos arcillosos, por el movimiento de las plantas durante la selección de hijos para producción, dejando tubos de raíces descompuestas y actividad biológica en el suelo hasta más de 1.5 m de profundidad. (Losilla, M., et al, Fca . Margarita, 1988).

En estas unidades la recarga es menor que en el sector montañoso, y el sector de Abanicos aluviales o de pie de monte, dependiendo de la textura y uso del suelo, así como por su menor precipitación, que en la estación La Mola presenta un promedio anual de 3787.2 mm (años 1980 – 1991).

Los valores de permeabilidad de suelos de textura arcillosa con uso de potrero se han medido entre **0.01 y 0.5 m/d**; mientras en suelos de texturas de finas a medias con uso de plantaciones bananeras, se han medido capacidades de infiltración básica o permeabilidades entre **0.5 a 12 m/d**.

De los mapas disponibles de Capacidad de Uso y Tipos de Suelo, se hacen las siguientes descripciones:

Del Mapa 23. de **Tipos de suelos - capacidad de uso, cantones de Pococí y Guácimo** y *Tabla 33. Descripción de muestras de suelo, cantones de Pococí y Guácimo:*

Las muestras de los suelos i055, i058, i059, i060, dominan la mayor parte del Sector de Llanura alta y media y se describen como franco arenoso a limo arcillosos, con drenaje bueno.

Los suelos se van haciendo más arcillosos y menos permeables hacia la parte baja de la llanura.

Del Mapa 24. de **Tipos de suelo por asociaciones de Grandes Grupos de los cantones de Pococí y Guácimo.**

Los suelos de las llanuras altas y medias, están dominadas por el tipo 8231 principalmente, que es del orden INCEPTISOLES / ULTISOLES y sub orden TROPEPT / HUMULT.

También se encuentran intercalaciones del suelo 261 de derivados de origen volcánico, los suelos 232 y 241, todos del orden INCEPTISOLES, sub orden ANDEPT el primero y TROPEPT los otros.

Todos los suelos se reportan con características de suelo joven con horizonte B cámbico (apenas se forma un B).

Según *Tabla 16. Resumen de propiedades físicas del suelo*, de Amisial & Jegat, se asigna una textura general promedio de suelo Franco arcilloso con permeabilidad  $K \sim Fc$  aproximada de 120 mm/día.

### **3.2 Balances hídricos de suelos y recarga potencial**

Definimos recarga potencial al acuífero como aquella agua disponible, considerando condiciones climáticas medias en el tiempo, dentro de una cuenca o sector que estaría disponible para recargar al acuífero bajo diferentes mecanismos, si existieran las condiciones óptimas de capacidad de almacenamiento del acuífero y las

características físicas supuestas para los suelos que cubren el acuífero y sus fronteras.

Es posible que en el caso de los 3 sectores de análisis de recarga, los suelos se saturen por existir capas impermeables a poca profundidad, que forman acuíferos superficiales colgados, que al saturarse hasta la superficie, rechacen, por falta de almacenamiento, la recarga potencial durante algunas épocas muy lluviosas.

Sin embargo, los valores de recarga potencial calculados para los diferentes sectores, indican los valores relativos de su importancia como área de recarga.

El Balance hídrico de suelos (BHS) para determinar la recarga potencial se basa en 2 partes principales:

A) **Determinación de la precipitación que infiltra al subsuelo** a partir de un **coeficiente de infiltración ( Cf )**, que se compone de varios índices que dependen de:

- ◆ La capacidad de infiltración (Fc) o permeabilidad (K) de los suelos: Kfc.
- ◆ La pendiente del terreno: Kp
- ◆ Cobertura vegetal: Kv
- ◆ Intercepción de lluvia.

Conociendo el “Cf”, se puede determinar el porcentaje de la lluvia promedio mensual que infiltra al subsuelo utilizando el método descrito en la publicación:

“Schosinsky, G., Losilla, M., Modelo analítico para determinar la infiltración con base a la lluvia mensual, Revista Geológica de América Central, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 23: 43 – 55, 2000”.

Conociendo la precipitación media que infiltra (Pi) mensualmente, también se puede conocer la precipitación mensual que escurre (Pe):  $P = P_i + P_e$ .

La asignación de los índices y coeficientes de infiltración para los suelos de las diferentes unidades geomorfológicas de la cuenca se presentan en el *Tabla 2.2-18*. **Cálculo de coeficientes de infiltración en suelos de las laderas de los Volcanes Irazú y Turrialba y llanura Atlántica.**

Tabla 18. Cálculo de Coeficientes de Infiltración en Suelos de las Laderas de los Volcanes Irazú y Turrialba y Llanura Atlántica Cantones Pococí y Guácimo.  
(Basado en cálculos a partir de Fc)  
 $C_i = I = 0,88 C P$      $C = (K_{fc} + K_p + K_v)$

UNIDAD	TEXTURA (fc)	Fc (mm/d)	Kfc	PENDIENTE	Kp	COBERTURA	Kv	C	Coef.Inf.(C)	0,88 * C	Infiltr. = I
<b>Sector Volcánico montañoso</b>	Franco arenoso	<b>1000</b>	0,967	> 10 %	0,06	Pasto, bosque	0,18	1,21	1,00	0,88	<b>(0,88*P)</b>
	Arenoso medio sobre lavas	<b>2000</b>	0,998	> 10 %	0,06	Pasto, bosque	0,18	1,24	1,00	0,88	<b>(0,88*P)</b>
<b>Sector de Abanicos Aluviales</b>	Franco	<b>250</b>	0,713	2 % - 10 %	0,09	Cult.,bosq.,pasto	0,15	0,95	0,95	0,84	<b>0,84*P</b>
<b>Sector de Llanuras aluviales medias</b>	Franco arcilloso	<b>120</b>	0,537	< 5 %	0,2	40% cultivos., 45% pasto 10% árboles; 5% urbanizaciones.	0,13	0,86	0,86	0,76	<b>0,76*P</b>

**Notas:**

- 1) Utilizando índices de Kfc según Fc en Amisial & Jegat, y resto de propuestos en publicación: Schosinsky & Losilla, 2000.
- 2)  $K_{fc} = 0,267 \ln(Fc) - 0,000154 Fc - 0,723$

B) **Determinación de la recarga por el BHS:** El balance hídrico de suelos se basa en cuantificación de las entradas y salidas de agua al sistema suelo y sus cambios de almacenamiento.

Es necesario conocer o estimar las características físicas del suelo, tales como permeabilidad (K) o coeficiente de infiltración (Fc), capacidad de campo (CC), punto de marchitez (PM) y profundidad efectiva de raíces.

Entre las variables que se utilizan y resultados que se obtienen en el modelo analítico implementado en una hoja electrónica están:

P = precipitación media del sector (dato de entrada)  
Cf = coeficiente de infiltración (dato de entrada)  
Pi = precipitación que infiltra (resultado intermedio)  
Pe = precipitación que escurre (resultado final secundario)  
ETP = evapotranspiración potencial (dato de entrada)  
HSi = humedad de suelo inicial (condición asignada)  
AgD = agua disponible después de ETP (resultado intermedio)  
HSf = humedad de suelo final (resultado intermedio)  
cHS = cambio de humedad de suelo  
DCC = déficit de capacidad de campo (resultado intermedio)  
Rp = recarga potencial al acuífero (resultado final principal)  
ETR = evapotranspiración real (resultado final secundario)  
NR = necesidad mínima de riego (resultado final secundario)

En las *Tabla 19. Balance hídrico de suelos, sector volcánico montañoso - Pococí – Guácimo*; *Tabla 20. Balance hídrico de suelos, sector abanicos aluviales, Cantón Pococí* y *Tabla 21. Balance hídrico de suelos, sector llanuras aluviales medias, cantón Pococí*, se presenta los BHS y la distribución mensual de **la recarga potencial** a cada uno de esos sectores.

El balance hídrico de suelos de textura franco arenoso, correspondientes a texturas medias para lahares y cenizas, y los de textura arenosa media asignados como para el Sector Volcánico Montañoso, aunque tienen diferentes permeabilidades o capacidades de infiltración, los coeficientes de infiltración calculados en la *Tabla 18* resultan iguales:  $Cf = 0.88$ , por lo que el BHS para los 2 tipos de suelo es igual.

Tabla 19. Balance Hídrico de Suelos Sector Volcánico Montañoso - Pococí – Guácimo –

Textura de suelo = Franco arenoso / Arenoso medio		P = precipitación media del sector. Estación Chindama (1993 - 2005) 600 msnm													
Capac.infiltrac.(Fc) = <b>600</b> mm/d y 2000 mm/d		Cf = coeficiente de infiltración calculado													
Capac.campo(CC) = <b>21</b> %                      315 mm		Pi = precipitación que infiltra													
Pto.marchitez(PM)= <b>9</b> %                      135 mm		Pe = precipitación que escurre													
Prof.raíces media(mm)= <b>1500</b> mm		ETP = evapotranspiración potencial. <b>Estación Río Frío (1974 - 1987) 100 m snm</b>													
CC-PM= <b>180,0</b> mm		HSi = humedad de suelo inicial										Rp = recarga potencial al acuífero			
		AgD = agua disponible después de ETP										ETR = evapotranspiración real			
		HSf = humedad de suelo final										NR = necesidad de riego			
		DCC = déficit de capacidad de campo													
Variables	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)		585,0	359,6	316,2	362,7	693,7	658,9	597,6	676,1	569,5	558,8	785,9	628,8	6792,7	100,0
Cf (mm)		0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)		514,8	316,4	278,2	319,2	610,5	579,9	525,9	594,9	501,2	491,7	691,6	553,3	5977,6	88,0
Pe (mm)		70,2	43,2	37,9	43,5	83,2	79,1	71,7	81,1	68,3	67,1	94,3	75,5	815,1	12,0
Pe(m3/ha)		702,0	431,5	379,4	435,2	832,4	790,7	717,2	811,3	683,4	670,5	943,1	754,5	8151,3	
ETP(mm)		139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	
HSi(mm)		180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0		
AgD(mm)		375,8	178,5	120,7	166,3	469,1	456,4	399,7	461,1	362,0	349,2	551,8	412,6		
HSf(mm)		180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0		
cHS (mm)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
DCC(mm)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
<b>Rp(mm)</b>		<b>375,8</b>	<b>178,5</b>	<b>120,7</b>	<b>166,3</b>	<b>469,1</b>	<b>456,4</b>	<b>399,7</b>	<b>461,1</b>	<b>362,0</b>	<b>349,2</b>	<b>551,8</b>	<b>412,6</b>	<b>4303,2</b>	<b>63,4</b>
Rp(m3/ha)		3758,1	1785,5	1207,5	1662,6	4690,6	4563,6	3997,2	4611,3	3619,5	3492,2	5517,9	4126,2	43032,1	
ETR(mm)		139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	24,6
NR(mm)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Notas:**

- 1) Los Cf están calculados por ecuación en Schosinsky & Losilla, 2000, que toma en cuenta además la pendiente y cobertura vegetal.
- 2) Las Fc, CC y PM se tomaron de una estimación de suelos con **textura francoarenoso** de tabla en Amisial y Jegat, Banco de programas, CIDIAT.
- 3) Las propiedades hidráulicas de un tipo de suelo pueden variar mucho dependiendo de su estructura y estabilidad.

Tabla 20. Balance Hídrico de Suelos sector Abanicos Aluviales, Cantón Pococí

Variables	Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
Textura de suelo =	<b>Franco</b>														
Capac.infiltrac.(Fc) =		<b>250</b>	mm/d												
Capac.campo(CC) [%]=		<b>30,8</b>	308 mm												
Pto.marchitez(PM)[%]=		<b>14</b>	140 mm												
Prof.raíces media(mm)=		<b>1000</b>	mm												
CC-PM=		<b>168,0</b>	mm												
		P = precipitación media del sector. <b>Estación Río Frío (1973 - 1993) 100 m snm</b> Cf = coeficiente de infiltración calculado Pi = precipitación que infiltra Pe = precipitación que escurre ETP = evapotranspiración potencial. <b>Estación Río Frío (1974 - 1987) 100 m snm</b> HSi = humedad de suelo inicial AgD = agua disponible después de ETP HSf = humedad de suelo final DCC = déficit de capacidad de campo Rp = recarga potencial al acuífero ETR = evapotranspiración real NR = necesidad de riego													
P (mm)		214,7	163,8	158,3	194,8	354,1	429,0	472,7	491,0	359,9	423,4	448,6	340,6	4050,8	100,0
Cf (mm)		0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84		
Pi (mm)		180,4	137,6	132,9	163,7	297,4	360,4	397,1	412,5	302,3	355,6	376,8	286,1	3402,7	84,0
Pe (mm)		34,4	26,2	25,3	31,2	56,7	68,6	75,6	78,6	57,6	67,7	71,8	54,5	648,1	16,0
Pe(m3/ha)		343,6	262,0	253,2	311,8	566,5	686,4	756,3	785,6	575,8	677,4	717,8	544,9	6481,3	
ETP(mm)		139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	
HSi(mm)		168,0	168,0	167,7	143,1	153,9	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0		
AgD(mm)		41,4	-0,3	-24,6	10,8	156,0	236,9	270,9	278,7	163,1	213,1	237,0	145,4		
HSf(mm)		168,0	167,7	143,1	153,9	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0		
cHS (mm)		0,0	-0,3	-24,6	10,8	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
DCC(mm)		0,0	0,3	24,9	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
<b>Rp(mm)</b>		<b>41,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>141,9</b>	<b>236,9</b>	<b>270,9</b>	<b>278,7</b>	<b>163,1</b>	<b>213,1</b>	<b>237,0</b>	<b>145,4</b>	<b>1728,3</b>	<b>42,7</b>
Rp(m3/ha)		413,8	0,0	0,0	0,0	1419,0	2368,5	2708,6	2786,6	1630,9	2131,4	2370,2	1453,7	17282,7	
ETR(mm)		139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	41,3
NR(mm)		0,0	0,3	24,9	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,3	1,0

**Notas:**

- 1) Los Cf están calculados por ecuación en Schosinsnky & Losilla, 2000, que toma en cuenta además la pendiente y cobertura vegetal.
- 2) Las Fc, CC y PM se tomaron de una estimación de suelos con **textura franco** de tabla en Amisial y Jegat, Banco de programas, CIDIAT.
- 3) Las propiedades hidráulicas de un tipo de suelo pueden variar mucho dependiendo de su estructura y estabilidad.

Tabla 21. Balance Hidrico de Suelos Llanuras Aluviales Medias, Cantón Pococí

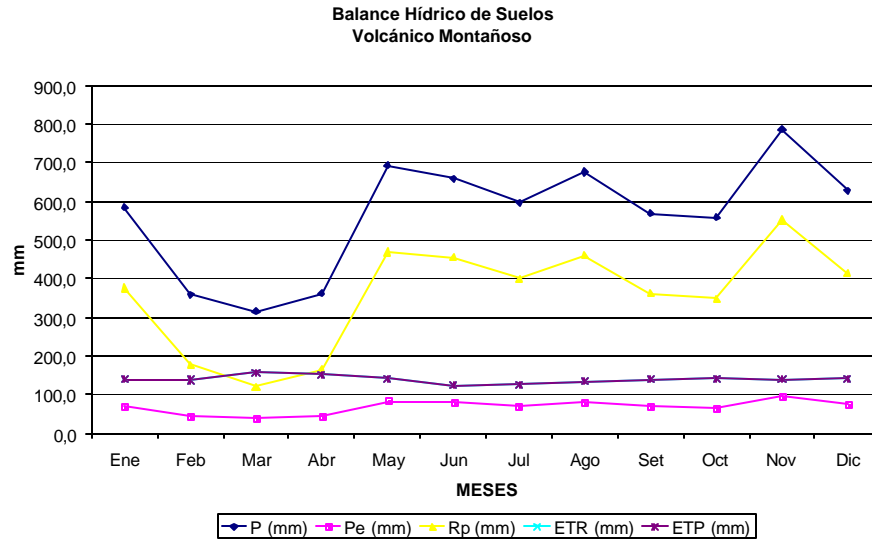
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	287,6	194,8	145,7	196,9	428,6	374,3	470,6	421,8	287,1	348,0	409,6	442,7	4007,6	100,0
Cf (mm)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76		
Pi (mm)	218,5	148,0	110,7	149,7	325,7	284,4	357,6	320,6	218,2	264,5	311,3	336,5	3045,7	76,0
Pe (mm)	69,0	46,8	35,0	47,3	102,9	89,8	112,9	101,2	68,9	83,5	98,3	106,3	961,8	24,0
Pe(m3/ha)	690,1	467,5	349,6	472,6	1028,6	898,3	1129,4	1012,4	689,0	835,1	983,0	1062,5	9618,1	
ETP(mm)	139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	
HSi(mm)	190,0	190,0	190,0	143,2	140,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0		
AgD(mm)	79,5	10,1	-46,8	-3,2	184,3	160,9	231,4	186,8	79,0	122,0	171,5	195,8		
HSf(mm)	190,0	190,0	143,2	140,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0		
cHS (mm)	0,0	0,0	-46,8	-3,2	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
DCC(mm)	0,0	0,0	46,8	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
<b>Rp(mm)</b>	<b>79,5</b>	<b>10,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>134,3</b>	<b>160,9</b>	<b>231,4</b>	<b>186,8</b>	<b>79,0</b>	<b>122,0</b>	<b>171,5</b>	<b>195,8</b>	<b>1371,3</b>	<b>34,2</b>
Rp(m3/ha)	795,4	101,4	0,0	0,0	1342,8	1609,5	2314,4	1867,8	789,8	1219,6	1715,0	1957,7	13713,4	
ETR(mm)	139,0	137,9	157,5	152,9	141,4	123,5	126,2	133,8	139,2	142,5	139,8	140,7	1674,4	41,8
NR(mm)	0,0	0,0	46,8	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,8	2,4

**Notas:**

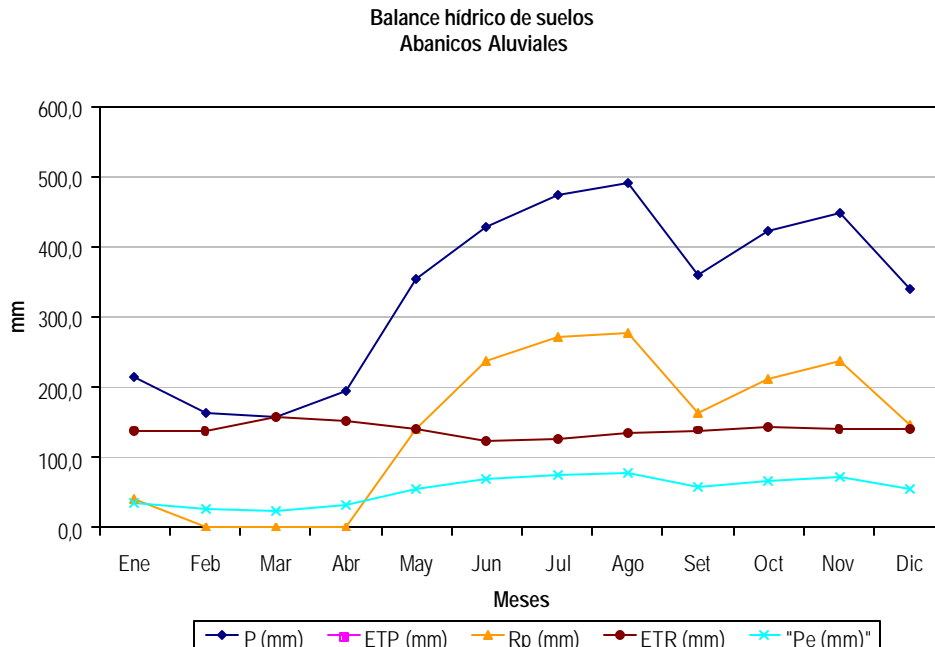
- 1) Los Cf están calculados por ecuación en Schosinsny & Losilla, 2000, que toma en cuenta además la pendiente y cobertura vegetal.
- 2) Las Fc, CC y PM se tomaron de una estimación de suelos con **textura franco arcillosa** de tabla en Amisial y Jegat, Banco de programas, CIDIAT.
- 3) Las propiedades hidráulicas de un tipo de suelo pueden variar mucho dependiendo de su estructura y estabilidad.

Los Gráfico 4 de BHS sector Volcánico Montañoso, Gráfico 5 de BHS sector Abanicos Aluviales y Gráfico 6 de BHS sector Llanura Aluviales Medias, muestran la distribución mensual de las precipitaciones (P), La Recarga potencial (Rp), la Precipitación que escurre (Pe) y las Evapotranspiraciones Potencial (ETP) y Real (ETR), que debido a las altas precipitaciones en todos los Sectores resultan iguales.

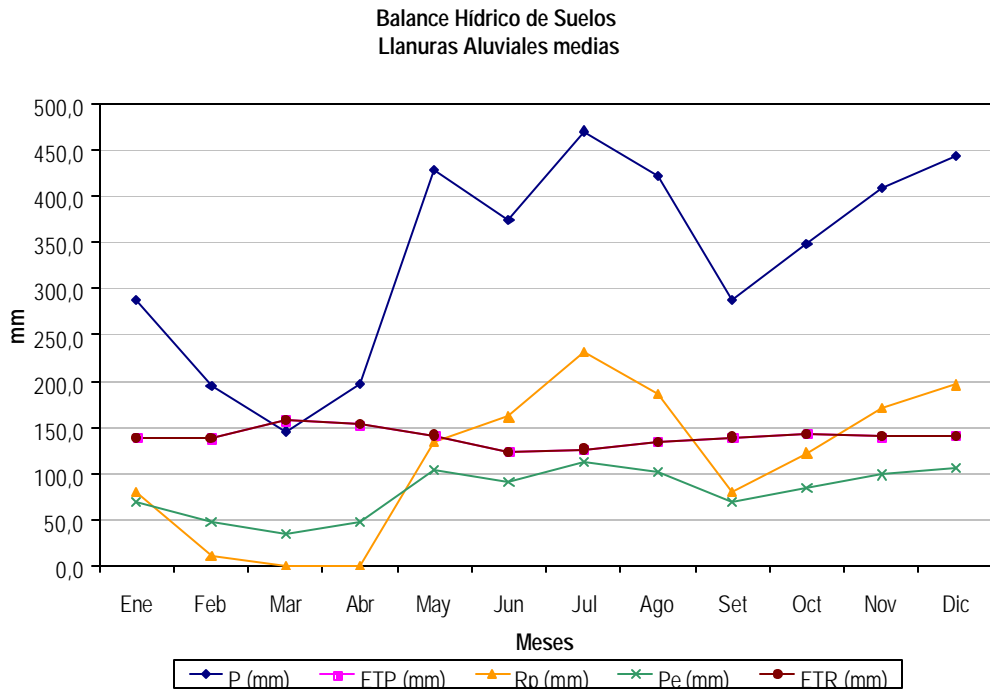
**Gráfico 4. Gráficos de BHS sector Volcánico Montañoso**



**Gráfico 5. Gráficos de BHS sector Abanicos Aluviales**



**Gráfico 6. Gráficos de BHS sector Llanuras Aluviales Medias**



La recarga de agua subterránea, ocurre en todas las áreas del Cantón de Pococí que no están inundadas o tengan niveles freáticos menores a aproximadamente 0.5 m bns.

**El sector de llanura baja no se analiza para recarga por encontrarse saturado y parcialmente inundado, más bien es un sector de descarga por evapotranspiración.**

Al **sector de cordones litorales** y lagunas del Atlántico Norte, no se le calcula la recarga potencial, por ser los acuíferos en los cordones litorales, lentes de agua dulce flotando sobre agua salada y por tener otro tipo de limitaciones de explotación, más importante que la recarga, como es la intrusión salina por abatimiento de los pozos y descenso del nivel de los acuíferos.

### a. Recarga potencial de aguas subterráneas en el cantón de Pococí

La recarga potencial calculada para el total de los Sectores de recarga a los acuíferos del Cantón de Pococí, se muestra en la *Tabla 22. Recarga potencial según suelos del sector en mm – Cantón de Pococí.*

Se observa que la recarga potencial mayor con respecto a la precipitación se da en el Sector Volcánico Montañoso, seguido del Sector de Abanicos Aluviales y la menor recarga potencial se daría en el Sector de Llanuras Aluviales Medias.

La recarga potencial calculada en volúmenes mensuales ( $m^3$ ) para cada uno y el total de los Sectores se muestra en la *Tabla 23. Recarga potencial según área del sector en  $m^3$  – Cantón de Pococí.* El área asignada a cada Sector y sus valores se presentan en el **Mapa 25. de áreas de sectores de recarga al cantón de Pococí y de manantiales Guácimo – Pococí.**

Se observa que la recarga potencial total anual calculada para todos los Sectores de recarga al cantón de Pococí es de **3200 millones de  $m^3$** , y que el área que más contribuye, con un 52.0 % del total, es el Sector Montañoso Volcánico.

El área que menos contribuye por unidad de área a la Rp es el Sector de Llanuras Aluviales Medias con un 35.4 % del total de la Rp, aunque sea el 2º contribuyente en total por ser el Sector de mayor área, debido a la menor capacidad de infiltración asignada a los suelos más arcillosos que la cubren y su menor precipitación.

El Sector de Abanicos Aluviales es el que menos contribuye a la recarga total con un 12.6 %, debido a su área asignada que es la menor de todas, aunque por unidad de área sea la 2ª contribuyente.

### b. Área de recarga a los manantiales de Guácimo - Pococí y sector volcánico montañoso.

En la *Tabla 22. Recarga potencial (Rp) en sector montañoso de recarga a manantiales de Guácimo y Pococí en  $m^3 \times 10^6$ ,* se efectuó un cálculo de la recarga potencial en el área montañosa que recarga a los manantiales en las laderas Norte y Este del Volcán Turrialba, determinándose un valor de aproximadamente **2100 millones de  $m^3$  anuales.**

La principal y más directa recarga a los manantiales de Guácimo y Pococí debe ocurrir en el área de aproximadamente **227  $Km^2$**  que cubre el Miembro de **Lavas de Guácimo** en el Sector Volcánico Montañoso.

Especialmente a través de los lechos de los ríos y quebradas que la atraviesan, que deben ser influentes, percolando parte de su flujo al acuífero Lavas de Guácimo. Este supuesto debe comprobarse con aforos diferenciales en esos ríos y quebradas.

Tabla 22. Recarga potencial según suelos del sector en mm – Cantón de Pococí

Sector	En	Febr	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agto.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Rp (mm)	Total P (mm)	% de P de c/ Sector
Volcánico Montañoso Pococí y Guácimo	375,8	178,5	120,7	166,3	469,1	456,4	399,7	461,1	362,0	349,2	551,8	412,6	4303,2	6729,7	63,4
Abanicos Aluviales	41,4	0,0	0,0	0,0	141,9	236,9	270,9	278,7	163,1	213,1	237,0	145,4	1728,3	3415,2	50,6
Llanuras Aluviales Medias	79,5	10,1	0,0	0,0	134,3	160,9	231,4	186,8	79,0	122,0	171,5	195,8	1371,3	4007,6	34,2

Tabla 23. Recarga potencial según área del sector en  $m^3 \times 10^6$  – Cantón de Pococí

Sector	Área (Km <sup>2</sup> )	En	Febr	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agto.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Rp (m3)	% de Rp de c/ Sector
Volcánico Montañoso Pococí	392.1	150	70	47	65	180	180	160	180	140	140	220	160	1700	52,0
Abanicos Aluviales	237.1	9.8	0.0	0.0	0.0	34	56	64	66	39	51	56	34	410	12,6
Llanuras Aluviales Medias	837.2	67	8.5	0.0	0.0	110	130	190	160	66	100	140	160	1100	35,4
<b>Total Área Recarga Pococí</b>	<b>1466.2</b>	<b>220</b>	<b>79</b>	<b>47</b>	<b>65</b>	<b>330</b>	<b>370</b>	<b>410</b>	<b>400</b>	<b>250</b>	<b>290</b>	<b>420</b>	<b>360</b>	<b>3200</b>	<b>100,0</b>

Tabla 24. Recarga potencial en sector montañoso de recarga a manantiales de Guácimo y Pococí en  $m^3 \times 10^6$

Sector	Área (m2)	En	Febr	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agto.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Rp (m3)
<b>Volcánico Montañoso Pococí y Guácimo</b>	<b>500</b>	<b>190</b>	<b>89</b>	<b>60</b>	<b>82</b>	<b>230</b>	<b>230</b>	<b>200</b>	<b>230</b>	<b>180</b>	<b>170</b>	<b>270</b>	<b>200</b>	<b>2100</b>

### **c. Zonas de captura de recarga potencial a algunos manantiales de Guácimo - Pococí**

En el Mapa 4. de zonificación hidrogeológica, se muestran las zonas de captura de recarga potencial a los manantiales de Guácimo Pococí de la Tabla 6.

Estas zonas de captura, fueron delimitadas en mapas del IGN a escala 1: 50.000, están basadas, en una posible red de flujos que descargaría a cada manantial o grupo de ellos, asumiendo que los ríos aguas arriba de los manantiales son influentes, y no consideran la geología de esas áreas de recarga.

### **3.3 Descarga de las aguas subterráneas**

Las zonas de descarga naturales principales, en su orden desde el Sector Volcánico Montañoso son:

1. Sectores con acuíferos colgados superficiales en la zona montañosa, que descargan en pequeños manantiales, o como flujo base subsuperficial a pequeñas quebradas como en el Sector de Cubujuquí.

De los manantiales reportados en este sector se estima que su producción media anual es del orden de **50 l/s**, o sea **1.6 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup>**.

2. Manantiales importantes en la base del Sector Volcánico Montañoso, al pie de escarpes de frentes de coladas de lava blocosa como los manantiales de Guácimo – Pococí.

La descarga media de estiaje de estos manantiales se ha estimado en **1407.3 l/s. (Tabla 6.)**, sin embargo se han reportado otros manantiales no aforados en el Sector.

En el resumen registro de concesiones de agua del MINAE para el cantón de Pococí (**Tabla 7.**), se reportan 44 concesiones vigentes para manantiales para un total de **1800 l/s**, que se estiman en la estación seca.

Se estima conservadoramente, que los manantiales en el Sector Montañoso del Cantón de Pococí, pueden tener una **descarga media anual de 3000 l/s**, que corresponderían a aproximadamente **95 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup>** por año.

3. Flujo base a los principales ríos y quebradas de los Sectores de Abanicos Aluviales y Llanuras Aluviales Medias. Es posible que esta sea la principal descarga de aguas subterráneas procedente de la recarga en el Sector Montañoso.

Durante la crecida de ríos, se debe revertir el flujo subterráneo creando almacenamientos de banco temporales.

4. Como flujo base a los pantanos permanentes en las Llanuras Bajas y a las lagunas y canales litorales, que luego lo descargan al mar.
5. Por evaporación y transpiración directa en los afloramientos de aguas subterráneas en el Sector de Llanuras Bajas, donde se encuentran los pantanos permanente y temporales, lagunas y canales litorales costeros.

No se tienen aforos continuos de estos ríos o quebradas para estimar su flujo base, ni de la evapotranspiración en los pantanos permanentes y temporales, lagunas y canales litorales costeros, por lo que las descargas de los puntos 3, 4 y 5, se deben estimar por diferencia del balance de aguas del Cantón de Pococí.

Existe también una **descarga artificial** importante en los Sectores de Abanicos Aluviales y Llanuras Medias Aluviales a través de:

1. Pozos de Acueductos, urbanísticos, riego, turístico, industrial y agroindustrial.

Aunque no se tiene control de la extracción real de agua subterránea por los pozos cantón, del **Anexo 1**: Base de Datos de Pozos del SENARA, se ha estimado que la extracción total de 226 pozos con caudal reportado, es de **963.7 l/s**.

En el resumen registro de concesiones de agua del MINAE para el cantón de Pococí (**Tabla 7.**), se reportan 107 concesiones vigentes para pozos para un total de **432 l/s**.

Los pozos con concesión de aguas por el MINAE, representan aproximadamente un 45 % de los reportados en el registro de pozos del SENARA.

Sin embargo, no todos los pozos que tienen caudal reportado, bombean agua las 24 horas del día.

Se estima que los pozos profundos existentes en el cantón podrían estar extrayendo aproximadamente 1000 l/s durante 12 hrs diarias, que equivale a una extracción anual de **16 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup>**.

Tampoco se cuenta la extracción de agua de los miles de pozos domésticos excavados que se reportan en el Censo del 2000.

Estos pozos excavados domésticos se estima que aproximadamente 1000 de ellos extraen en promedio 1 m<sup>3</sup> / día cada uno, para un total anual de **0.36 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> / año**.

2. Canales de drenaje de bananeras y otros cultivos que drenan los acuíferos superficiales para regular la profundidad de los niveles freáticos.

Existen cientos de kilómetros de drenajes agrícolas a diferentes profundidades, que evacuan el agua subterránea superficial. El área afectada por drenajes agrícolas se estima en 300 Km<sup>2</sup>.

Una estimación gruesa de las descargas subterráneas, se puede efectuar, asumiendo que los 180 días de mayor precipitación, correspondientes a los 6 meses de junio a noviembre, los drenajes en esa área bajan el nivel freático  $? h = 0.25$  m, y que el coeficiente de almacenamiento en esos acuíferos superficiales es en promedio de 1%, o sea  $S = 0.01$ .

Entonces:  $V = A \times ? h \times S \times 180$  días.

$V = 300 \times 10^6 \times 0.25 \times 0.01 \times 180 = 270 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{año}$  (4340 l/s durante todo el año)

Donde:

$V$  = Volumen de agua subterránea drenada.

$A$  = Área drenada =  $300 \times 10^6 \text{ m}^2$ .

$? h$  = Descenso de nivel de agua = 0.25 m / día.

S = coeficiente de almacenamiento medio estimado = 0.01  
t = tiempo de drenaje efectivo = 180 días.

### 3.4 Balance anual de aguas subterráneas.

Con los supuestos anteriores, se propone el balance de aguas subterráneas que se presenta en la *Tabla 25. Balance anual de aguas subterráneas en el cantón de Pococí.*

*Tabla 25. Balance anual de aguas subterráneas en el cantón de Pococí. (BAS)*

<b>ENTRADAS</b> (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )		<b>SALIDAS</b> (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )		<b>% de Rp</b>	<b>Observaciones</b>
Recarga Potencial (Rp)	3200	Manantiales	95	2.97	Descarga natural
		* Flujo base y otras descargas subterráneas	2818.64	88.08	Descarga natural, obtenida por diferencia.
		Pozos profundos	16	0.50	Descarga artificial
		Pozos excavados	0.36	0.01	Descarga artificial
		Drenajes agrícolas y urbanos	270	8.43	Descarga artificial
<b>TOTALES</b>	<b>3200</b>		<b>3200</b>	<b>100</b>	

\* Incluye descargas no cuantificadas por flujo base a los principales ríos y quebradas + descargas subterráneas a pantanos, lagunas, canales litorales y mar. Se obtuvo por diferencia entre Rp y las descargas cuantificadas.

Del cuadro anterior se observa que la extracción artificial de aguas subterráneas es muy poca (11.92 % de Rp), y que la mayor de ellas es la descarga por drenajes agrícolas y urbanos (8.43 % de Rp), que es necesario para el saneamiento público y la producción agrícola.

### 3.5 Fuentes de Contaminación a las Aguas Subterráneas y Vulnerabilidad de los Sectores de Recarga y Descarga.

Debido a los altos niveles freáticos, los pozos y manantiales, y dependiendo de la permeabilidad de los diferentes suelos y acuíferos someros, las aguas subterráneas en el cantón de Pococí son muy susceptibles a la contaminación.

Debido a la mayor actividad urbana, agrícola e industrial que se desarrolla en los Sectores de Abanicos y Llanuras Aluviales, así como por sus altos niveles freáticos, éstos son los más susceptibles a la contaminación.

Sin embargo, desde el punto de vista de salud y cantidad y calidad natural para agua potable, el Sector Volcánico Montañoso, que recarga los manantiales de Guácimo – Pococí, es el más importante de proteger.

Las principales fuentes de contaminación puntual a los acuíferos de los Abanicos y Llanuras aluviales y sus características, se discuten en la *Tabla 26. Caracterización general de fuentes de contaminación puntual.*

Tabla 26. Caracterización general de fuentes de contaminación puntual.

<b>FUENTE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE CONTAMINACIÓN</b>
Efluentes domésticos y urbanos.	Patógenos fecales, nitrato, amonio, salinidad, compuestos microorgánicos (detergentes, desinfectantes, solventes), otros compuestos sintéticos y naturales.
Efluentes agroindustriales e industriales (empacadoras, viveros, granjas porcinas y avícolas, etc.)	Patógenos fecales, nitrato, amonio, salinidad, eliminación de oxígeno disuelto, aumenta solubilidad de elementos metálicos y no metálicos, genera NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, y CH <sub>4</sub> , compuestos microorgánicos, agroquímicos (biocidas), y otros sintéticos y naturales.
Efluentes de botaderos de desechos sólidos urbanos y domésticos.	
Efluentes de botaderos de desechos sólidos agrícolas.	
Lavado tanques de agroquímicos.	Nitrato, amonio, salinidad, eliminación de oxígeno disuelto, aumenta solubilidad de elementos metálicos y no metálicos, compuestos microorgánicos, agroquímicos (biocidas), y otros sintéticos y naturales.
Lavados talleres, gasolineras.	Salinidad, metales pesados, eliminación de oxígeno disuelto, aumenta solubilidad de elementos metálicos y no metálicos, hidrocarburos, compuestos microorgánicos (detergentes, solventes, lubricantes, desinfectantes), y otros sintéticos y naturales.

Los efluentes provenientes de **contaminación dispersa** como los derivados de la aplicación de agroquímicos son más difíciles de controlar, aunque pareciera que podrían estar diluidos en buena medida por la gran escorrentía total (subterránea y superficial) que ocurre en la región.

Otras fuentes que se pueden considerar de contaminación dispersa son los drenajes agrícolas que pueden recolectar por escorrentía superficial y subterránea patógenos fecales, nitrato, amonio, salinidad, compuestos microorgánicos (biocidas) y otros compuestos sintéticos y naturales; y los drenajes de carreteras que producen salinidad, compuestos microorgánicos e hidrocarburos.

#### **a. Sector Volcánico Montañoso y de Recarga a Manantiales Guácimo - Pococí.**

El área de recarga total a este sector, se presenta en el Mapa 25, y corresponde a las áreas con las letras "A" y "C", y especialmente la sub área "B", incluida en el área "C", correspondiente a las Lavas de Guácimo que es la más permeable.

La parte media y alta de este sector, se encuentran dentro de Áreas Silvestres protegidas por ley, específicamente de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, Parque Nacional Volcán Turrialba y Zonas Protectoras Acuífero Guácimo Pococí, y todavía se encuentran bien protegidas por "Bosque", según el Mapa 26 **de uso del suelo del cantón de Pococí en el 2005**, sin embargo, se observan parches de regular tamaño de las categorías de pastos, pastos y árboles dispersos y de suelo desnudo.

La principal y recarga más directa a los manantiales de Guácimo y Pococí debe ocurrir en el área de aproximadamente **227 Km<sup>2</sup>** que cubre el Miembro de **Lavas de Guácimo** en el Sector Volcánico Montañoso. Especialmente a través de los lechos de los ríos y quebradas que atraviesan las Lavas de Guácimo, y que deben ser

influentes, percolando parte de su flujo al acuífero. Este supuesto debe comprobarse con aforos diferenciales en esos ríos y quebradas.

El agua subterránea del Acuífero de Lavas de Guácimo, que se descarga en buena parte a los manantiales de Guácimo y Pococí es de muy buena calidad natural.

Estos manantiales abastecen a una buena parte de la población de los cantones de Guácimo y Pococí a través de acueductos urbanos y rurales administrados por el AyA y ASADAS locales.

Dichosamente, la zona correspondiente al Miembro geológico de coladas de Lavas de Guácimo y Pococí, que es la zona más vulnerable a la contaminación todavía es la menos intervenida, aunque se encuentran algunos parches de pastos, pastos y árboles dispersos y de suelo desnudo, y existe presión en sus límites por proliferación de fincas de recreo.

En esta zona de las lavas de Guácimo se debe tener especial cuidado en no hacer vertidos de desechos contaminantes en el suelo o lechos de los ríos, ya que el flujo fisural de este acuífero es muy rápido y ni los vertidos microbiológicos ni los inorgánicos tienen suficiente tiempo de tránsito para su degradación antes de descargarse en buena parte a los manantiales de Guácimo Pococí.

La parte baja de este Sector, más bien está muy intervenido por las categorías de uso de pastos, pastos y árboles dispersos, otros cultivos y urbano.

Según los Mapas 16 y 17, existen más de 100 viviendas con tanque sépticos o letrinas en las cercanías de las áreas de recarga a los manantiales de Guácimo – Pococí.

Los principales poblados que presentan esta condición de amenaza son San Valentín, y parte de Granja y Diamantes.

Las aguas de desecho urbano, industrial y agrícola deben reunirse y descargarse a una planta de tratamiento primario fuera del Sector.

#### **b. Sector abanicos aluviales de Guápiles.**

Este Sector es el 2º en importancia de recarga por unidad de área a los acuíferos aluviales de Guápiles y Jiménez.

Sin embargo es el de mayor riesgo de contaminación, tanto porque sus niveles freáticos se encuentran muy superficiales (entre 1 y 5 m bajo el nivel del suelo), como la gran actividad antropogénica en el Sector.

Se cuenta con poca información sistemática de análisis físico químico de la calidad del agua de estos acuíferos, sin embargo, algunos pozos presentan mayores concentraciones de hierro y manganeso que las indicadas en los límites de las normas de potabilidad del decreto 25991-S, y en algunas fincas bananeras reportan esas altas concentraciones de hierro y manganeso en el agua subterránea.

**Este es también el 2º Sector en importancia para abastecimiento de agua potable actual y complementaria a futuro, por medio de pozos, del Cantón de Pococí.**

**De especial interés para abastecimiento de agua potable son las terrazas aluviales del río Chirripó, si se pueden hacer diseños de captaciones que resistan las crecidas de ese río.**

En el Mapa 26, de uso del suelo, las principales categorías son: Pastos y Pastos con árboles dispersos, siguiendo luego los usos Urbano, Palmito, Otros cultivos, Banano, Reforestación, Piña, Flores y Plantas ornamentales. La categoría de bosque existe en parches aislados con poca conexión entre ellos.

Según los Mapas 16 y 17, existen cientos de viviendas con tanques sépticos o letrinas, y además con pozos superficiales de uso domésticos en las cercanías de los tanques sépticos y letrinas.

Los drenajes tanques sépticos y las letrinas, son una contaminación microbiológica directa a esos acuíferos superficiales y pozos domésticos cercanos.

Los pozos superficiales cercanos a letrinas, tanques sépticos o cultivos con agroquímicos, no deben utilizarse para consumo humano, y preferiblemente deben eliminarse y rellenarse con material fino de la zona para evitar que sean otras fuentes de contaminación directa a los acuíferos por vertido de desechos contaminantes a los mismos.

Los pozos de abastecimiento público deben captar aguas subterráneas a profundidades mayores de 20 m bajo el nivel del suelo y aislar las capas superiores con tubo ciego, y tener una zona de protección inmediata y una zona de influencia con restricciones de uso.

Las aguas de desecho urbano, industrial y agrícola, deben reunirse y tratarse antes de devolverlas al subsuelo o ríos aguas abajo del Sector.

### **c. Sector llanuras aluviales medias.**

Este sector es el de mayor área útil del cantón. Sus niveles freáticos se encuentran muy superficiales, la mayoría a menos de 3 mbns y es muy susceptible a la contaminación por actividades antrópicas, entre las que se cuentan, en su orden de importancia en extensión, según las categorías del mapa de uso del suelo en el Mapa 26 Pastos y árboles dispersos, Pastos, Banano, parches de Bosque, Otros cultivos, Urbano, Piña y Reforestación.

Los ríos en este sector acarrear los efluentes urbanos, agrícolas e industriales de los sectores superiores, por lo que tomas directas de esos ríos o pozos en sus cercanías que induzcan sus aguas al acuífero, potencialmente tienen una fuerte contaminación microbiológica y química.

Según los Mapas 16 y 17, existen cientos de viviendas con tanques sépticos o letrinas, y además con pozos superficiales de usos domésticos en las cercanías de los tanques sépticos y letrinas.

Los drenajes tanques sépticos y las letrinas, son una contaminación microbiológica directa a esos acuíferos superficiales y pozos domésticos cercanos.

Los pozos superficiales no deben utilizarse para consumo humano, aunque pueden tener otros usos domésticos como riego de jardines y cultivos familiares.

Estos pozos deben estar muy bien sellados en superficie y frecuentemente desinfectarlos con cloro, para evitar criaderos de zancudos u otros vectores que afecten la salud de la población.

No se recomiendan pozos u otras fuentes de agua para consumo humano en este Sector, y en el caso de utilizarse, deben captar capas acuíferas a profundidades mayores a los 30 mbns, y sellar con tubería ciega y arcillas el espacio anular arriba de esa profundidad.

También deben tener una zona de protección inmediata y una zona de influencia con restricciones de uso.

Por riesgo de inundaciones en este sector, todos los pozos deben tener un brocal alto, mayor de 1 m sobre el nivel del suelo para evitar entrada de aguas de escurrimiento al pozo que lo contaminen y al acuífero.

#### **d. Sector llanuras aluviales bajas.**

El área de este Sector está permanentemente o temporalmente inundada, y no tiene condiciones para actividades humanas.

La mayor parte de este Sector se encuentra bajo el régimen de Área Silvestre Protegida.

Su principal función dentro del manejo de los recursos hídricos del cantón, es servir en parte como una gran laguna de oxidación para degradar los componentes de las contaminaciones orgánicas de los sectores superiores, y protección de la biodiversidad.

El acarreo de sedimentos y desechos sólidos a este sector, lo rellenaría lentamente, perdiendo las funciones mencionadas y creando un desequilibrio hidrológico en ese Sector y los sectores aledaños, disminuyendo la profundidad de las lagunas y aumentando la extensión de áreas inundadas.

#### **e. Sector cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte.**

Las aguas subterráneas que existen como lentes de agua dulce flotantes sobre agua salada del mar en los cordones litorales, está expuesta por su característica de suelos arenosos y acuíferos arenosos con niveles (0.5 a 2 mbns) muy someros a la contaminación por desechos urbanos.

Estos desechos deben tratarse antes de su disposición por drenajes al subsuelo o vertido a los canales litorales o al mar.

Otra fuente importante de contaminación o degradación del agua subterránea en este Sector, es la sobreexplotación y mal manejo de ese acuífero flotante en las barras litorales.

El descenso de los niveles por extracción de agua subterránea, si no está bien controlado, puede fácilmente inducir a la intrusión salina desde el mar o las lagunas interiores, salinizando zonas del acuífero que costaría mucho recuperarlas en su calidad original.

#### f. Resumen de conclusiones:

La explotación de los acuíferos aluviales del cantón de Pococí es muy baja en relación a su recarga.

La principal amenaza a las aguas subterráneas en el cantón de Pococí y a los manantiales de Guácimo Pococí, es:

- La contaminación y compactación de los suelos por cambios del uso del suelo en el Sector Volcánico Montañoso que recarga a los Manantiales de Guácimo–Pococí.
- La vulnerabilidad a la contaminación urbana y rural (puntual y dispersa) de los acuíferos del Sector de Abanicos Aluviales y Sector del Llanuras Aluviales Medias.
- La intrusión salina en los acuíferos de lentes flotantes en los cordones litorales de las barras de Parismina, Tortuguero y Colorado.

#### 4 Propuesta de Manejo de las Aguas Subterráneas en el Cantón de Pococí y Manantiales de Guácimo Pococí

Con base a metodologías basadas en el clima, geología, geomorfología, hidrogeología, permeabilidad de suelos y uso de la tierra, descritas anteriormente, se propone dividir el área de estudio en 5 Sectores:

- A- Sector Volcánico Montañoso de los Manantiales de Guácimo - Pococí
- B- Sector de Abanicos Aluviales.
- C- Sector de Llanuras Aluviales Medias
- D- Sector de Llanuras Aluviales Bajas
- E- Sector de Cordones Litorales

Según el caso del Sector y tipo de fuente de abastecimiento público de agua, se proponen actividades de manejo y protección. En la *Tabla 2.2 -27. Funciones de cada sector hidrogeológico*, se proponen sus funciones hidrogeológicas principales.

*Tabla 27. Funciones de cada sector hidrogeológico*

<b>SECTOR HIDROGEOLÓGICO</b>	<b>VOCACIÓN HIDROGEOLÓGICA</b>
A- Sector Volcánico Montañoso de los Manantiales de Guácimo - Pococí	Protección de la principal fuente de agua potable de 1ª calidad, actual y futura de los cantones de Pococí y Guácimo
B- Sector de Abanicos Aluviales.	Protección y uso regulado de los acuíferos aluviales y pozos, como 2ª fuente alterna de agua potable al cantón de Pococí.
C- Sector de Llanuras Aluviales Medias	Uso intensivo y manejo del acuífero aluvial para uso agrícola e industrial (pozos y drenajes). Uso potable restringido.
D- Sector de Llanuras Aluviales Bajas	Protección. Zonas de descarga, protección de vida silvestre. Oxidación y purificación de aguas residuales de Sectores aguas arriba.
E- Sector de Cordones Litorales	Uso restringido y limitado, manejo muy regulado con monitoreo.

#### **4.1 Zonas de protección a los manantiales de Guácimo y Pococí.**

Se proponen 2 sub zonas:

- Zona de Protección Absoluta: Áreas de Captura y Lavas de Guácimo
- Zonas de Protección y Uso del Suelo Regulado

Las zonas y sub zonas se presentan en el Mapa 27 de zonas y categorías de protección de las aguas subterráneas en el cantón de Pococí y manantiales de Guácimo Pococí.

##### **a. Zona de Protección Absoluta: Áreas de captura y Lavas de Guácimo.**

Abarca las **zonas de captura** de los manantiales que se muestran en el Mapa 2.2 -4, y el Miembro Geológico de **Lavas de Guácimo**, tal como se muestra en el Mapa 2.2 -27. La zona debe replantarse en el campo, modificándola, siempre a favor de la protección, según rasgos geográficos o de infraestructura reconocibles.

Las siguientes son algunas recomendaciones de regulación del uso del suelo para esta zona.

##### **Limitaciones y prohibiciones:**

- No se deben permitir actividades contaminantes.
- No se debe permitir el cambio del uso natural del suelo.
- No se deben permitir actividades que compacten, remuevan o erosionen los suelos como el pastoreo.
- No se debe permitir la descarga de desechos líquidos o sólidos al subsuelo o a los ríos y quebradas.
- No se deben permitir letrinas y los tanques sépticos domésticos deben tener diseños modificados para mejorar la calidad del efluente.
- No se debe permitir la captación de aguas subterráneas en las zonas de captura de cada manantial.
- No se debe permitir el uso de agroquímicos.
- No se debe permitir el almacenamiento de hidrocarburos, agroquímicos y otros químicos.

##### **Autorizaciones y promociones**

- Se puede captar agua de manantiales para uso potable de las comunidades.
- Se debe promover la reforestación con especies naturales.
- Se debe hacer un plan de monitoreo sistemático de la cantidad y calidad de las aguas subterráneas

##### **b. Zonas de Protección y Uso Regulado del Suelo**

Abarca el resto de la Zona de Protección de los Manantiales de Guácimo Pococí, tal como se presenta el Mapa 27.

Se proponen algunas recomendaciones de regulación del uso del suelo para esta zona.

**Limitaciones y prohibiciones:**

- No se deben permitir actividades contaminantes.
- No se deben permitir actividades que compacten, remuevan o erosionen los suelos como el pastoreo.
- No se debe permitir la descarga de desechos líquidos o sólidos al subsuelo o a los ríos y quebradas.
- No se debe permitir el uso de agroquímicos.

**Autorizaciones y promociones:**

- Se puede captar agua de manantiales, pozos o galerías para uso potable de las comunidades.
- Se debe promover la reforestación con especies naturales.
- Se pueden desarrollar actividades no contaminantes de baja densidad y que no compacten el suelo o lo erosionen.

**4.2 Zonas de protección y regulación de pozos de abastecimiento público.**

En los acuíferos aluviales de los Sectores Abanicos aluviales y Llanuras Aluviales Medias, existen gran cantidad de pozos de abastecimiento público, tanto para comunidades como en plantaciones agrícolas para abastecimiento de sus trabajadores.

Se propone se declaren 2 tipos de zonas de protección, circulares y concéntricas para los pozos de abastecimiento público, basadas en cálculo de tiempos de tránsito de contaminantes:

- Zonas de Protección de Pozos Absoluta: Áreas de Protección Microbiológica Inmediata (50 días de tiempo de tránsito)
- Zonas de Protección de Pozos de Uso del Suelo Restringido (100 días de tiempo de tránsito).

**a. Zona de protección de pozo absoluta: Áreas de protección microbiológica inmediata (50 días).**

**En esta categoría no se permite ninguna actividad.** Se proponen algunas recomendaciones de regulación del uso del suelo para esta zona:

**Limitaciones y prohibiciones:**

- No se permitirá ninguna actividad contaminante en esta zona y debe estar demarcada y preferiblemente cercada.
- Quebradas contaminadas o drenajes urbanos o rurales que la atraviesen deben ser entubados.
- El pozo debe estar cercado en un radio de 10 m para su protección y restricción de libre acceso a personal no autorizado.

**Autorizaciones y promociones:**

- Pruebas hidráulicas no contaminantes
- Operación y mantenimiento del acueducto.
- Monitoreo del pozo y del acuífero

## **b. Zona de protección de pozo de uso del suelo restringido (100 días).**

Se proponen algunas recomendaciones de regulación del uso del suelo para esta zona:

### **Limitaciones y prohibiciones:**

- No se deben permitir actividades contaminantes.
- No se debe permitir la descarga de desechos líquidos o sólidos al subsuelo o a ríos y quebradas que la atraviesen.
- No se deben permitir letrinas y ni tanques sépticos domésticos. Los ya existentes de trasladarse fuera de la zona.
- No se debe permitir la captación de aguas subterráneas que pueda interferir con el pozo.
- No se debe permitir el uso de agroquímicos.
- No se debe permitir el almacenamiento de hidrocarburos, agroquímicos y otros químicos.

### **Autorizaciones y promociones:**

- Se permitirán actividades no contaminantes como parque de recreo
- Se debe promover la reforestación.

Idealmente, estas zonas de protección deberían calcularse en base al radio de la distancia necesaria para cubrir los tiempos de tránsito de 50 y 100 días obtenido de la suma de tiempos de tránsito tanto por percolación vertical y flujo horizontal en: 1) la zona no saturada, y 2) el acuífero.

Estos cálculos se realizan conociendo las propiedades hidráulicas de cada pozo y del acuífero que capta, por lo que no se debería hacer una generalización para todos, sin conocer el diseño, ubicación y características hidrogeológicas de cada uno.

Las características hidrogeológicas de estos Sectores son muy variables como se describe en el apartado I-3.2.3- Información Hidrogeológica de Pozos.

Se debe promover la medición de niveles estáticos y dinámicos, pruebas de bombeo cortas (6 hrs.), registros del diseño y operación de cada pozo de abastecimiento público para el cálculo e implementación de las zonas de protección propuestas.

**Sin embargo, mientras se delimitan las zonas de protección de los pozos, se recomienda en forma inmediata, pero transitoria hasta no delimitarse las zonas hidrogeologicamente, utilizar el Artículo 117-h del Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14 585:**

“**117:** Se declaran áreas de protección del recurso hídrico las siguientes:

h- Las áreas que bordeen los pozos en un radio de **cincuenta metros** en zonas de comprobada vulnerabilidad.... La Dirección Nacional del Recurso Hídrico podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona en el campo cuando medie un estudio técnico fundamentado que lo justifique. ...”.

**y el Artículo 31 de la Ley de Aguas N° 276 de 1942:**

“**31:** Se declaran como reserva de dominio a favor de la Nación:

a) las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de **200 metros de radio** ;”

El área del círculo de **50 m** de radio del Artículo 117-h, correspondería a la **Zonas de Protección de Pozos Absoluta**, y la de un círculo de radio de **200 m** del Artículo 31, correspondería a la **Zona de Protección de Pozos de Uso Restringido**.

#### **4.3 Ubicación y diseño sanitario de pozos para abastecimiento público**

Se proponen las siguientes normas de construcción básicas de regulación sanitaria para nuevos pozos de abastecimiento público:

- Los pozos deben construirse preferiblemente en el Sector de Abanicos Aluviales y de ahí abastecer con acueductos a las poblaciones de los Sectores de Llanuras Aluviales Medias y Bajas.
- Los nuevos pozos que se construyan para abastecimiento público, deben estar a más de 100 m de ríos, quebradas contaminadas, drenajes agrícolas y urbanos.
- Los nuevos pozos que se construyan para abastecimiento público, deben estar a más de 300 m de botaderos de desechos agrícolas o sanitarios, lagunas de oxidación o plantas de tratamiento de aguas negras y sus descargas; almacenamientos de combustibles u otros químicos.
- La profundidad de captación de los Pozos de Abastecimiento Público en el Sector de Abanicos Aluviales debe ser por debajo de 20 m bajo el nivel del suelo (mbns); y en el Sector de Llanuras Aluviales Medias, en caso de ser necesario, por debajo de 30 mbns. Los pozos deben tener tubería ciega arriba de los tramos de captación de los acuíferos, y los espacios anulares entre la tubería y la perforación, arriba del tramo de captación superior deben estar sellados con materiales finos impermeables como bentonita u otras arcillas y arenas finas.
- Por riesgo de inundaciones, todos los pozos deben tener un brocal con sello sanitario alto, mayor de 1 m sobre el nivel del suelo, y bien sellado para evitar entrada de aguas de escurrimiento al pozo que lo contaminen y al acuífero.

#### **4.4 Pozos en cordones litorales del Atlántico Norte**

En las barras arenosas, se encuentra un lente de agua dulce flotando sobre el agua salada, por lo que el agua subterránea debe manejarse con sumo cuidado para evitar la intrusión salina y salinización de esos acuíferos lenticulares.

##### **a. Pozos de abastecimiento público**

- Solo se permitirán pozos con bomba para abastecimiento público.
- Los pozos deben ubicarse en el centro de las zonas más anchas de estas barras arenosas, entre el mar y las lagunas, o ligeramente más cerca de estas últimas.

- Los pozos que se construyan para abastecimiento público, deben estar a más de 100 m de lagunas, quebradas contaminadas, drenajes urbanos y tanques sépticos u otras fuentes de contaminación.
- No deben concentrarse en una sola área y deben estar con suficiente separación para evitar interferencias entre ellos.
- Su profundidad no debe exceder los 10 mbns, y sus abatimientos no sobrepasar los 0.50 m, o no descender bajo el nivel medio del mar.
- Su bombeo diario no debe exceder las 12 hrs. para restringir sus radios de influencia.
- Por riesgo de inundaciones, todos los pozos deben tener un brocal con sello sanitario alto, mayor de 1 m sobre el nivel del suelo, y bien sellado para evitar entrada de aguas de escurrimiento contaminen al pozo y al acuífero.
- Los desechos líquidos urbanos que se produzcan en estas barras, deben tratarse y evacuarse con emisarios submarinos al mar.
- Debe implementarse un plan de monitoreo sistemático de niveles estáticos y dinámicos, control de extracciones, salinidad y bacteriológico.

#### **b. Pozos domésticos artesanales**

- Pueden permitirse **pozos excavados o punteras de extracción manual** que no sobrepasen los 5 m de profundidad para uso doméstico.
- Los pozos deben estar a más de 40 m de lagunas, quebradas contaminadas, drenajes urbanos y tanques sépticos u otras fuentes de contaminación.
- Los pozos deben tener un brocal con sello sanitario alto, mayor de 1 m sobre el nivel del suelo, y bien sellado para evitar entrada de aguas de escurrimiento contaminen al pozo y al acuífero durante posibles inundaciones.

#### **4.5 Regulaciones generales propuestas en los diferentes sectores de recarga y su relación con el Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585**

En las *Tabla 2.2 -28 a la 2.2 -32*, se resumen algunas políticas y regulaciones generales propuestas para cada uno de los Sectores hidrogeológicos y funcionales de manejo de las aguas subterráneas en el Cantón de Pococí y las zonas de recarga de los Manantiales de Guácimo y Pococí, se proponen acciones a tomar y se relacionan con artículos del **Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585 y y leyes vigentes de Ley de Aguas (N° 276 de 1942) y Ley Forestal (N° 7575 de 1995).**

*Tabla 28. Sector volcánico montañoso y recarga a manantiales de Guácimo Pococí –  
Zona de protección hídrica potable.*

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recomendac.</b>
Manantiales	Delimitar zonas de captura.	<b>Zona de protección y conservación.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-a: Área de recarga: Definida por el área equivalente a un <b>radio de cien metros</b> medidos en la horizontal a partir de la naciente. Ley N° 7575. Art. 33-a: Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un <b>radio de 100 m</b> medidos de modo horizontal; y Art. 33-d: Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.	Actividades no contaminantes
Manantiales de abastecimiento o público.	Delimitar zonas de protección absoluta.	<b>Protección absoluta.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-b: ... para abastecimiento poblacional, definidas por el área equivalente a un <b>radio de doscientos metros.</b> Ley N° 276, Art. 31-a: Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de <b>200 m de radio.</b> Ley N° 7575. Art. 33-d: Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.	Ninguna actividad
Pozos de abastecimiento o público.	Delimitar zonas de protección absoluta.	<b>Protección absoluta.</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-h:</b> Las áreas que <b>bordeen los pozos en un radio de cincuenta metros</b> en zonas de comprobada vulnerabilidad. ... La Dirección Nacional del Recurso Hídrico podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona en el campo cuando medie un estudio técnico fundamentado que lo justifique. Ley N° 276, Art. 31-a: Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de <b>200 m de radio.</b>	Ninguna actividad.  Actividades no contaminantes.
Márgenes de ríos y quebradas.	Franjas de <b>50 m</b> de protección	<b>Zona de protección</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-c: Una franja de cincuenta metros ...</b> medida horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, permanentes e intermitentes, <b>...si el terreno es quebrado ...</b> Ley N° 7575. Art. 33-b: Una franja de 15 m en zona rural y de 10 m en zona urbana, medidas horizontalmente en ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano y de 50 m horizontales, si el terreno es quebrado.	Actividad no contaminante ni cambio de uso natural (deforestación), regeneración natural.

Tabla 29. Sector de abanicos aluviales – Zona de protección y uso potable.

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recomendac.</b>
Manantiales	Delimitar zonas de captura.	<b>Zona de protección y conservación.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-a: Área de recarga: Definida por el área equivalente a un <b>radio de cien metros</b> medidos en la horizontal a partir de la naciente. Ley N° 7575. Art. 33-a: Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un <b>radio de 100 m</b> medidos de modo horizontal; y Art. 33-d: Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.	Actividades no contaminantes
Manantial de abastec. público.	Delimitar zonas de protecc. absoluta.	<b>Protección absoluta</b> Proy. N° 14585, Art. 117-b: para abastecimiento poblacional, definidas por el área equivalente a un <b>radio de doscientos metros</b> Ley N° 276, Art. 31-a: ... un perímetro no menor de <b>200 m de radio</b> . Ley N° 7575. Art. 33-d: ... cuyos límites serán determinados por los órganos competentes ...	Ninguna actividad
Pozos de abastecimiento público.	Delimitar zonas de protección absoluta.	<b>Protección absoluta.</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-h:</b> ... <b>un radio de cincuenta metros</b> ... podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona ... cuando medie un estudio técnico ... Ley N° 276, Art. 31-a: ... en un perímetro no menor de <b>200 m de radio</b> .	
Pozos de uso doméstico	Educación comunidad. Ubicación pozos y usos de tierra a nivel finca	Uso restringido para uso potable. Prevención de contaminación de pozo y acuífero.	Uso no potable, si existen tanques sépticos o letrinas a menos de <b>40 m</b> del pozo. No uso de agroquímicos a <b>100 m</b> de radio
Márgenes de ríos y quebradas.	Franjas de <b>15 m</b> de protección	<b>Zona de protección</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-c:</b> <b>Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana</b> , medidos horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, permanentes e intermitentes, si el terreno es plano... Ley N° 7575. Art. 33-b: Una franja de <b>15 m en zona rural</b> y de 10 m en zona urbana, medidos horizontalmente en ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano ...	Actividad no contaminante ni cambio de uso natural (deforestación), regeneración natural.

*Tabla 30. Sector de llanuras aluviales medias -Zona de producción hídrica potable, agrícola e industrial.*

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recomendac.</b>
Pozos de abastecimiento público	Delimitar zonas de protección absoluta.	<b>Protección absoluta.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-h: ... <b>un radio de cincuenta metros</b> ... podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona ... cuando medie un estudio técnico ... Ley N° 276, Art. 31-a: ... en un perímetro no menor de <b>200 m de radio</b> .	Ninguna actividad
Pozos de uso doméstico	Educación de comunidades . Ubicación de pozos y usos de la tierra a nivel de finca	Uso restringido para uso potable. Prevención de contaminación de pozo y acuífero.	Uso no potable, si existen tanques sépticos o letrinas a menos de <b>40 m</b> del pozo. No uso de agroquímicos a <b>100 m</b> de radio
Pozos de uso Industrial y agrícola	Ubicación de pozos y usos de la tierra a nivel de finca.	Prevención de contaminación de acuífero.	Uso no potable. Protección de 5 m de radio. Brocal de 1 m de alto contra inundación de área del pozo.
Márgenes de ríos	Franjas de <b>15 m</b> de protección	<b>Zona de protección</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-c: Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana</b> , medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, permanentes e intermitentes, si el terreno es plano... Ley N° 7575. Art. 33-b: Una franja de <b>15 m en zona rural ...</b>	Actividad no contaminante ni cambio de uso natural (deforestación), regeneración natural

Tabla 31. Sector de llanuras aluviales bajas – Zona de descarga y protección de vida silvestre y purificación de aguas.

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recomendac.</b>
Pantano temporal	Delimitar zona de protección de 20 m alrededor de Pantano en pleno.	<b>Protección de vida silvestre.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-f: Los <b>veinte metros</b> , como mínimo, alrededor de zonas de bosques anegados. Ley N° 7575. Art. 33-c: Una <b>zona de 50 m</b> medida horizontalmente en las riberas de lagos y embalses naturales ...	Evitar drenajes agrícolas, urbanos e industriales sin tratamiento primario a los pantanos. Inventariar las áreas pantanosas fuera de las ASP
Pantano permanente	Delimitar zona de protección de 50 m alrededor de Pantano en pleno	<b>Protección de vida silvestre.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-d: Un área de <b>50 metros</b> medida horizontalmente en las riberas de los lagos y lagunas naturales y embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Ley N° 7575. Art. 33-c: Una <b>zona de 50 m</b> medida horizontalmente en las riberas de lagos y embalses naturales ...	Evitar drenajes agrícolas, urbanos e industriales de la laguna o hacia la laguna. Inventariar las áreas pantanosas fuera de las ASP

*Tabla 32. Sector de cordones litorales y lagunas del Atlántico Norte - Zona de uso restringido y muy regulado.*

Elemento	Acción	Categoría	Recomendac.
Acuíferos flotantes someros en cordones litorales.	Evitar la intrusión marina a los acuíferos. Evitar la contaminación de esos acuíferos costeros por percolación / infiltración de desechos de actividades humanas.	Manejo estricto del uso del agua y de la tierra.	Inventario de pozos y extracciones. Inventario de tanques sépticos y letrinas. Regulación de extracciones y diseños pozos. Prohibir/ regular actividades contaminantes
Pozos de abastecimiento público	Delimitar zonas de protección absoluta.	<b>Protección absoluta.</b> Proy. N° 14585, Art. 117-h: ... <b>un radio de cincuenta metros</b> ... podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona ... cuando medie un estudio técnico ... Ley N° 276, Art. 31-a: ... en un perímetro no menor de <b>200 m de radio</b> .	Ninguna actividad
Pozos de uso doméstico  Canales o lagunas litorales.	Información, educación de comunidades. Inventario y control sanitario de pozos y usos de la tierra a nivel de finca  Controlar actividades contaminantes en las lagunas y sus márgenes. Revisar ley y reglamentación de Áreas Silvestres Protegidas (ASP).	Uso restringido para uso potable.  Prevención de contaminación de pozo y acuífero.  <b>Protección de vida silvestre y calidad de recarga a acuíferos costeros.</b> Proy. N° 14585, <b>Art. 117-c: Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana</b> , medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, permanentes e intermitentes, si el terreno es plano... ; Art. 117-d: Un área de <b>50 metros</b> medida horizontalmente en las riberas de los lagos y lagunas naturales; Art. 117-g: La franja de <b>200 metros</b> medidos horizontalmente a ambos lados de la ribera de los ríos en la zona de las rías, medidas a partir de la desembocadura con el mar y hasta donde se marque la línea de influencia de la marea alta. ... Ley N° 7575. Art. 33-b: Una franja de <b>15 m en zona rural</b> ... ; Art. 33-c: Una <b>zona de 50 m</b> medida horizontalmente en las riberas de lagos y embalses naturales ...	Uso no potable, si existen tanques sépticos o letrinas a menos de <b>40 m</b> del pozo.  Inspecciones y controles regulares del uso de la tierra en sus márgenes.  Información, concientización, educación de comunidades.

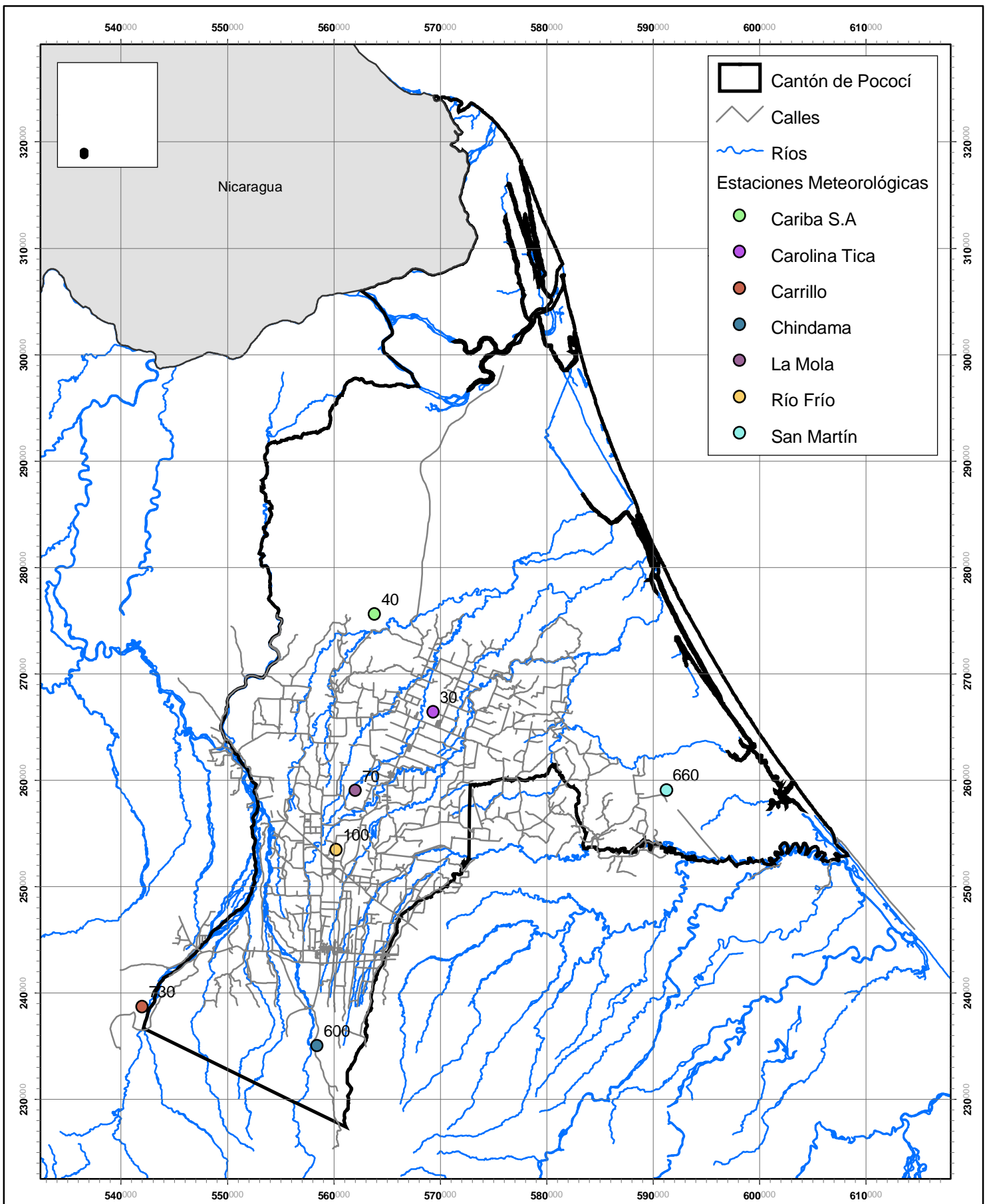
En el **Anexo 6: Cuadro resumen de los artículos de Protección y Calidad del Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585**, se presentan las tendencias nacionales sobre la protección y calidad de las aguas naturales en el país.

Tabla 33. Muestras de suelo de los cantones de Pococí y Guácimo

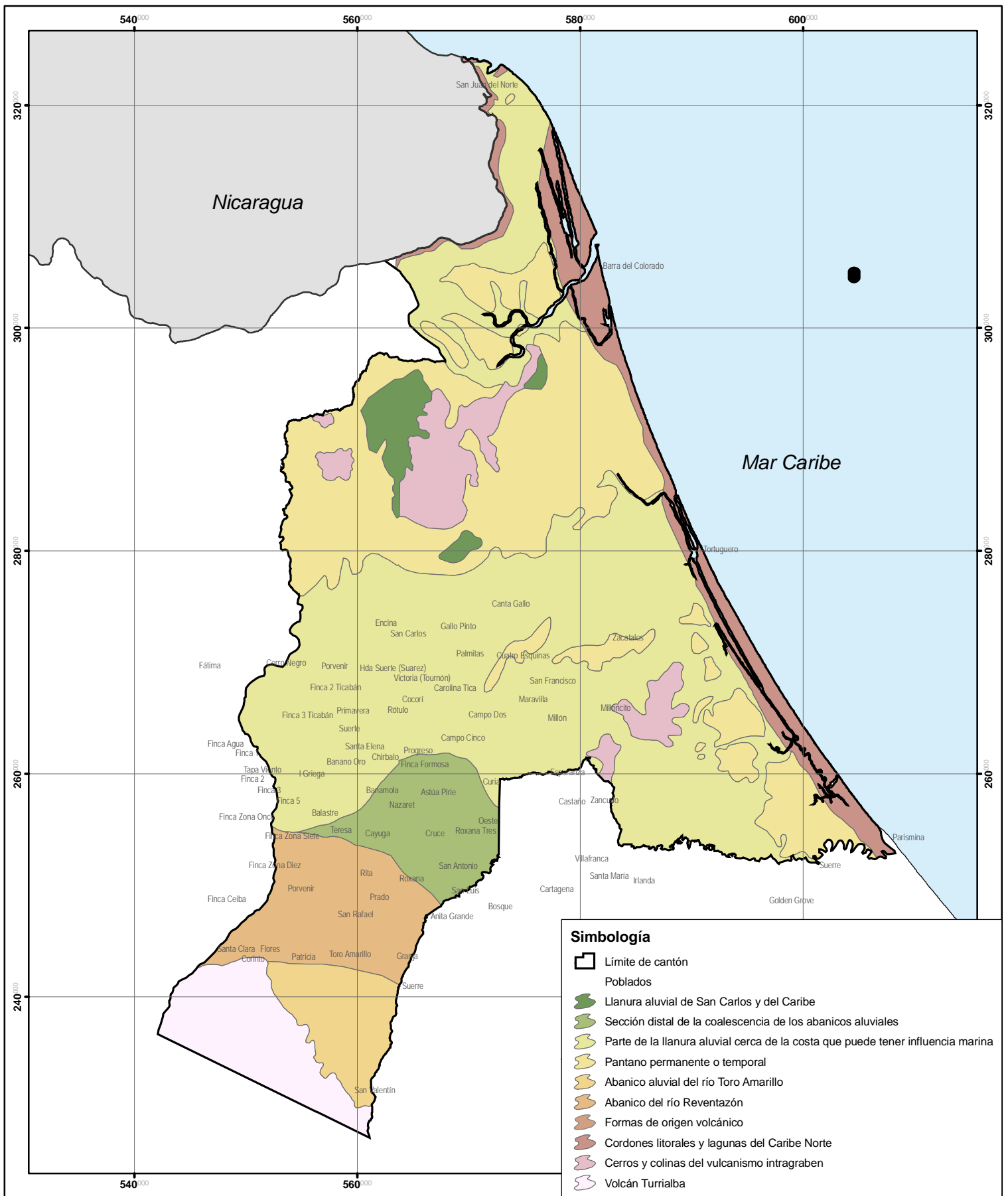
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>% LIMO</b>	<b>% ARENA</b>	<b>% ARCILLA</b>	<b>DRENAJE</b>	<b>c</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>b</b>
<b>E017</b>		40	20	40,0	buena	2	gruesa	3
<b>E032</b>		35	29	35,6	moderadamente bueno	3	moderado fino a finos	2
<b>E033</b>		23,3	34,6	42,1	imperfecto a pobre	5	finas a gruesas y gruesas	3
<b>E034</b>		35,0	30,0	35,0	imperfecto	5	moderadamente fina	2
<b>H001</b>		49,0	2,0	49,0	baja permeabilidad	5	orgánicas	1
<b>I033</b>	1	44,0	19,0	37,0	pobre	5	finas	2
	2	68,2	5,4	26,4	pobre	5	finas	2
	3	51,0	11,0	38,0	pobre	5	finas	2
<b>I037</b>	1	52,0	21,0	27,0	pobre	5	finas	2
	2	38,4	40,4	21,2	pobre	5	finas	2
	3	28,0	35,2	36,8	pobre	5	finas	2
<b>I039</b>	1	62,6	7,4	30,0	bueno	2	medios	2
	2	58,0	21,0	21,0	bueno	2	medios	2
	3	75,6	7,2	17,2	bueno	2	medios	2
	4	61,8	18,0	20,2	pobre	2	finas	2
	5	50,0	39,0	11,0	pobre	2	finas	2
<b>I040</b>	1	19,6	9,2	71,2	imperfecto a bueno	3	finas	2
	2	39,6	13,2	47,2	pobre	5	finas	2
	3	49,6	11,2	39,2	imper	4	medios	3
<b>I043</b>	1	25,9	30,0	44,1	bueno	3	finas	2
	2	36,7	33,2	30,1	bueno	3	medios	3
	3	39,6	24,7	35,7	bueno	3	medios	3
<b>I045</b>	1	36,4	28,7	34,9	bueno	3	finas	2
	2	36,4	28,7	34,9	bueno	3	medios	3
<b>I046</b>	1	26,0	63,0	11,0	bueno	3	medios	3
	2	34,0	53,0	13,0	bueno	3	medios	3
	3	49,8	28,0	22,2	bueno	3	medios	3
<b>I047</b>		35,0	54,0	11,0	bueno	3	medios	3
<b>I048</b>		55,8	8,8	35,4	impermeable	5	finas	2
<b>I049</b>		43,8	28,6	27,6	bueno	3	finas	2
<b>I050</b>		17,0	76,0	7,0	bueno	3	medias	3
<b>I051</b>	1	20,0	70,0	7,0	bueno	3	medios	3
	2	25,6	67,6	6,8	bueno	3	medios	3

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>% LIMO</b>	<b>% ARENA</b>	<b>% ARCILLA</b>	<b>DRENAJE</b>	<b>c</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>b</b>
<b>i052</b>		40,0	43,2	16,8	moderado a bueno	2	finas a medios	3
<b>i054</b>		59,8	10,8	29,4	moderado	3	finas	2
<b>i055</b>	1	32,0	62,4	5,6	bueno	3	medios	3
	2	32,4	62,8	4,8	bueno	3	finos	2
<b>i056</b>	1	58,3	19,5	22,2	bueno	3	finas	2
	2	49,3	25,5	25,2	bueno	3	finos	2
<b>i057</b>	1	40,4	44,4	15,2	bueno	3	medias	3
	2	18,4	36,4	45,2	bueno	3	medios	3
<b>i058</b>	1	37,5	26,1	36,4	bueno	3	finas	2
	2	36,7	33,2	30,1	bueno	3	medios	2
	3	39,6	24,7	35,7	bueno	3	medios	2
<b>i059</b>	1	54,0	32,4	13,6	bueno	3	medios	3
	2	37,5	27,1	35,4	bueno	3	medios	3
<b>i060</b>		44,4	25,6	30,0	bueno	3	finas	2
<b>i061</b>	1	19,0	73,0	8,0	bueno	3	medios	3
	2	38,0	45,0	17,0	bueno	3	finas	2
	3	19,0	73,0	8,0	bueno	3	finas	2
<b>i062</b>		35,0	33,0	32,0	bueno	3	finas	2
<b>i063</b>	1	32,0	53,0	15,0	bueno	3	medios	3
	2	36,0	50,0	14,0	bueno	3	finas	2
<b>i064</b>		22,1	37,9	40,0	bueno	3	medios	3
<b>i065</b>		30,0	35,0	35,0	imperfecto-pobre	4	moderado fino a finos	2
<b>i066</b>		60,0	27,0	13,0	impermeable	5	finas	6
<b>i067</b>		35,0	30,0	35,0	bien drenados	1	livianas	2
<b>i68</b>		18,0	71,0	11,0	bueno	3	medios	3
<b>i101e</b>		16,0	72,0	12,0	excelente	1	medios	3
<b>i121e</b>		31,0	59,0	10,0		2		2
<b>u004</b>		32,0	28,4	49,6	bueno	3		2
<b>u005</b>		36,0	28,4	35,6	bueno	3	medios	3
<b>u006</b>	1	19,6	9,2	71,2	bueno	3	finas	2
	2	39,6	13,2	47,2	pobre	4	finas	2
<b>u007</b>		21,0	36,0	43,0	bueno	3	medios	3

Fuente: Mapa de Capacidad de uso de suelo de la tierra, 1:200 000, MAG  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
Elaborado en ProDUS, 2006



**Mapa 1. Ubicación de estaciones meteorológicas en el cantón de Pococí.**



**Mapa 2. Mapa geomorfológico regional**

Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

0 5 10 20 Kilómetros

Escala: 1:450.000

Fuente: Mapa Geomorfológico, hojas 1:200 000  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
SINAC, 2005

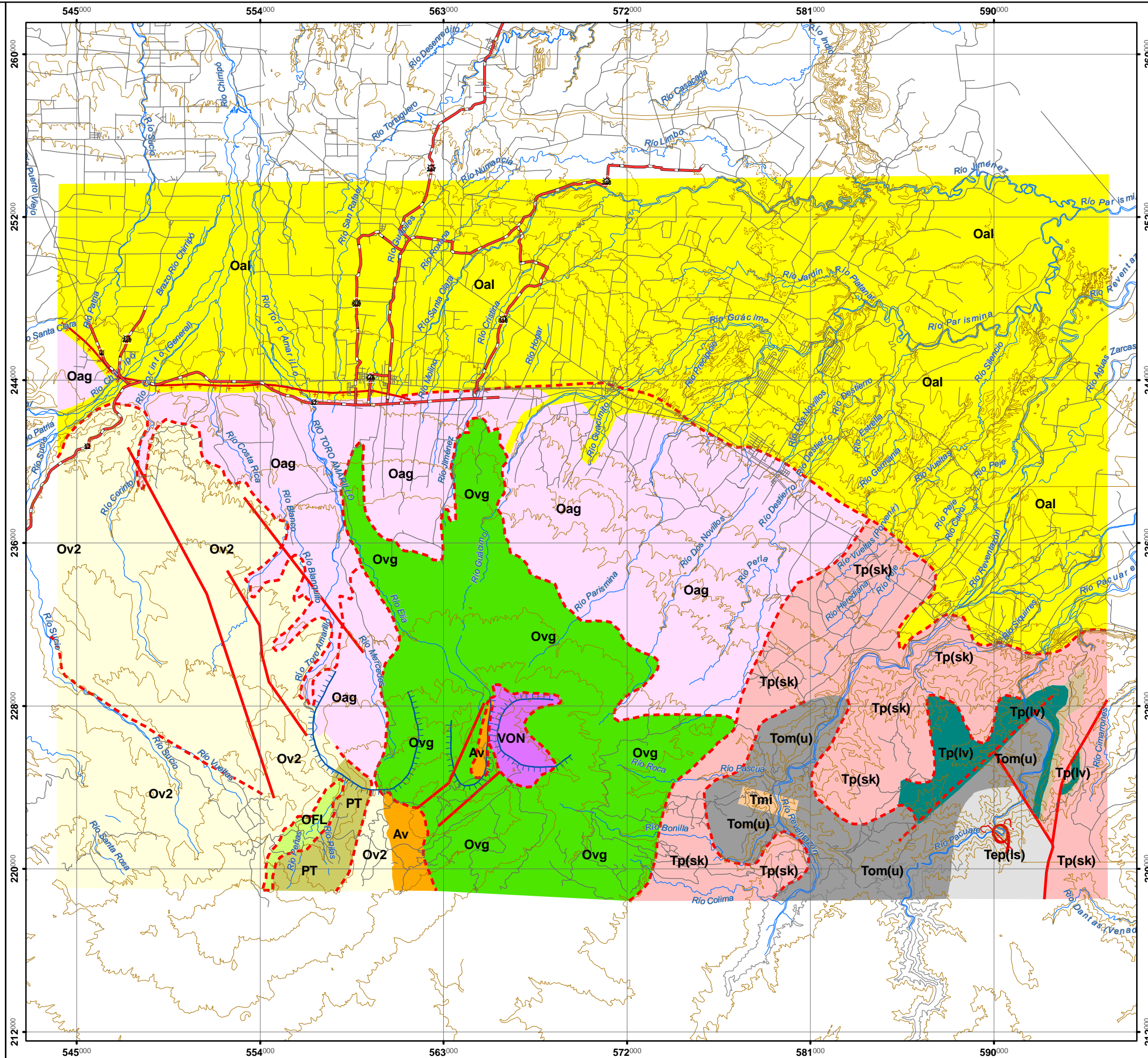
Elaborado en ProDUS, 2006  
Corrección del Geólogo Luis Guillermo Salazar Mondragón



# Simbología

CUATERNARIO	
HOLOCENO	Ov1, Ov2, Oal
PLEISTOCENO	
TERCIARIO	
PLIOCENO	Tp(lv), Tp(sk)
MIOCENO	Tm(rb), Tmi
OLIGOCENO	Tom(u)
EOCENO	
PALIOCENO	Tep(ts)

- Oal  
Depósitos fluviales, coluviales
- Ov2  
Edificios volcánicos y materiales volcánicos
- Ovg  
Lavas Guácimo
- Av  
Colada Aquiares
- OFL  
Estrato volcánico Finca Liebres
- VON  
Volcán Dos Novillos
- PT  
Pre Turrialba
- Oag  
Aglomerado
- Tp(lv)  
Unidad de lavas alcalinas
- Tp(sk)  
Tm Suretka
- Tm(rb)  
Tm Río Banano
- Tom(u)  
Tm Uscari
- Tep(ls)  
Tm Tuis
- Tmi  
Intrusión ácidos C.T.
- Contacto geológico
- Falla de Guápiles
- Pliegues
- Fallas
- Corona megadeslizamiento
- Curvas de nivel
- Ríos
- Carreteras Nacionales
- Calles Municipales

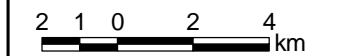


**Mapa 3.**  
**Mapa geológico regional**

Proyecto:  
Plan regulador del  
cantón de Pococí

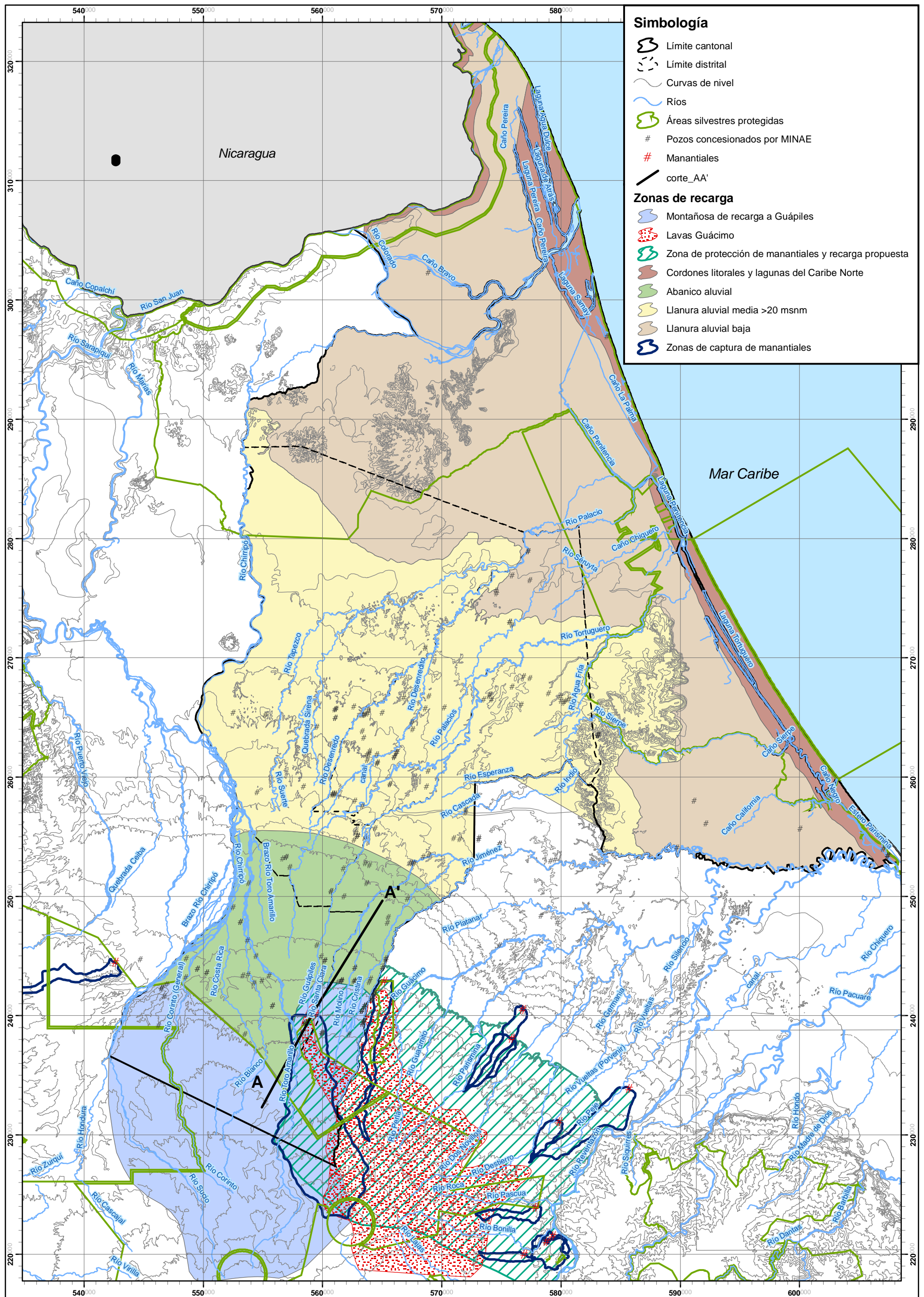
Fuente:  
Cervantes y Soto (1998)  
Denyer et al (1993)  
Madrigal y Rojas (1980)  
Montero y Alvarado (1982)  
Soto (1998)  
Grupo Hidroverde (2001)  
Hojas Topográficas 1:50 000  
CENIGA, 1998

Escala: 1:200.000



Elaborado en ProDUS, 2006





**Mapa 4. Mapa de zonificación hidrogeológica y manantiales, cantón de Pococí.**

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

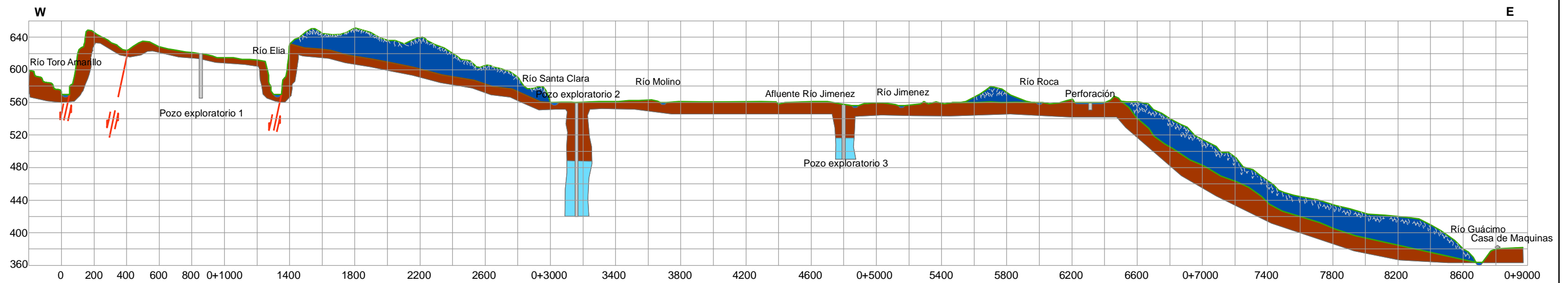
Fuente: SINAC, Áreas protegidas  
 Hojas topográficas 1:50 000  
 Mapa geomorfológico, hojas 1:200 000  
 Tecnoambiente, MINAE,  
 Marcelino Losilla, 2006

2 1 0 2 4 6 Kilómetros

Escala 1:300 000  
 Proyección Lambert Norte  
 Elaborado en ProDUS, 2006.



Mapa 5. Perfil esquemático E-W, hojas Guápiles y Guácimo



**Simbología**

- Acuífero de Guácimo
- Acuífero de Santa Clara
- Acuífierre de Suerre

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

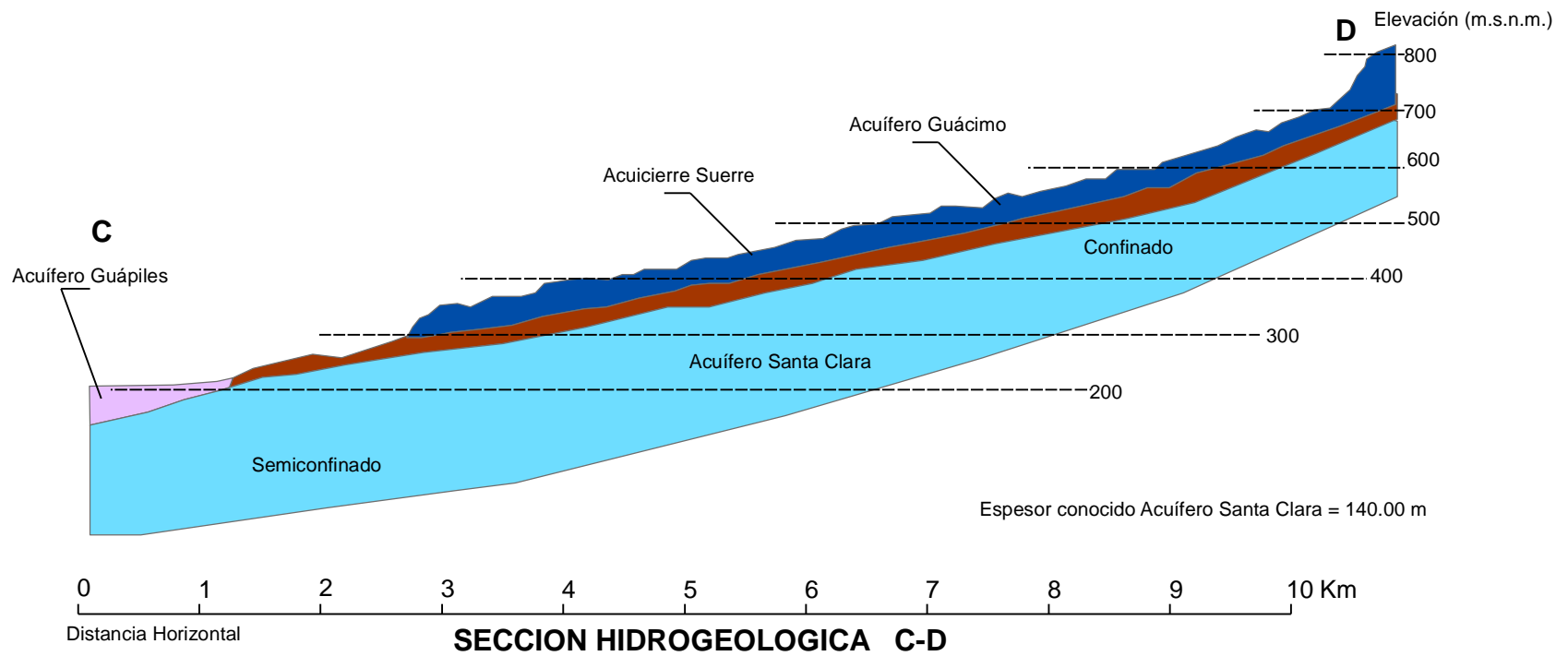
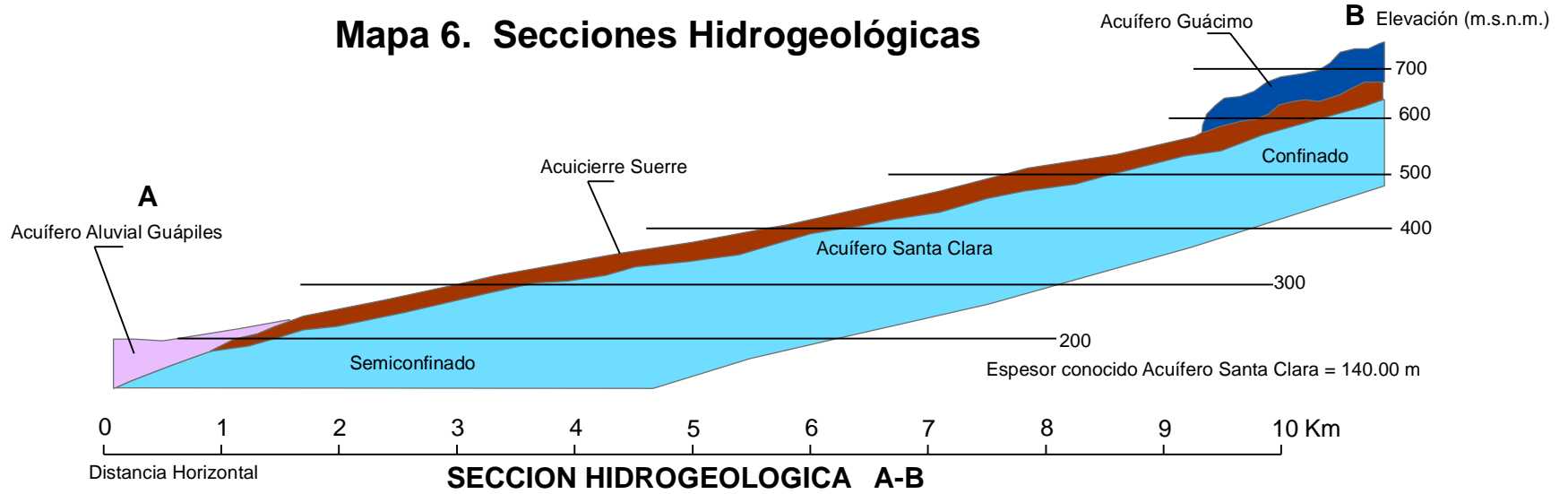
Fuente:  
 Estudio de Impacto Ambiental  
 Proyecto Hidroeléctrico Jiménez,  
 Tecnoambiente, 2001

6.940 3.470 0 6.940 Metros

Elaborado en ProDUS, 2006.



# Mapa 6. Secciones Hidrogeológicas



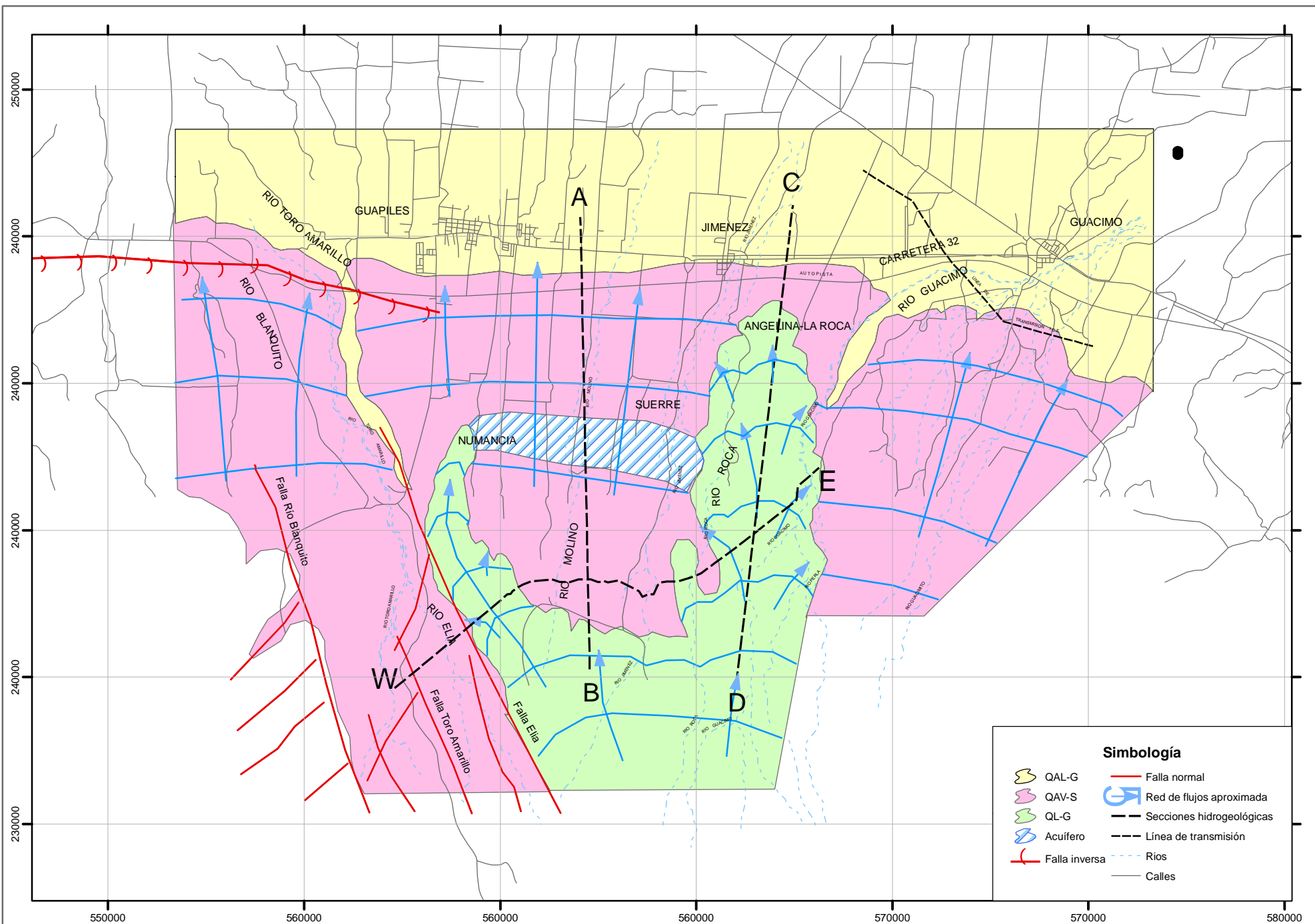
## Simbología

- Acuífero Guápiles
- Acuífero Guácimo
- Acuicierre Suerre
- Acífero Santa Clara

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente:  
Tecnambiente, 2001





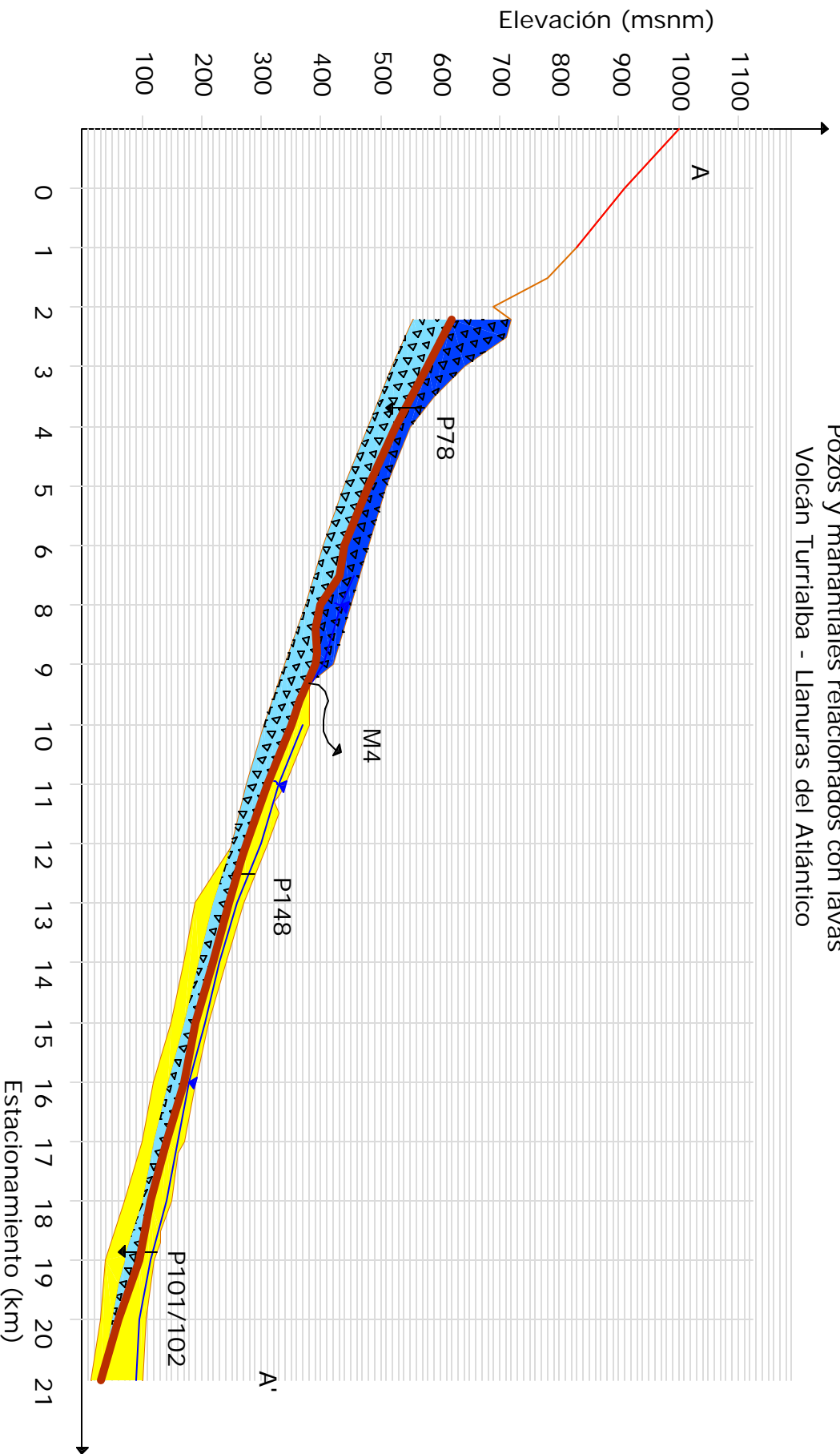
Mapa 7. Mapa hidrogeológico regional local

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: Tecnoambiente, 2001  
Elaborado en: ProDUS, 2006.



Mapa 8  
 Perfil Hidrológico A-A'  
 Pozos y manantiales relacionados con lavas  
 Volcán Turrialba - Llanuras del Atlántico



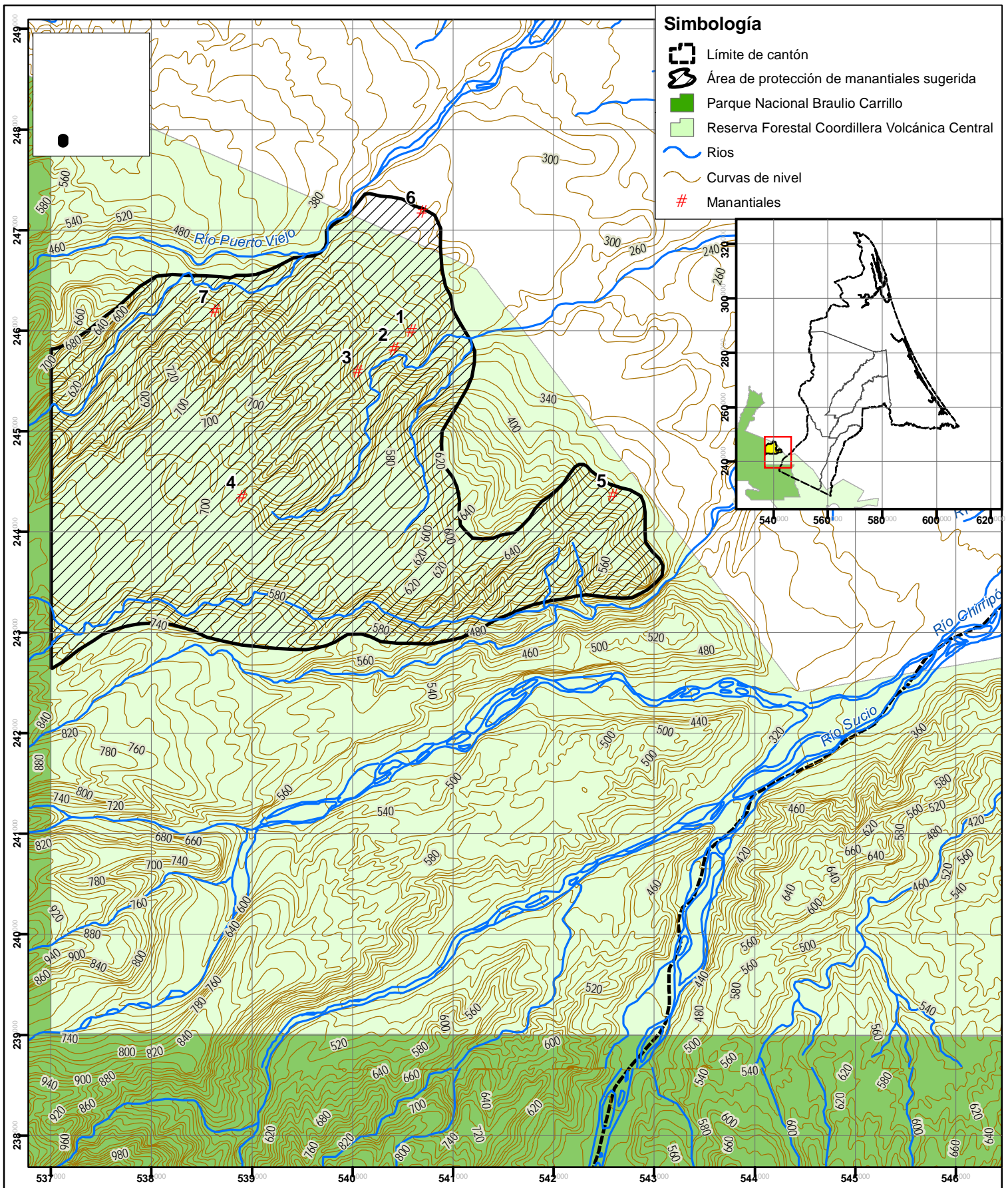
Simbología

- █ Acuífero de Guácimo (lavas)
- █ Acuífero Santa Clara
- █ Materiales coluvio aluviales
- █ Acuífero Suerre: paleosuelo y cenizas impermeables
- ~ M: Manantial
- ↓ P: Pozo

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

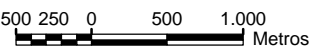
Fuente: M. Losilla P.  
 Mayo 2006





**Mapa 9. Mapa de ubicación de manantiales, sector Cubujuquí**

Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí



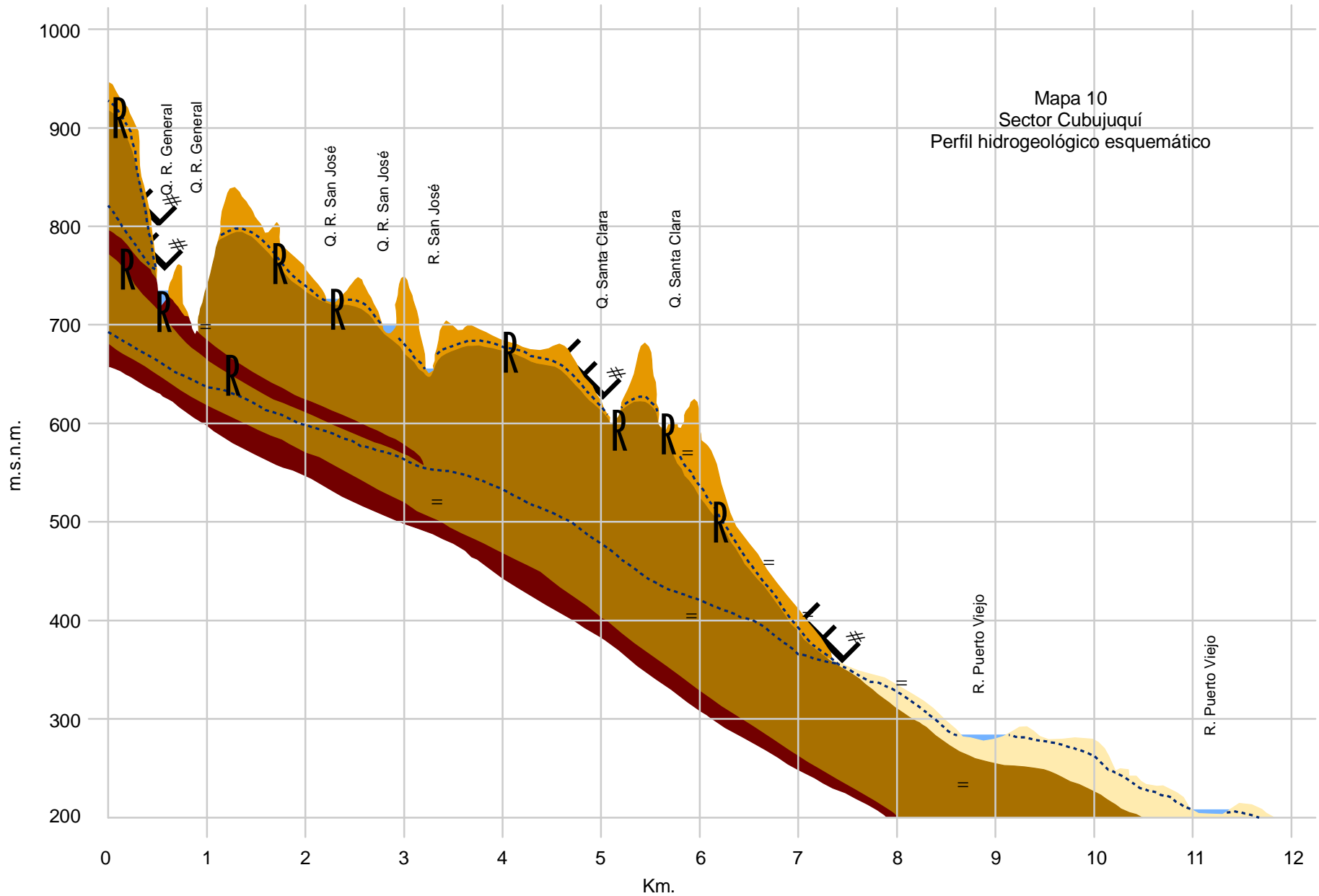
Escala: 1:50.000

Fuente: Curvas de nivel cada 20m,  
Marcelino Losilla, FUNDECOR, 1992  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
SINAC, 2005

Elaborado en ProDUS, 2006



Mapa 10  
Sector Cubujuquí  
Perfil hidrogeológico esquemático

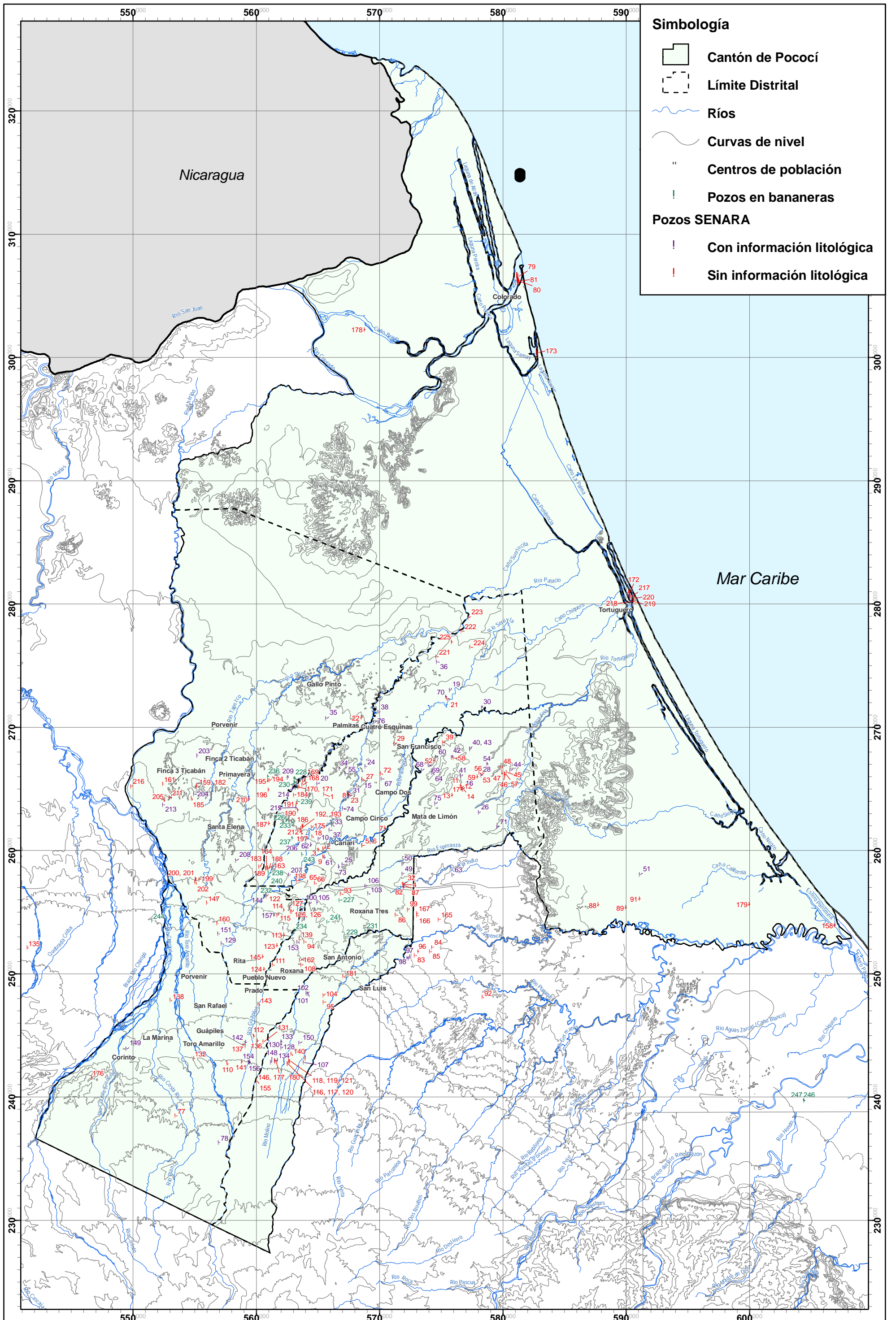


**Simbología**

- Niveles Freáticos
- Roca Volcánica Impermeable
- Roca Volcánica Permeable
- Terrazas Aluviales
- Suelos, Talus, Lahar
- ⚡# Manantiales
- Dirección de flujo

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: Losilla, 1992



**Simbología**

- Cantón de Pococí
- Límite Distrital
- ~ Ríos
- ~ Curvas de nivel
- " Centros de población
- ! Pozos en bananeras
- Pozos SENARA**
- ! Con información litológica
- ! Sin información litológica

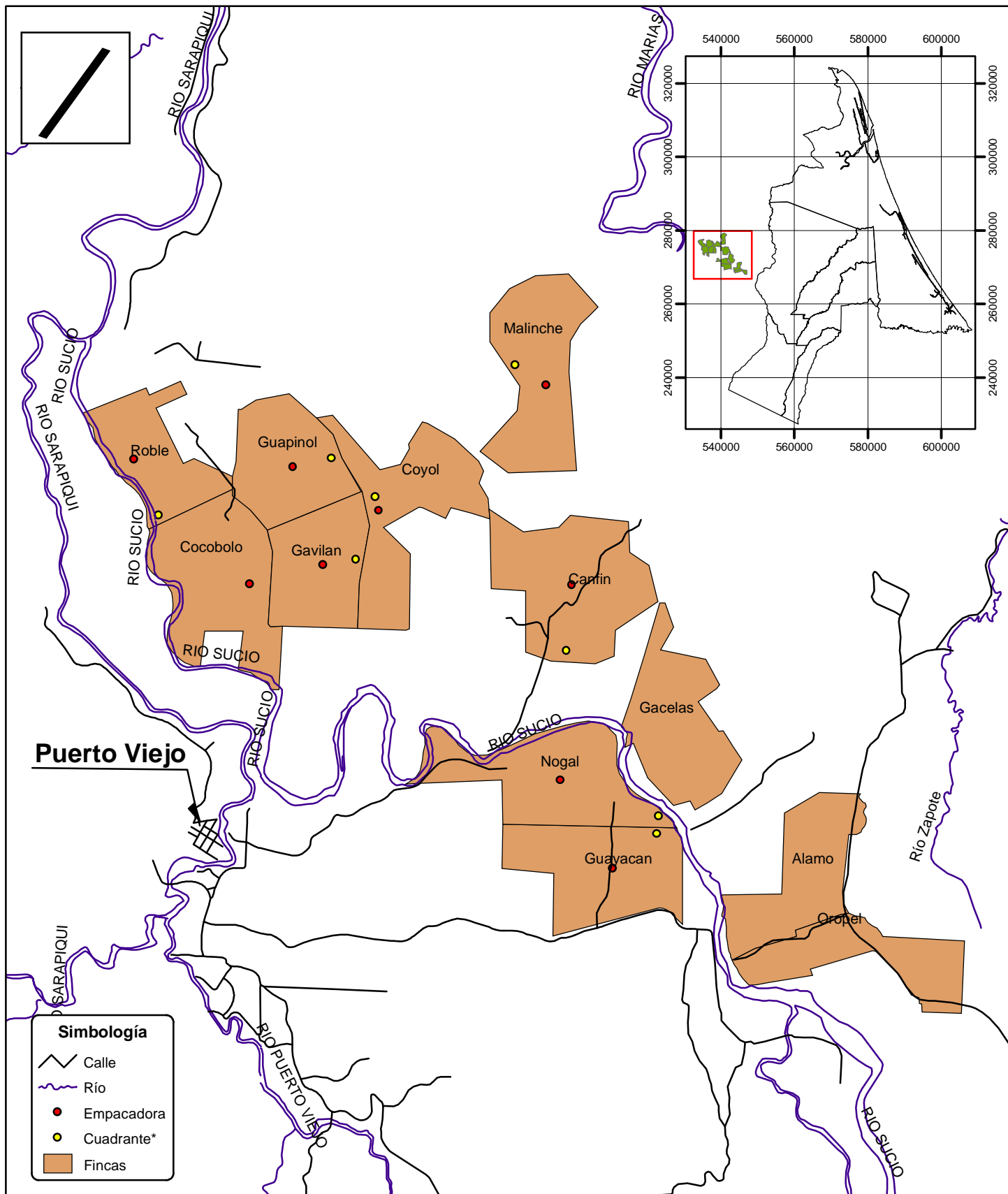
**Mapa 11. Localización de pozos del registro de SENARA y pozos en bananeras.**

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: SENARA,  
Marcelino Losilla  
Hojas Topográficas 1: 50 000 IGN, CENIGA 1998

0 2,5 5 10  
Km  
Escala 1:275.000  
Proyección Costa Rica Lambert Norte  
Elaborado en ProDUS, 2006





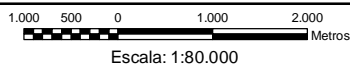
**Mapa 12. Fincas y pozos bananeros en Puerto Viejo de Sarapiquí**

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

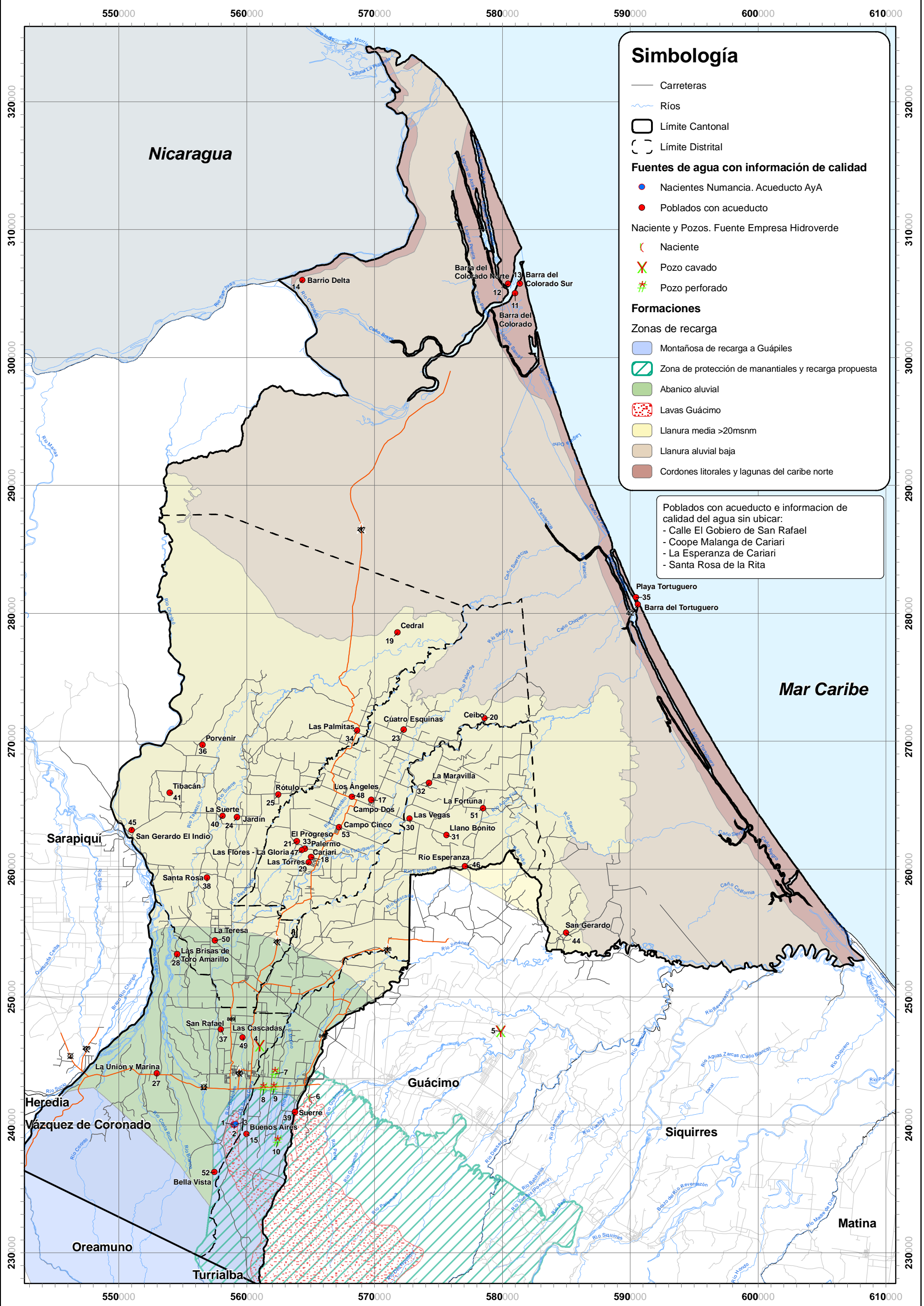
Fuente: Marcelino Losilla, 1992  
 Hojas topográficas 1:50 000 IGN

Elaborado en ProDUS, 2006

\* Lugares donde se localizan viviendas e instalaciones básicas para la población de trabajadores



# Mapa 13. Ubicación de fuentes de agua con información de calidad físico-química en el cantón de Pococí.



### Simbología

- Carreteras
- ~ Ríos
- ▭ Límite Cantonal
- - - Límite Distrital

#### Fuentes de agua con información de calidad

- Nacientes Numancia. Acueducto AyA
- Poblados con acueducto

Naciente y Pozos. Fuente Empresa Hidroverde

- ⌘ Naciente
- ✕ Pozo cavado
- # Pozo perforado

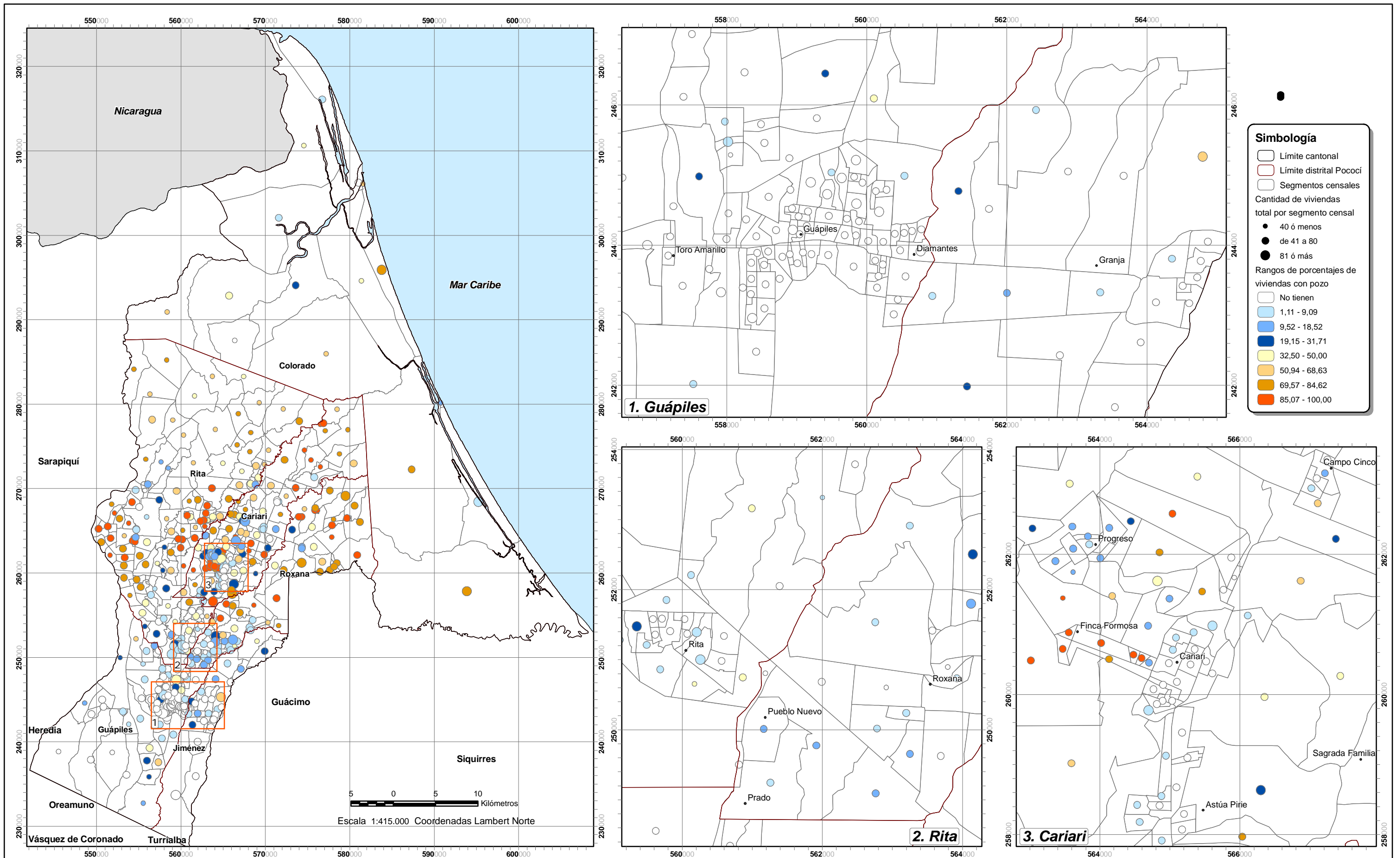
#### Formaciones

##### Zonas de recarga

- Montañosa de recarga a Guápiles
- ▨ Zona de protección de manantiales y recarga propuesta
- Abanico aluvial
- ▨ Lavas Guácimo
- Llanura media >20msnm
- Llanura aluvial baja
- Cordones litorales y lagunas del caribe norte

Poblados con acueducto e información de calidad del agua sin ubicar:

- Calle El Gobierno de San Rafael
- Coope Malanga de Cariari
- La Esperanza de Cariari
- Santa Rosa de la Rita



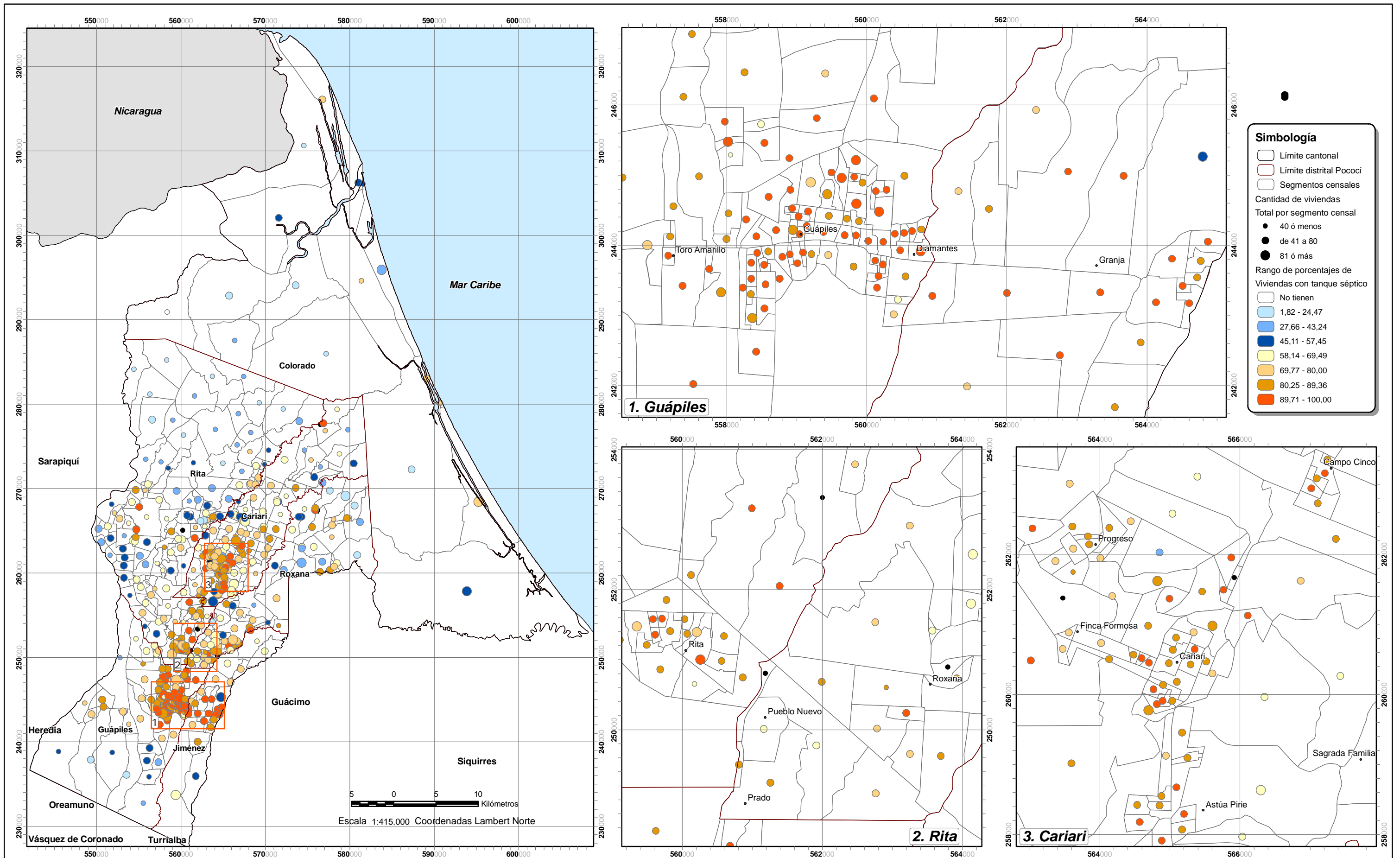
Mapa 14. Porcentaje de viviendas con pozo en el cantón de Pococí por segmento censal del 2000.

Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente:  
INEC, Censo 2000.  
IGN, Hojas Topográficas 1:50 000.  
ProDUS 2006.

Escala 1:50.000 Coordenadas Lambert Norte





Mapa 15. Porcentaje de viviendas con tanque séptico en el cantón de Pococí por segmento censal.

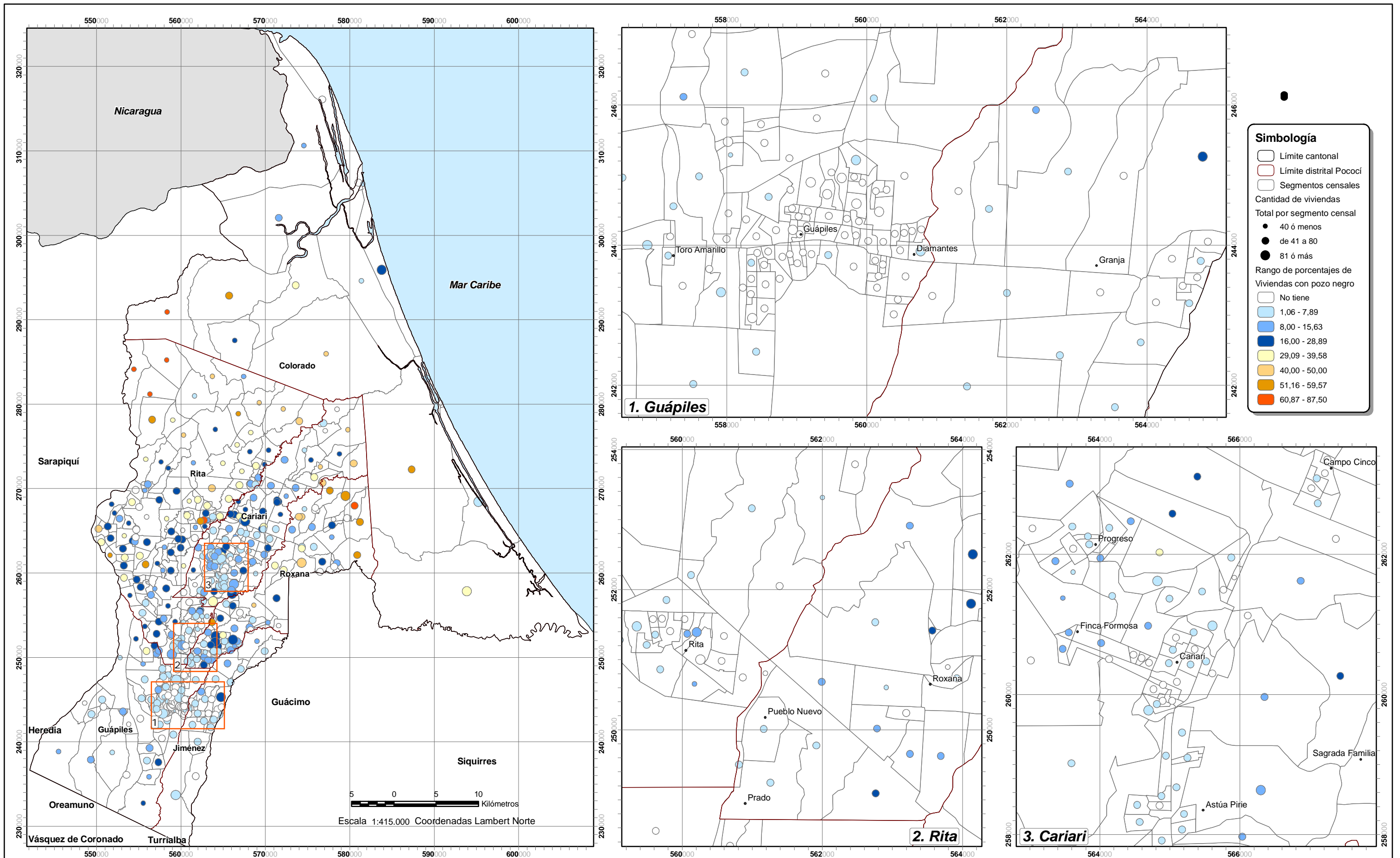
Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente:  
INEC, Censo 2000.  
IGN, Hojas Topográficas 1:50 000.  
ProDUS 2006.

500 250 0 250 500 1.000 Metros

Escala 1:50.000 Coordenadas Lambert Norte





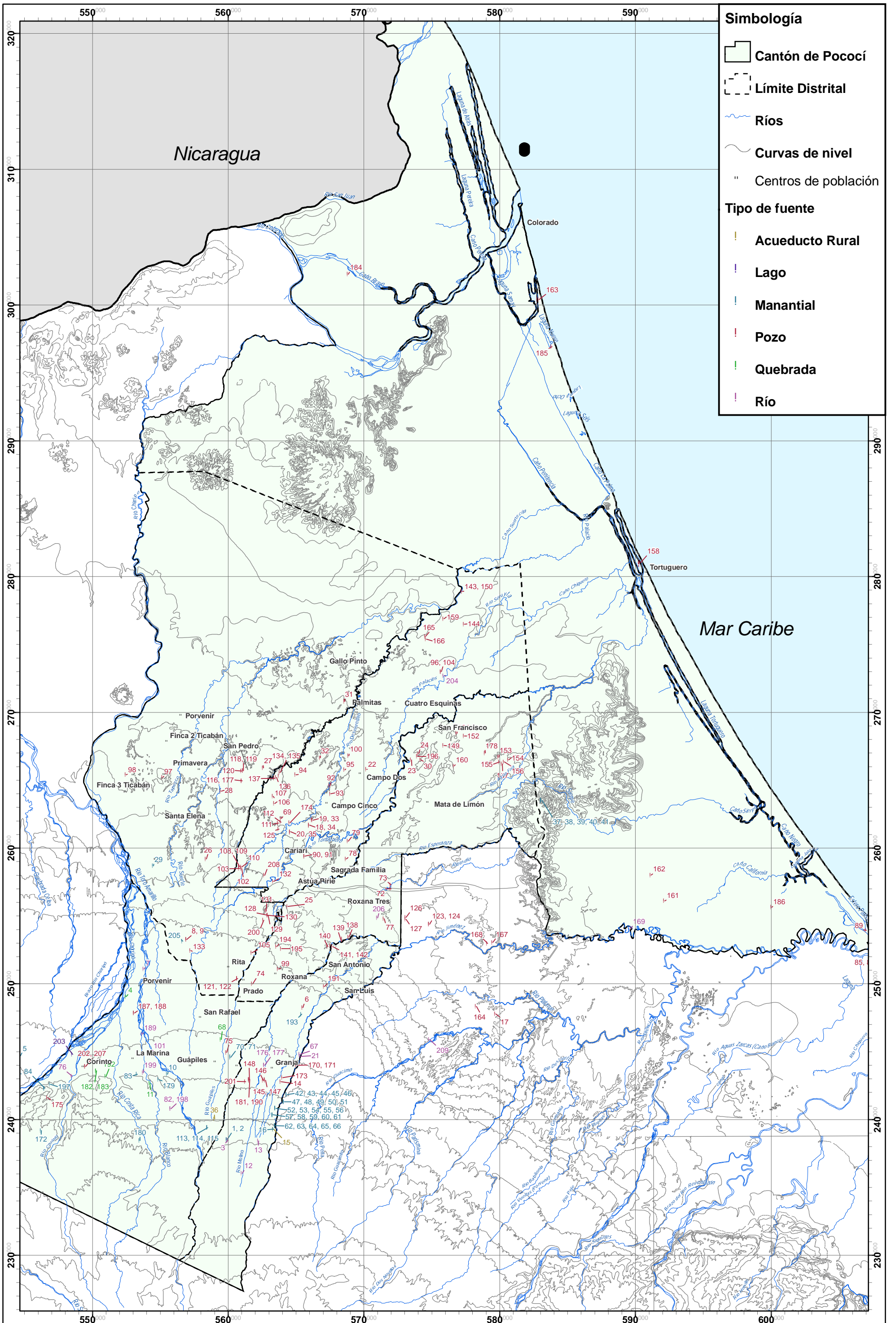
Mapa 16. Porcentaje de viviendas con pozo negro o letrina en el cantón de Pococí por segmento censal del 2000.

Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente:  
INEC, Censo 2000.  
IGN, Hojas Topográficas 1:50 000.  
ProDUS 2006.

Escala 1:50.000 Coordenadas Lambert Norte





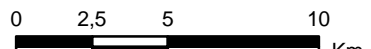
**Simbología**

- Cantón de Pococí
- Límite Distrital
- Ríos
- Curvas de nivel
- " Centros de población
- Tipo de fuente**
- Acueducto Rural
- Lago
- Manantial
- Pozo
- Quebrada
- Río

**Mapa 17. Localización de las concesiones de abastecimiento de agua, MINAE.**

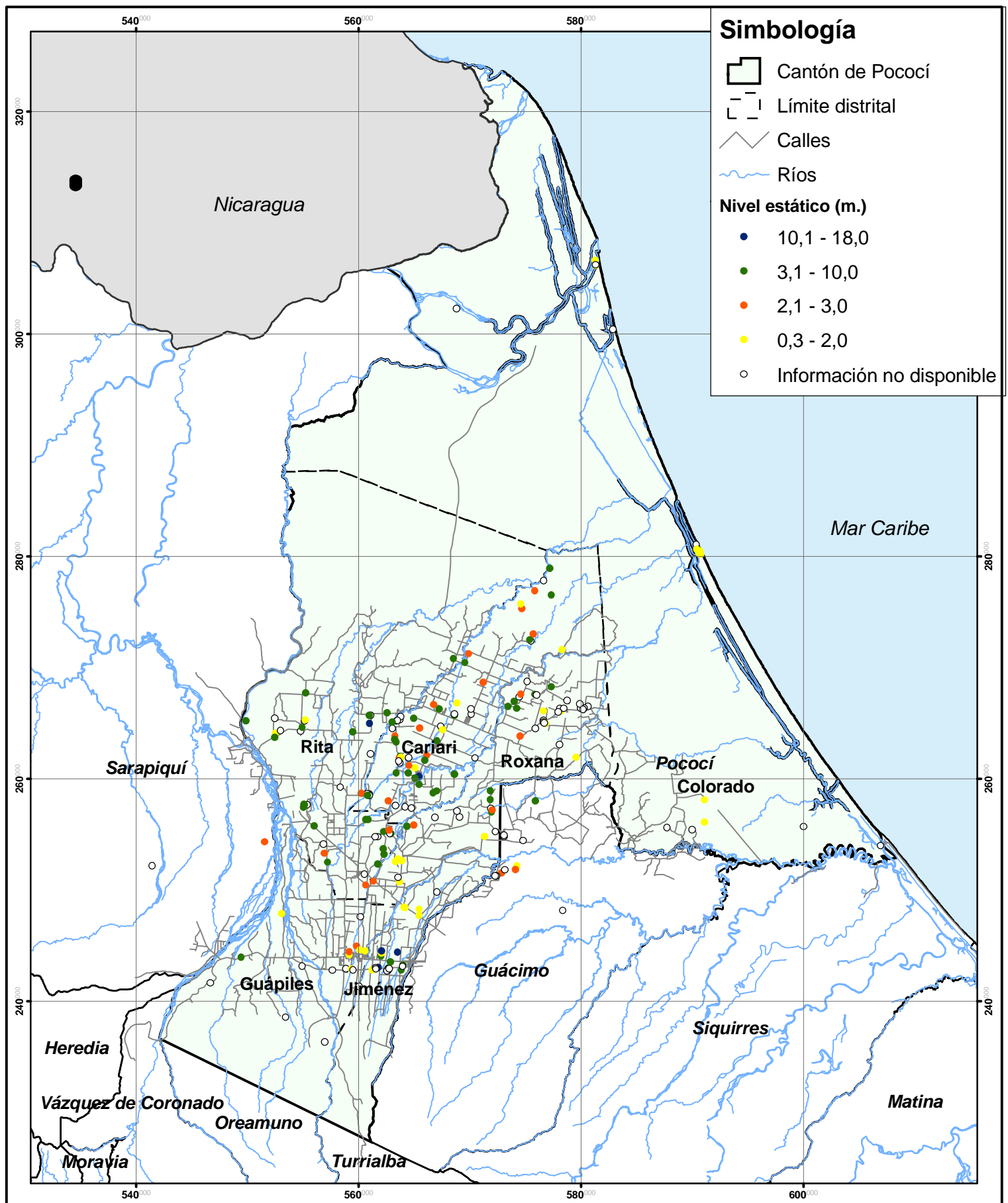
Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: Departamento de Aguas, MINAE, 2006.  
 Hojas Topográficas 1: 50 000 IGN, CENIGA 1998.



Escala 1:250.000  
 Proyección Costa Rica Lambert Norte  
 Elaborado en ProDUS, 2006.





**Mapa 18. Mapa de inventario de pozos del SENARA, según nivel estático.**

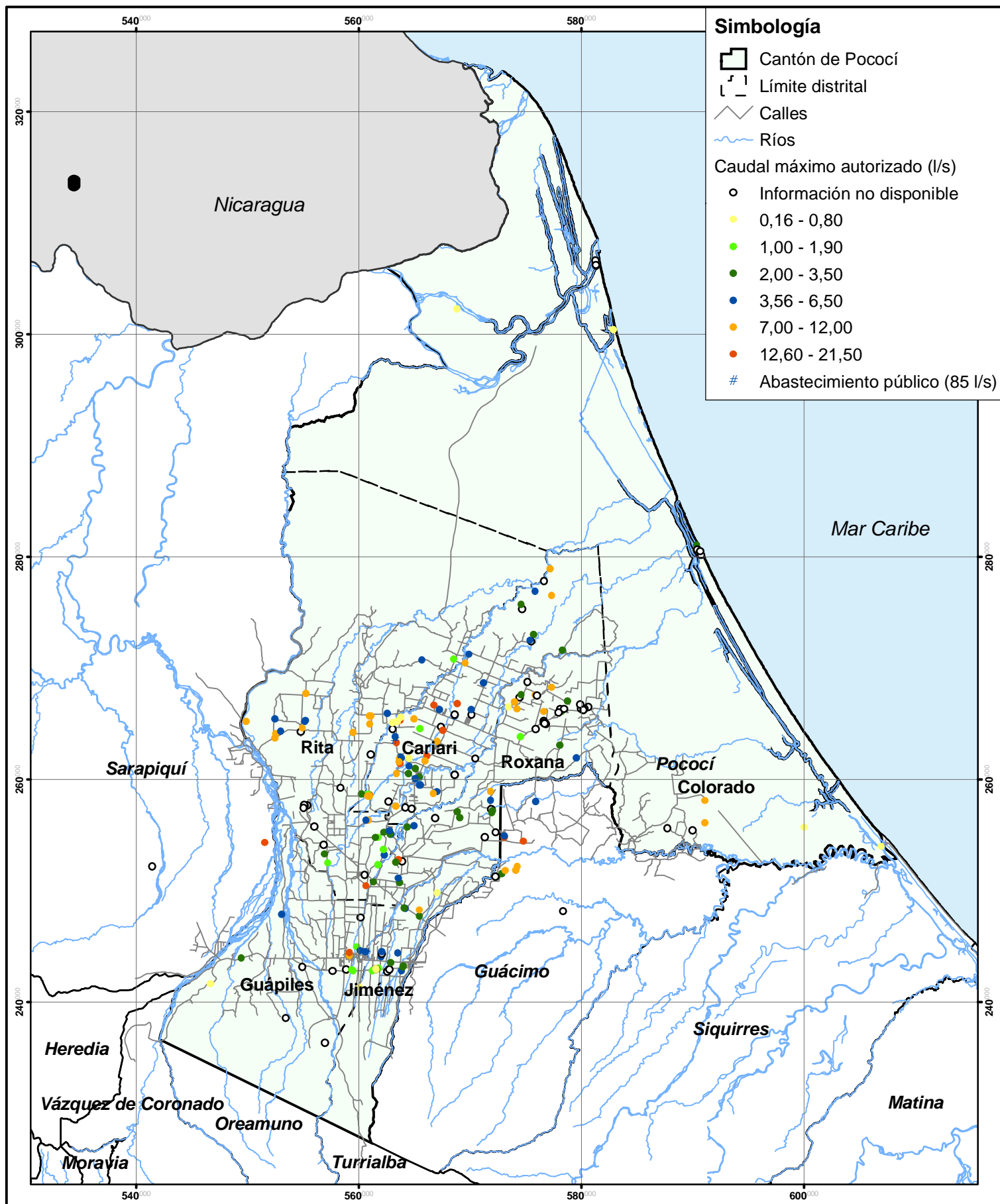
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamientos, SENARA. 2006  
 Hojas topográficas 1:50 000, IGN



Escala: 1:450.000





**Mapa 19. Mapa de pozos registrados del SENARA, según caudal.**

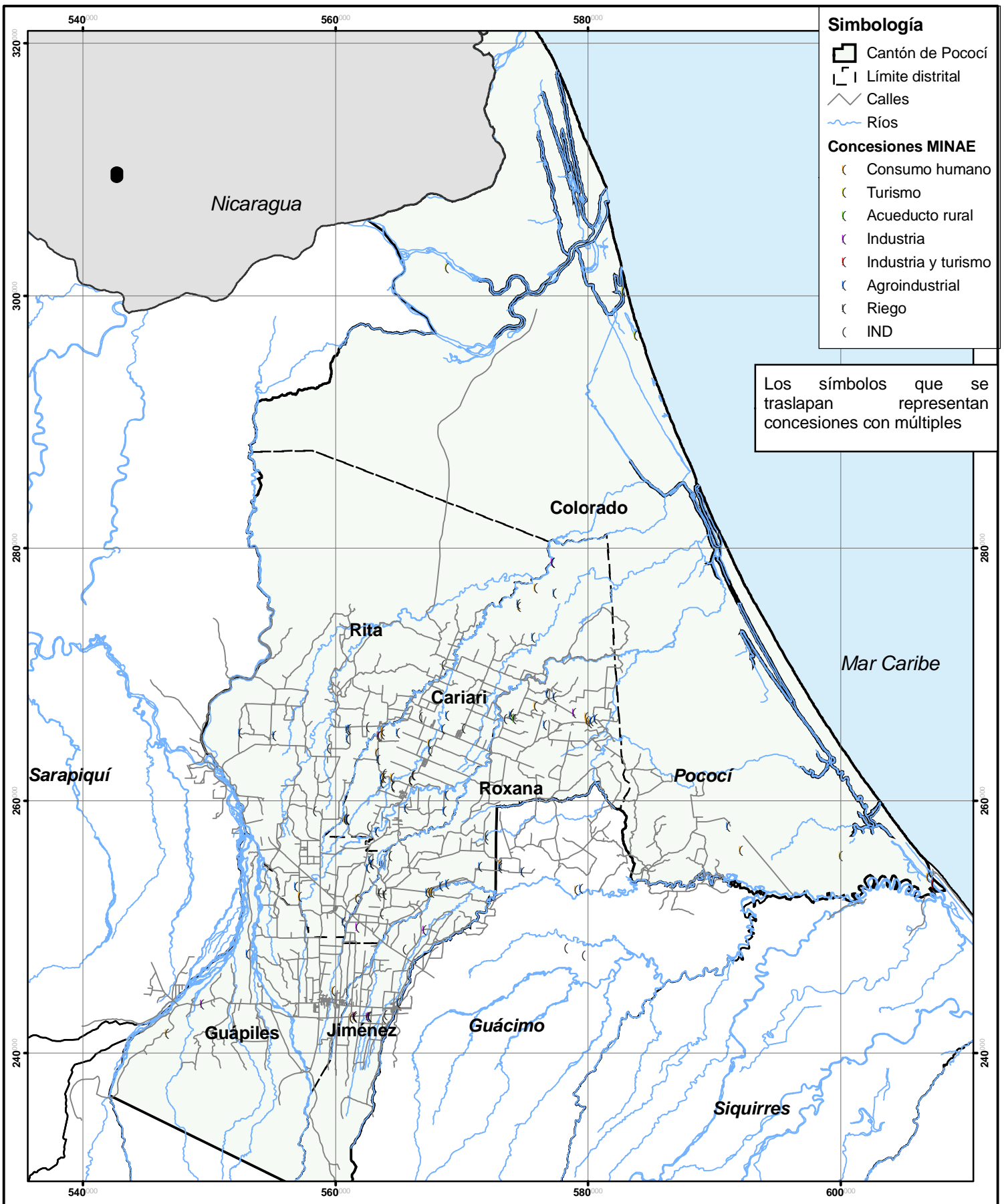
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, SENARA. 2006  
 Hojas topográficas 1:50 000, IGN



Escala: 1:450.000

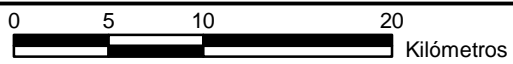




**Mapa 20. Mapa de concesiones de caudal de pozos del MINAE, según uso.**

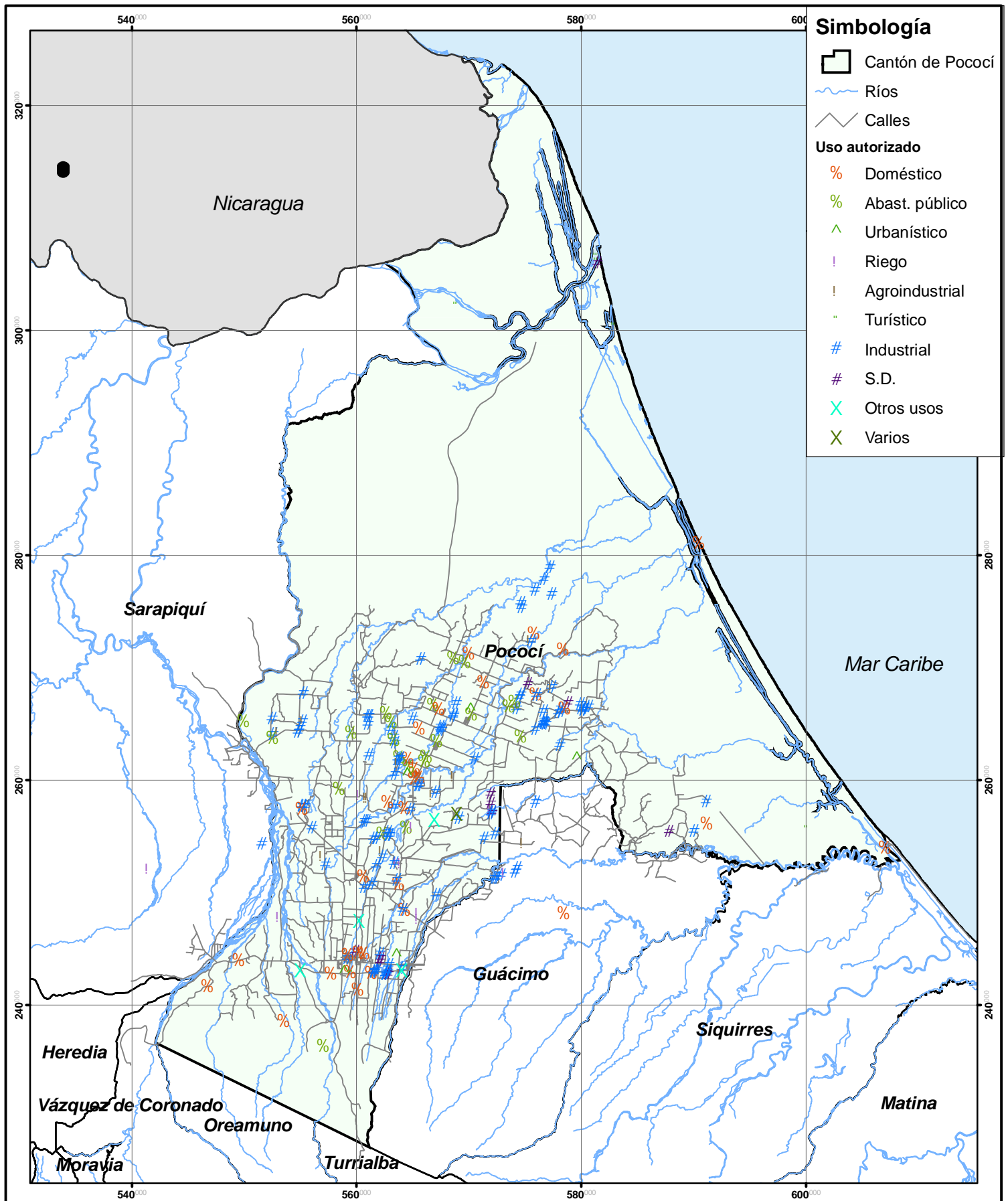
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: MINAE, 2006  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN



Escala: 1:400.000





**Mapa 21. Pozos registrados en SENARA, según uso. Cantón de Pococí.**

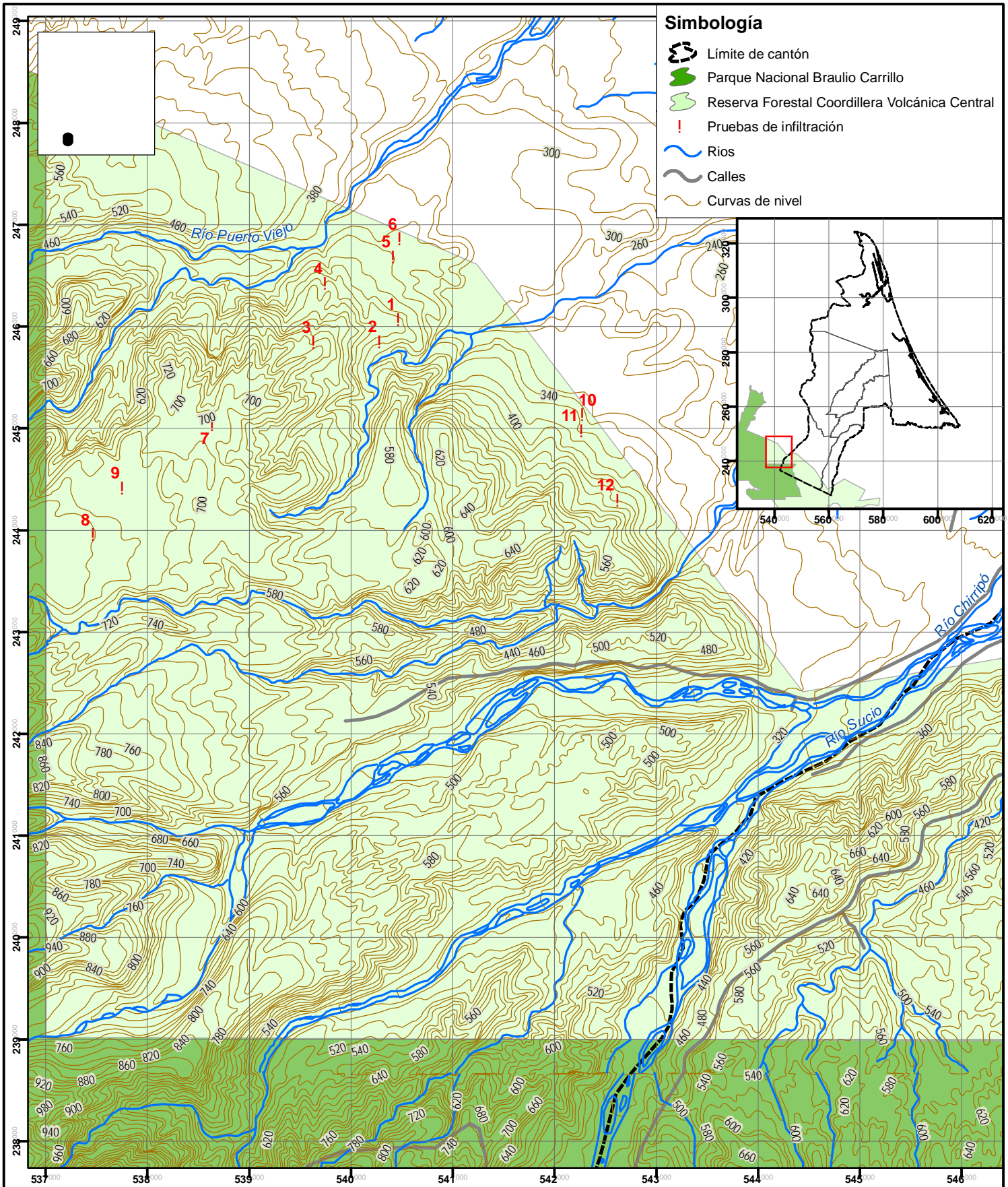
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamientos, SENARA. 2006  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN



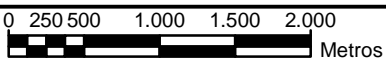
Escala: 1:450.000





**Mapa 22. Mapa de ubicación de pruebas de capacidad de infiltración, sector Cubujuquí.**

Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

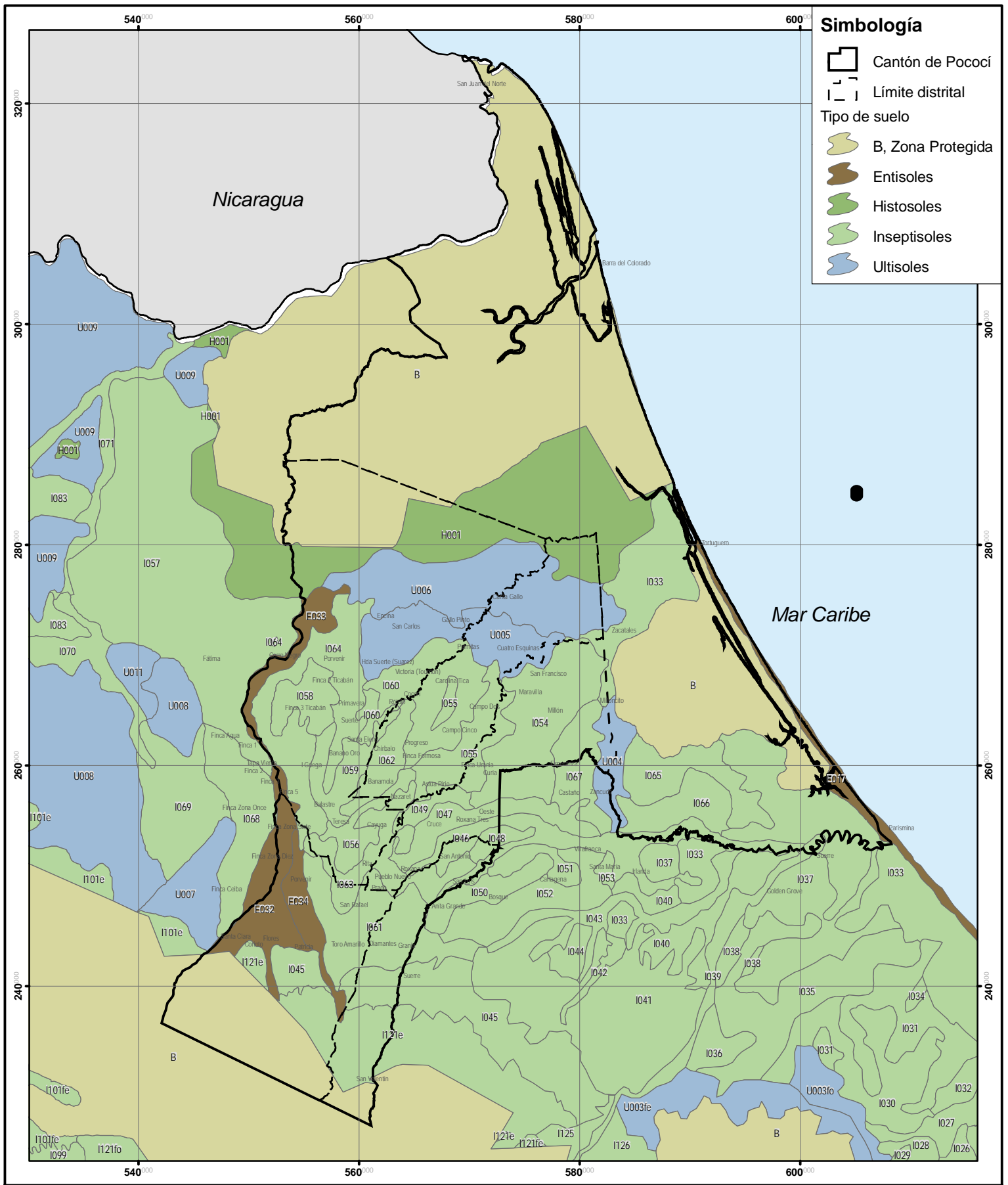


Escala: 1:50.000

Fuente: Curvas de nivel cada 20m,  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
Losilla et al FUNDECOR, 1992  
SINAC, 2005

Elaborado en ProDUS, 2006

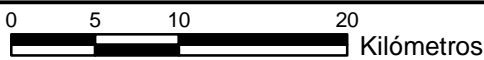




**Mapa 23. Tipos de suelo del cantón de Pococí, según mapas de capacidad de suelo.**

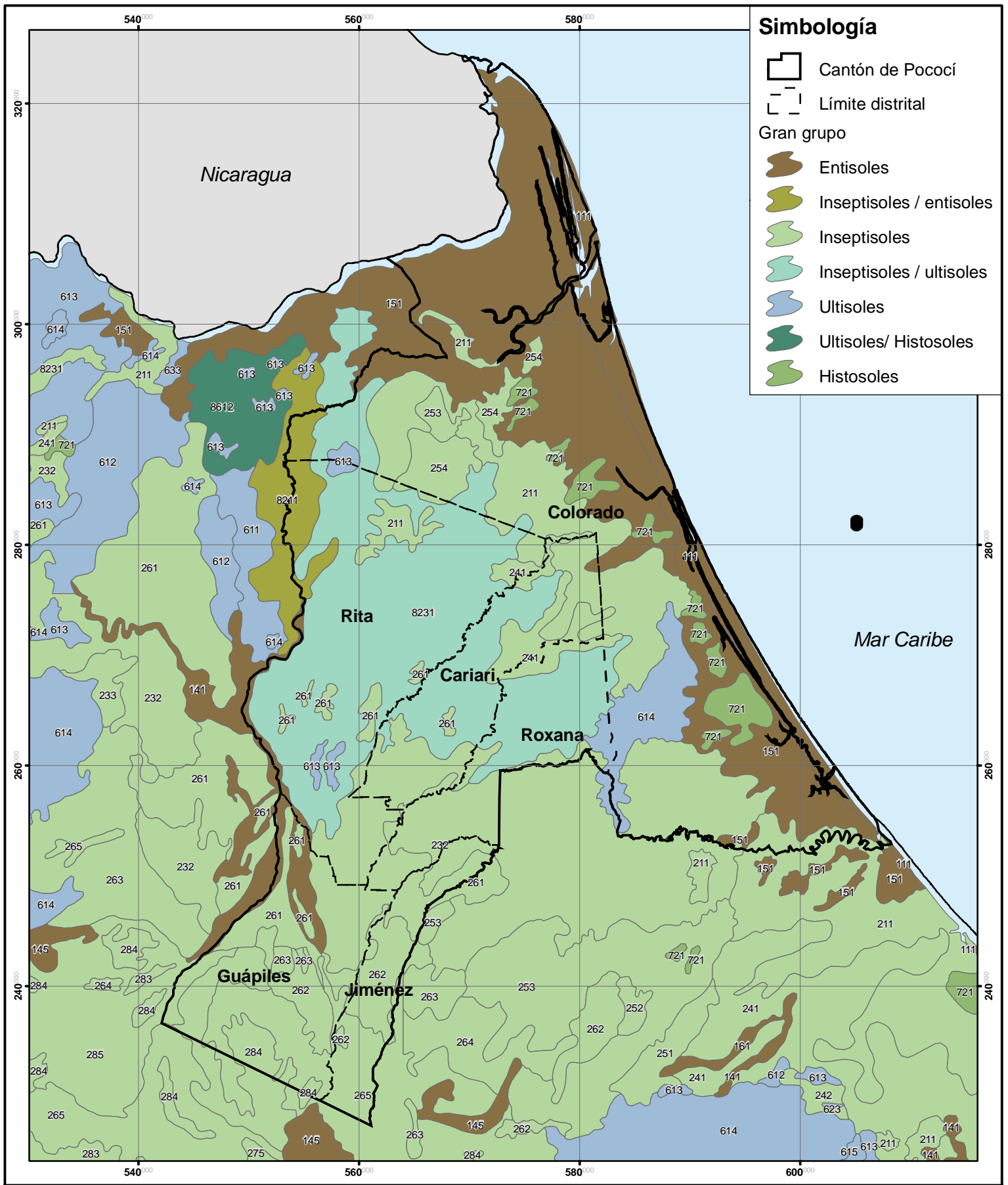
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: Mapa de Capacidad de uso de suelo de la tierra,  
1:200 000, MAG  
Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
Elaborado en ProDUS, 2006



Escala: 1:450.000

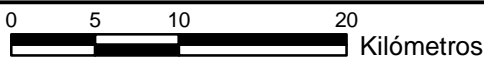




**Mapa 24. Tipos de suelo del cantón de Pococí, según grandes grupos de suelo.**

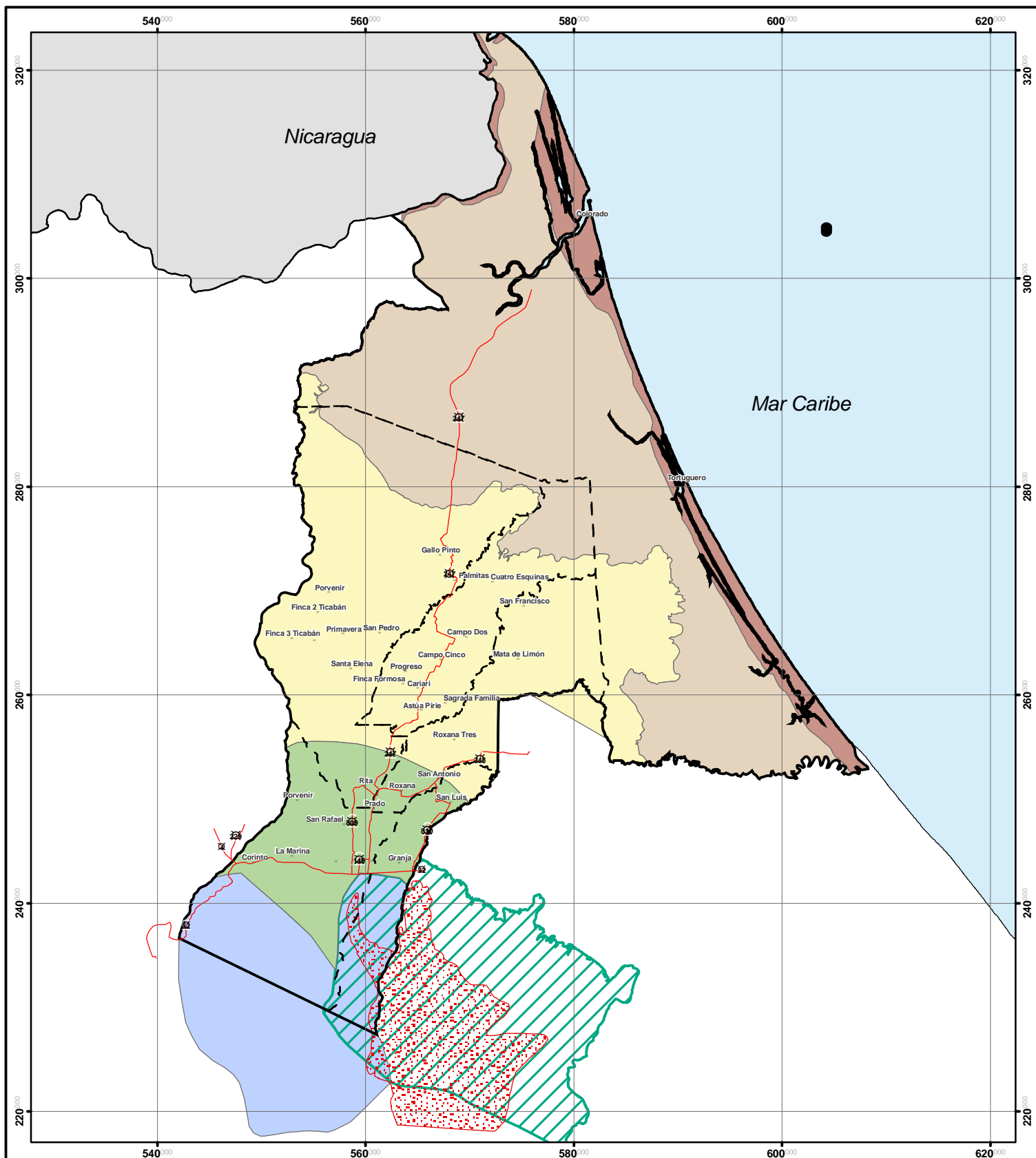
Proyecto: Plan regulador del cantón de Pococí

Fuente: Asociaciones de grandes grupos de suelos  
 Mapa 1:200 000, Oficina de Planificación Sectorial  
 Agropecuaria, 1978  
 Elaborado en ProDUS, 2006




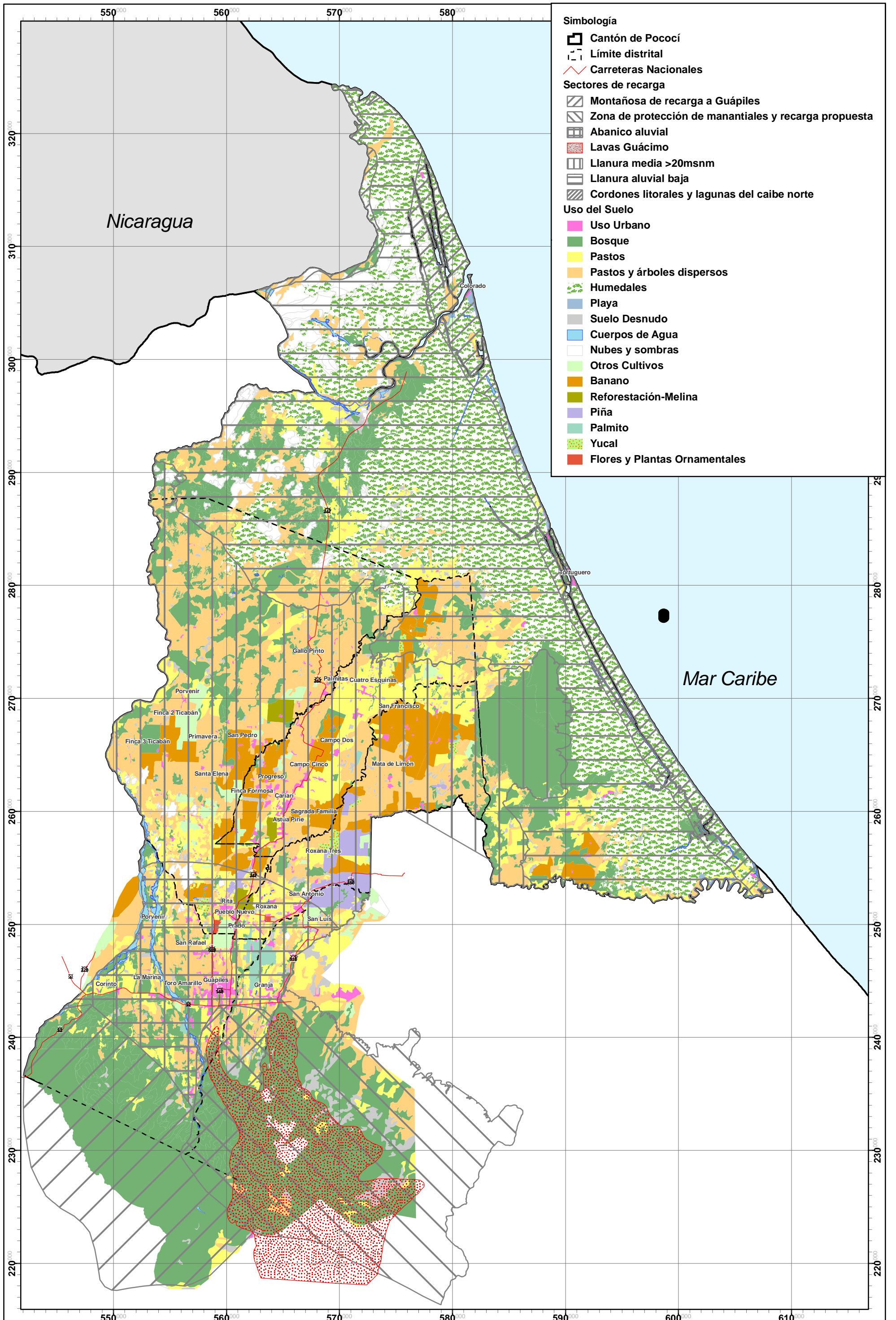
Escala: 1:450.000





**Mapa 25. Mapa de áreas de sectores de recarga al cantón de Pococí y de los manantiales de Guácimo - Pococí**

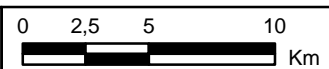
<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Cantón de Pococí</li> <li><span style="border-top: 1px dashed black; width: 15px; margin-right: 5px;"></span> Límite distrital</li> <li><span style="color: red; font-weight: bold; margin-right: 5px;">~</span> Carreteras Nacionales</li> </ul>	<p><b>Zonas de recarga</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Montañosa de recarga a Guápiles</li> <li><span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Zona de protección y recarga de manantiales propuesta</li> <li><span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Abanico aluvial</li> <li><span style="background-color: lightred; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Lavas Guácimo</li> <li><span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Llanura media &gt;20 msnm</li> <li><span style="background-color: lightbrown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Llanura aluvial baja</li> <li><span style="background-color: darkbrown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Cordones litorales y lagunas del Caribe Norte</li> </ul>	<p><b>Área (km<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>392,14</li> <li>483,60</li> <li>237,13</li> <li>227,51</li> <li>837,55</li> <li>1003,97</li> <li>149,08</li> </ul>	<p>Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí</p> <p>0 5 10 20 Kilometros</p> <p>Escala: 1:500.000 Fuente: Hojas topográficas 1:50 000, IGN Marcelino Losilla, 2006</p> 
--	---	---	--



Mapa 2.2-26 Uso del suelo en el cantón de Pococí en el 2005.

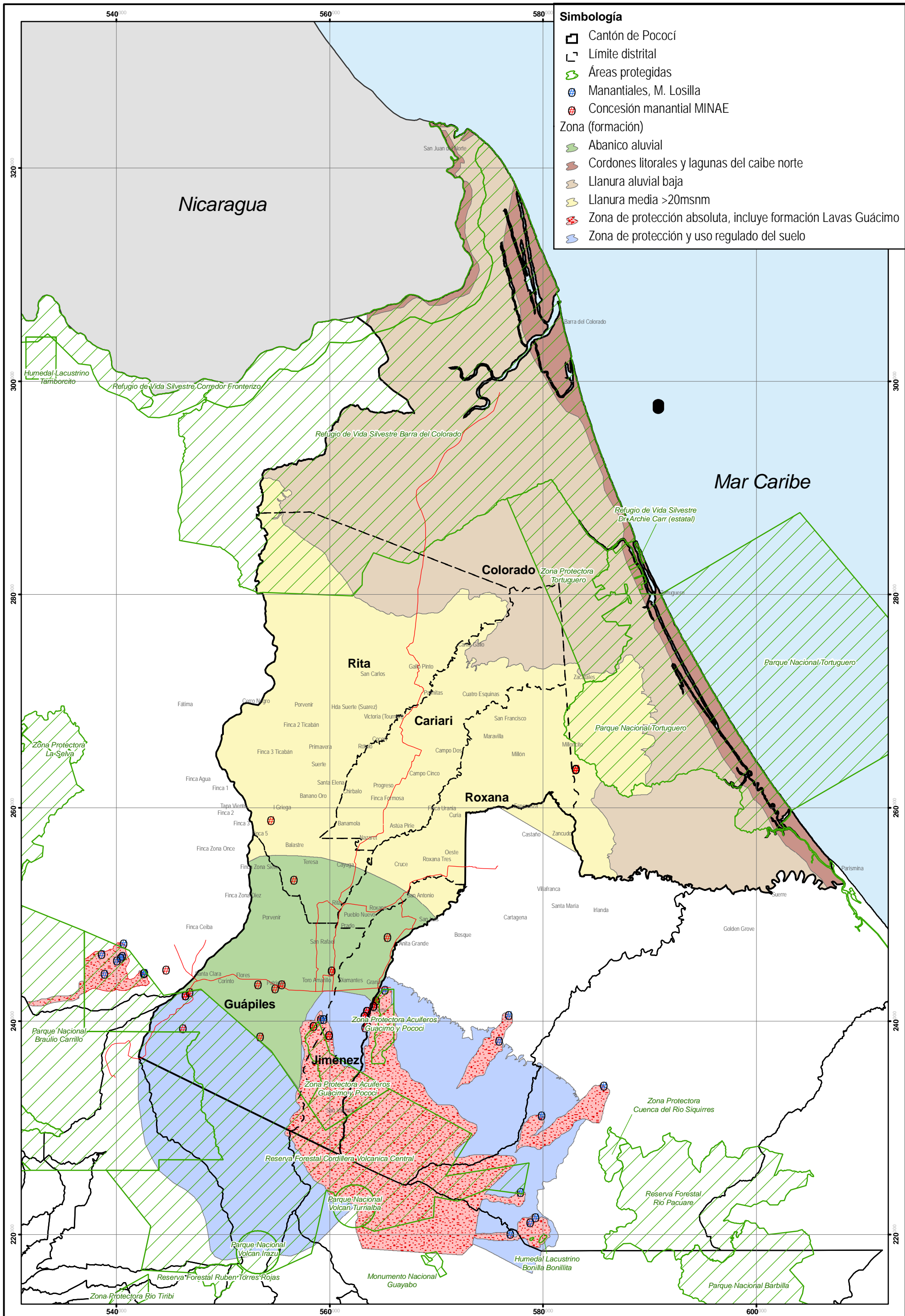
Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: Imágenes multispectrales CARTA 2005, Marcelino Losilla, 2006



Escala 1:300.000  
Proyección Costa Rica Lambert Norte  
Elaborado en ProDUS, 2006.





**Mapa 27. Mapa de categorías y zonas de protección de aguas subterráneas en el cantón de Pococí y manantiales de Guácimo-Pococí.**

Proyecto: Plan Regulador del cantón de Pococí

Fuente: Hojas topográficas 1:50 000, IGN  
 Estudio bio-físico y socioeconómico sector Cubujuquí, FUNDECOR, 1992  
 Marcelino Losilla, ProDUS, 2006



Escala: 1:325.000  
 Proyección Costa Rica Lambert Norte  
 Elaborado en ProDUS, 2006



## Referencias

Amisial y Jegat. *Aprovechamiento y modelos de aguas subterráneas*; Banco de Programas, CIDIAT.

Arredondo, S. (2003). *Diagnóstico de los Recursos Hídricos en la Región Atlántica*; Tecnoambiente Centroamericano - SENARA.

AyA (1994). *Normas de cálculo de tiempos de tránsito*; Departamento de Recursos Hídricos.

Davis, S.N. & DeWiest, R.J. (1966). *Hydrogeology*; John Wiley & Sons Inc., New York and London, p. 63.

Foster, S., et al. (2003). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea*; Banco Mundial / Global Water Partnership, WHO-PAHO (CEPIS), UNESCO.

Gilluly, J., et al. (1986). *Principles of Geology*; W.H. Freeman and Company, San Francisco.

Kruseman, G.P., & De Ridder N.A. (1970). *Analisis and Evaluation of Pumping Test Data*; International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.

Losilla M. (1991). *Estudio Preliminar de Impacto Ambiental para el Desarrollo de un Área Bananera en la Zona Norte de Costa Rica*; Bananeros Unidos de Costa Rica.

Losilla M. (1992). *Química de las Aguas Subterráneas*; Fincas COBAL, Puerto Viejo de Sarapiquí, COBAL.

Losilla M., et al (1992). *Estudio Biofísico y Socio Económico del Sector de Cubujuquí, Cordillera Volcánica Central*; FUNDECOR / USAID.

Losilla M. (1993). *Estudio de Evolución del Acuífero y Pozos*; Fincas de COBAL, Puerto Viejo de Sarapiquí, COBAL.

Losilla, M.; Schosinsky, G. (1988). *Investigación hidrogeológica para diseño de drenajes*; Área Piloto Fca. Margarita, Siquirres, BANDECO.

Madrigal, R. (1980). *Mapa Geomorfológico de Costa Rica y Manual Descriptivo, escala 1:200,000*; Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, San José, Costa Rica.

Mata, R. (1991). *Mapa de suelos y tierras, escala 1: 5,000, Finca Duacari 2, Guácimo, Limón*; BANDECO S.A.

Tecnoambiente (2001). *Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Jiménez*; Grupo Hidroverde.

Todd, D.K. (1959). *Ground Water Hydrology*; John Wiley & Sons Inc., New York and London.

Walton, W. (1970). *Groundwater Resource Evaluation*; McGraw-Hill, Inc., USA.

---

ANEXOS

---

ANEXO 1

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
1	45,72		1,90	DOMESTICO	2,94		
2	32,50		3,16	DOMESTICO	10,80		
3	36,00	254,0	6,00	DOMESTICO	4,00		
4	33,00	304,8		S.D.	3,00		
5	50,00	252,4		AGROINDUSTRIA	4,35		
6	50,00	254,0		AGROINDUSTRIA	5,00		
7				INDUSTRIAL			
8	57,00	250,0	2,70	INDUSTRIAL	5,78		
9	41,00	254,0	4,00	INDUSTRIAL	3,89		
10	42,00	230,0	3,30	DOMESTICO	1,00	11,00	0-2 Arcilla plástica café claro 2-15 Arena fina 15-42 Arena con cuarzo y granos angulosos
11				INDUSTRIAL			
12				INDUSTRIAL			
13	47,00			INDUSTRIAL	-0,30		
14	36,00			INDUSTRIAL	0,85		
15	43,00	305,0	6,00	INDUSTRIAL	3,75	24,95	0-3 Suelo de textura arcillosa P.A.Baja 3-8,5 Aluvión P.A. Media a alta 8,5-12 Arcilla P.A. Muy baja 12-20 Aluvión P.A. Alta 20-24 Toba P.A. Media a baja
16	27,00		6,50	INDUSTRIAL	1,50	15,00	0-8 Arcilla plástica P.A. Baja 8-26 Aluvión arena gruesa P.A. Media a baja 26-27 Arena negra fina P.A. Baja
17				INDUSTRIAL			
18	35,00	300,0	5,00	ABAST. PUBLICO	3,00		
19	33,00		3,00	DOMESTICO	2,67	6,61	0-3 Suelo 3-9 Arcilla gris 9-21 Arenas finas 21-30 Arcilla café 30-39 Arcilla café oscuro 39-42 Arcilla gris 42-45 Arenas medias 45-51 Arcillas gris
20	92,00	304,8	13,00	INDUSTRIAL	4,40	16,97	0-12 arcilla café P.A. Baja 12-16 Mezcla de arena 16-22 Arenas gruesas 22-25 Arcilla café plástica 25-32 Mezcla de arenas gruesas 32-41 Arcillas grises muy plásticas 41-46 Arena gruesa 46-49 Mezcla de arenas gruesas 49-56 Arcillas grises 56-70 Mezcla de arenas y gravas
21				INDUSTRIAL			
22	40,00	200,0	1,50	ABAST. PUBLICO	5,00		
23				INDUSTRIAL			
24	45,00	305,0	21,50	INDUSTRIAL	2,00	19,21	0-5 Arcilla material plástico 5-18 Aluvión fino 19-36 Aluvión grueso 36-45 Aluvión fino
25	40,00	250,0	5,80	INDUSTRIAL	3,14	28,26	3-18 Arcillas color café 18-22 Arcillas color café con arenas medias 22-34 Aluvión gravas con bajo contenido de arcillas 34-37 Aluvión pequeño con arenas 37-40 Arcillas color gris
26	18,00		3,15	INDUSTRIAL			0-18 Aluvión de origen continental 18-18,5 Arena y limo de color negro

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
27				INDUSTRIAL			
28	18,00	152,4	3,15	INDUSTRIAL	1,50		0-18 Aluviones continentales 18-18,5 Arena fina negra de origen fluvio marino
29	30,00	250,0	5,00	DOMESTICO	3,00		
30	30,00	250,0	1,80	DOMESTICO	1,80	24,00	0-30 arcillas, arenas y gravas
31	92,00	330,0	16,27	INDUSTRIAL	1,85	10,42	0-4 Suelos y arcilla arenosa 4-12 Arena media a fina poca arcilla 12-14 Grava fina 14-18 Grava fina 18-28 Toba arcillosa 28-34 Toba arenosa 34-48 Toba arcillosa 48-53 Ignimbritas 53-57 Arcilla con materia orgánica 57-74 Toba arenosa 74-90 Arena fina a gruesa 90-92 arena con materia orgánica
32				RIEGO			
33	78,00	250,0	10,38	ABAST. PUBLICO	2,59	11,77	0-10 Arcilla con arena 13-27 Arcilla 27-49 Toba 49-54 Arena alta permeabilidad alta 54-62 Toba 62-66 Arcilla 66-75 Toba 75-78 Arena, Alta permeabilidad
34	55,00	250,0	10,00	ABAST. PUBLICO	2,63	6,26	0-4 Arcilla marrón con suelo limoso 4-9 Arcilla gris con algunos bloques de lava 9-10 Grava y arena tamaño heterogéneo 10-12 Limo y arena fina 12-13 Arena media a gruesa 13-17 Arena media la anterior va cambiando gradualmente 17-27 Arcilla y limo gris 27-29 Arena suelta 29-33 Arcilla plástica 33-34 Arena suelta 34-35 Arena fina con arcilla 35-36,5 Arena gruesa con grava 36,5- 55 Arcilla plástica
35	39,00	280,0	3,15	INDUSTRIAL	35,00	18,25	3-16 Arcilla con arena y bloques de roca 16-34 Arenas medias a gruesas con gravas y piedra 34-39 Arcillas
36	30,00	250,0		INDUSTRIAL	3,00		
37	47,00	300,0	10,58	ABAST. PUBLICO	6,96	12,98	0-2 Suelo Arcilla 2-6 Arena fina 6-10 Arcilla plástica 10-13 Arcilla marrón plástica 13-15 Coluvio bloques hasta de 6 cm. 15-17 Arcilla color crema 17-23 Arena sana grano heterogéneo 23-28 Coluvio con grava y arena 28-30 Grava uniforme, sana y limpia 30-37 Arena de lava fina a media 37-47 Limo gris-negro

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
38	40,00	300,0	1,90	DOMESTICO	2,10	2,40	0-5 Arenas con algo de arcilla 5-18 Arenas color negro 18-26 Arcilla color gris 26-34 Arena de grano grueso 34-40 Areniscas de grano grueso
39				S.D.			
40	59,00	310,0	7,50	INDUSTRIAL	4,00	25,30	0-3 Suelos arcillosos 3-38 Arenas color café 38-48 Arcillas plásticas 48-59 Arenas con fragmentos de concha
41	48,00	354,6	6,30	INDUSTRIAL	1,25	6,74	0-3 Limo arena suelta 3-10 Arena Gruesa a media 10-26 Arcilla limosa con arena 26-48 Grava sin arcilla
42	50,00		6,00	DOMESTICO	3,09	13,67	0-4 Limo arcilla 4-25 Limo arcilla con arena fina 25-30 IDEM anterior con menos arcilla 30-50 Grava fina con arena gruesa
43	59,00	312,0	7,50	AGROINDUSTRIA	4,00	25,30	0-3 Suelo arcilloso 3-38 Arenas color café 38-48 Arcillas plásticas 48-59 Arenas con fragmentos de conchas
44	25,00	203,0		INDUSTRIAL			0-9 Arcilla plástica impermeable 9-13 Material heterogéneo 13-25 Constituidos por fragmentos lavicos, limos y arcillas
45	51,00	254,0		INDUSTRIAL			
46	30,00	203,0		INDUSTRIAL			
47	30,00	203,0		INDUSTRIAL			
48	30,00	203,0		INDUSTRIAL			
49	50,00	250,0	3,46	DOMESTICO	5,00	26,00	0-15 Arenas medias a gruesas con arcilla 15-29 Arcilla gris impermeable 29-41 Arenas gruesas 41-44 Arcillas 44-45 Lavas 45-48 Gravas medias con arcilla 48-51 Gravas menos arcilla
50	35,00	25,0	10,00	DOMESTICO	4,00		0-2 Arcillas color café con limos-suelo 2-14 Arenas impermeables 14-17 Arcillas impermeables 17-28 Arenas medias a gruesas con arcilla 28-35 Arenas medias-gravas con arcilla
51	70,00	300,0	7,20	INDUSTRIAL	1,42		
52				INDUSTRIAL			
53				INDUSTRIAL			
54	65,00	203,0	2,50	DOMESTICO			0-3 Suelo limoso arcilloso 3-9 Arcilla arenosa fina 9-58 Limo fino 58-60 Arcilla arenosa fina 60-63 Mezcla de limo con arena fina 63-65 Limo gris textura fina

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
55	40,00		3,50	DOMESTICO	4,47	8,40	0-4 Arcilla 4-8 Arena fina a media 8-11 Arena sana y gruesa 11-16 Arcilla marrón 16-18 arena con arcilla 18-19 Arcilla marrón 19-23 Arena con arcilla 23-26 Limo marrón semejante a la toba arenosa 26-27 Limo 27-40 Arcilla gris plástica
56				DOMESTICO			
57				INDUSTRIAL			
58				INDUSTRIAL			
59				INDUSTRIAL			
60	60,00		2,50	INDUSTRIAL	3,00	34,00	0-10 Aluvión 10-35 Arcillas 35-55 Aluvión 55-60 Lutitas
61	79,00	250,0	9,00	INDUSTRIAL	79,00	8,00	0-10 Arcilla, limo, material orgánico 10-15 Grava, arena media 15-23 Arcilla poca grava 23-35 Toba arcillosa 35-38 Arena media 38-54 Tobas 54-63 Toba Arcillosa 63-71 Tobas 71-79 Toba arcillosa
62	60,00		3,50	URBANISTICO	3,25	25,75	0-11 Limos arenosos 11-32 Arenas finas a medias 32-45 Arenas medias a gruesas 45-60 Arenas medias con pocas arcillas
63	85,00	300,0	4,75	INDUSTRIAL	6,00	62,30	0-10 Limos y arcillas 8-15 Toba con materia orgánica 15-20 Aleo Suelo 20-45 Tobas 45-65 Arcillas 65-75 Tobas Escoraceas 75-85 Arcillas
64	50,00	250,0	7,50	INDUSTRIAL	4,56	10,21	0-30 Arcillas 30-40 Gravas con poca arcilla 40-50 Arcillas con arena fina
65				DOMESTICO			
66				INDUSTRIAL			
67	35,00	300,0		ABAST. PUBLICO	0,00	0,00	1-6 Arena con arcilla 6-8 Arena media 8-19 Arena con arcilla, predomina matriz arcillosa 19-23 Arena gruesa con arcilla 23-35 Conglomerado en matriz arcillosa muy plástica
68	60,00	300,0	0,80	ABAST. PUBLICO	7,60	51,20	0-4 Suelo arenoso 4-6 Arena muy fina 6-7 Limo gris oscuro 7-12 Limo arcilloso 12-27 Arcilla con limos 27-35 Arenas finas con limos 35-48 Arcillas plásticas 48-51 Arenas negras finas 51-60 Arcilla plástica

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
69	57,00	0,0	8,00	ABAST. PUBLICO	3,44	14,70	0-3 Suelo arcilloso plástico 3-5 Arcilla con fragmentos arenosos 5-10 Arenas muy finas con contenido orgánico 10-18 Materia orgánica negra 18-30 Arenas finas con material orgánico 30-41 Idem anterior 41-43 Arenas finas 43-46 Arenas medias k 46-49 Arenas medias gruesas limpias se presume k alta 49-51 Aluvión fino Fragmentado de un cuarto 51-55 Arenas finas 55-57 arenas finas con arcilla
70	30,00		3,56	AGROINDUSTRIA	8,25	16,46	0-2 Arcilla café 2-8 Arcilla café saturada 8-20 Arena color café 20-30 Arcilla
71	80,00		5,00	URBANISTICO	1,00	3,50	0-12 Suelo, arcillas café muy plásticas 12-32 Arenas medias a gruesas en matriz arcillosa 32-45 Arenas medias a finas limpias 45-52 Arenas finas lodosas 52-63 Arcillas plásticas 63-77,50 Lavas escoriáceas muy alteradas 77,50-80 Arcillas lodosas
72	50,00		5,00	URBANISTICO			
73	50,00		11,00	AGROINDUSTRIA	4,50	16,60	0-3 Arcillas de diferentes tipos 3-18 Grava fina con matriz arcillosa 18-26 Grava media a fina muy limpia 26-37 Arcillas 37-44 Grava fina muy limpia 44-48 Arcillas 48-50 Lavas volcánicas
74	25,00		10,00	ABAST. PUBLICO	3,50	10,23	0-5 Limos-arenas finas 5-14 Aluvión con granulometría entre arenas gruesas y fragmentos medios 14-22 Arenas gruesas con algo de arcilla 22-25 Arcilla plástica gris
75	44,00		1,00	ABAST. PUBLICO	2,91	24,00	0-24 Arenas finas en arcillas marrón 24-27 Arena fina con poca arcilla 27-44 Limo arcillosos
76	37,00		12,00	ABAST. PUBLICO	8,05	12,64	0-5 Suelo arcilloso café claro 5-9 Arenas finas con matriz arcillosas 9-17 Arena muy fina 17-19 Materia orgánica 19-21 Arenas medias negras 21-23 Arcillas plásticas con materia orgánica 23-28 Arenas finas 28-34 Aluvión limpio y grueso 34-37 Material orgánico presenta cambios
77				DOMESTICO			
78	54,00	300,0		ABAST. PUBLICO	0,00	0,00	0-54 Lavas, sanas, se notan dos coladas principales hasta 31m y otra de 31m a 54m. El nivel estático estuvo en 3m, hasta el pozo llegó hasta 45m.
79	1,20			TURISTICO	0,60		
80	1,10			S.D.	0,70		
81				TURISTICO			
82	33,00	304,8	3,15	INDUSTRIAL	3,50		
83	30,00	255,0	3,50	INDUSTRIAL	2,50		
84	50,00	255,0	9,60	INDUSTRIAL	1,88		
85	38,00	255,0	7,57	INDUSTRIAL	2,93		
86	40,00	255,0		INDUSTRIAL	2,00		

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
87			3,15	INDUSTRIAL	2,50		
88				S.D.			
89				INDUSTRIAL			
90	30,00		2,00	INDUSTRIAL	4,60		
91	75,00	300,0	7,20	DOMESTICO	0,92		
92				DOMESTICO			
93				OTROS USOS			
94	20,00	254,0		RIEGO	1,50		
95	61,00	254,0	2,21	RIEGO	1,02		
96	50,00	165,0	12,00	RIEGO			
97	50,00		3,00	INDUSTRIAL			0-9 Suelos limo-arenosos 9-27 Rocas formación suretka muy meteorizada 27-50 Rocas muy fracturadas
98	50,00	254,0		INDUSTRIAL			0-9 Suelos limo-arenosos 9-14 Aluviones recientes 14-18 Rocas formación Suretka 18-19 Materiales arcillificados 19-50 Rocas muy fracturadas
99				INDUSTRIAL			
100	30,00	300,0	3,00	ABAST. PUBLICO	4,50	17,83	0-20 Arcilla plástica café oscuro 20-25 Aluvión grueso con algo de arcilla 25-27 Arenas gruesas 27-30 Limo arcilloso amarillo
101	44,00		5,00	DOMESTICO	0,63	15,02	0-2 Material de relleno 2-4 Arcilla limosa 4-12 Aluvión reciente de matriz arcillosa 12-14 Aluvión 14-18 Aluvión reciente de Gujjarros 18-24 Idem anterior 24-28 Lava Basaltica 28-43,5 Lava color gris 43,5-44 Arcilla gris
102	45,00		2,52	INDUSTRIAL	2,00	5,00	0-10 Arcillas 10-24 Coluvio aluvial 24-43 Lava gris 43-45 Arcilla color gris
103	40,00		2,00	INDUSTRIAL	4,67	22,10	0-3 Suelo 3-10 Arena media 10-17 Arcilla con materia orgánica 17-24 Arenas gruesas 24-40 Gravas limpias 40-41 Arcillas
104	32,00	355,0	7,17	RIEGO	1,60		
105	40,00		4,50	RIEGO	2,85	13,50	1-2 Suelo 2-6 Paleosuelo 6-32 Grava mediana a fina en matriz arcillosa 32-34 Arcillas rojizas plásticas 34-38 Aluvión con gravas finas muy limpias 38-40 Arcillas color gris plásticas e impermeables
106	60,00		3,00	VARIOS			0-1,50 Suelo limo-arcilloso 1,50-18 Arenas finas a medias 18-32 Arcillas plásticas 32-60 Arenas media a gravas finas
107	40,00		4,00	AGROINDUSTRIAL	3,50	30,00	0-40 Aluvión compuesto por una matriz areno-arcillosa que engloba bloques y cantos redondeados
108	6,51		3,15	DOMESTICO	1,16		
109	20,00		16,40	INDUSTRIAL	2,50		
110				DOMESTICO			
111	32,00	250,0	2,72	INDUSTRIAL	2,50		
112	17,00		1,58	S.D.	2,50		

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
113	40,00		4,41	INDUSTRIAL	6,00		
114	40,00	305,0	3,00	ABAST. PUBLICO	3,29		
115	35,00		1,60	INDUSTRIAL			
116	29,00		3,15	INDUSTRIAL	10,20		
117	52,00	203,0	6,30	INDUSTRIAL			
118	22,00	203,0	3,10	S.D.	3,00		
119	22,00	203,0	3,80	INDUSTRIAL			
120				INDUSTRIAL			
121				INDUSTRIAL			
122	95,00	300,0	10,00	INDUSTRIAL	6,51		
123	70,00	304,8	1,80	INDUSTRIAL	4,00		
124	63,00	200,0	12,61	INDUSTRIAL	3,00		
125			5,00	INDUSTRIAL	4,00		
126	20,00		2,50	INDUSTRIAL			
127	45,75		5,70	INDUSTRIAL	2,30		
128	40,00	250,0	3,00	DOMESTICO	6,00		0-7 Arcilla con piedras grandes 7-18 Piedras Grandes 18-28 Aluvión grueso limpio 28-34 Aluvión con poca arcilla 34-40 Aluvión con arcilla
129	20,00		1,26	INDUSTRIAL	5,00	5,70	0-10 Arena con grava 10-14 Grava gruesa 14-17 Arena gruesa 17-20 Arena fina
130	39,00		0,10	DOMESTICO	1,00		0-7 Arcilla con piedras grandes 7-18 Piedras grandes 18-28 Aluvión limpio sin arcilla 28-34 Aluvión con poca arcilla 34-39 Aluvión con más arcilla
131	18,00	300,0	5,25	DOMESTICO	1,70		
132	20,00	300,0		OTROS USOS			
133	30,00	300,0	3,78	INDUSTRIAL	10,50	17,60	0-5 Arcilla con piedras grandes 5-14 Arcilla café grisáceo con piedras grandes 14-18 Aluvión grande poca arcilla 18-25 Aluvión 25-30 Grava media con arena gruesa
134	55,00	300,0	1,73	INDUSTRIAL	16,66	49,71	0-15 Aluviones grandes 15-28 Aluviones medianos con arcilla 28-30 Arcilla 30-38 Lava brechosa 38-55 Lava masiva
135				RIEGO			
136	25,00	250,0	5,00	DOMESTICO	1,00		
137	34,00	244,0	7,00	INDUSTRIAL	1,80		
138	30,00	244,0	6,00	RIEGO	2,00		
139	50,00	202,0	14,00	RIEGO	0,30		
140	37,00	250,0	3,00	INDUSTRIAL	4,74		
141				URBANISTICO			
142	30,00		15,00	DOMESTICO	2,75		0-2,4 Suelos y rellenos 2,4-8,8 Depósitos aluviales 8,8-22,1 IDEM anterior 22,1-25,8 Depósito aluviales-coluviales con arenas y gravas 25,8-30 IDEM anterior con granulometría más fina
143				OTROS USOS			

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
144	80,00		4,72	INDUSTRIAL	7,50	32,60	0-24 Tobas Arcillosas 24-36 Tobas con gravas sin arcillas 36-45 Tobas arcillosas 45-48 Grava con arena poca arcilla 48-49 Arcillas con arenas 49-63 Toba con bloques de piedras 63-80 Toba arenosa negra
145				DOMESTICO			
146				INDUSTRIAL			
147	42,00	254,0		INDUSTRIAL	7,00		
148	25,00	254,0	1,10	DOMESTICO	1,43	9,36	0-14 Depósito coluvio aluvial 14-25 Lavas sanas
149	70,00	254,0	2,00	DOMESTICO	8,00		
150	32,50		5,42	URBANISTICO	10,48		0-32,50 Formación Aluvional compuesta por secuencia de piedrillas grandes y medianas con algunas secciones con matriz arcillo
151	34,00		2,00	AGROINDUSTRIA	2,20		0-12 Arena media y grava fina con limo y arcilla 12-16 Arcilla 16-18 Grava 18-26 Gravas y arenas gruesas 26-28 Grava media muy sana 28-30 Arcilla café 30-34 Arcilla gris con grava
152	31,00		1,60	AGROINDUSTRIA	3,84	10,34	0-31 Alternancia de gravas arcillas y arenas
153	30,00		2,50	INDUSTRIAL	1,50	4,50	0-3 Grava, fina partículas alteradas 3-12 Grava mediana a fina en matriz arcillosa 12-18 Grava mediana con Guijarros de 2 cm. 18-24 Grava gruesa permeabilidad alta 27-30 Aluvión con gravas finas
154	30,00		1,00	DOMESTICO	1,00	2,00	0-3 Arcillas, aluvión englobado en matriz arcilla limosa café 3-30 Aluvión gravas gruesas y arenas limpias matriz arcillosa
155	30,00		0,50	DOMESTICO			
156	30,00		1,00	TURISTICO	7	7,00	0-4 Suelo y relleno 4-30 Secuencia aluvial grueso en matriz arcillo-arenosa
157	40,00		3,00	INDUSTRIAL			0-4 Aluvion medio 4-21 Arenas gruesas 21-39 Aluvion medio 39-41 Arcilla gris 41-51 Arenas con arcilla
158			0,16	DOMESTICO			
159			5,00	INDUSTRIAL			
160							
161			5,00	INDUSTRIAL			
162			5,00	INDUSTRIAL			
163			15,77	DOMEST-RIEGO			
164			1,89	DOMEST-RIEGO			
165			14,00	AGROINDUSTRIAL			
166			12,60	DOMEST-RIEGO			
167			5,00	DOMEST-RIEGO			
168			18,00	DOMEST-RIEGO			
169			0,50	DOMEST-RIEGO			
170			0,50	DOMEST-RIEGO			
171			0,50	DOMEST-RIEGO			
172			2,00	DOMESTICO			
173			0,50	TURISTICO			
174			2,00	OTROS USOS			
175			0,50	DOMESTICO			
176			0,50	DOMESTICO			
177			0,50	INDUSTRIAL			

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
178			0,50	TURISTICO			
			5,00	TURISTICO			
179			0,50	TURISTICO			
180			0,50	INDUSTRIAL			
181			0,50	INDUSTRIAL			
182	60,00	300,0	4,70	AGROINDUSTRIA	2,00		
183	30,00	250,0	2,54	RIEGO	2,30		
184				INDUSTRIAL			
185				INDUSTRIAL			
186	45,00	300,0	5,00	ABAST. PUBLICO	3,55		
187				INDUSTRIAL			
188			9,46	AGROINDUSTRIAL			
189			9,46	AGROINDUSTRIA	4,45		
190	73,50		12,60	INDUSTRIAL	5,75		
191	35,00	250,0	6,00	INDUSTRIAL	2,50		
192	38,00	300,0	7,80	INDUSTRIAL	2,50		
193	73,50	300,0	3,78	INDUSTRIAL	2,00		
194	48,76		9,50	INDUSTRIAL			
195	30,00		9,50	INDUSTRIAL	4,00		
196	42,67		9,46	INDUSTRIAL	17,83		
197	24,00		19,00	INDUSTRIAL			
198	38,00		10,00	INDUSTRIAL			
199				INDUSTRIAL			
200	37,00	305,0		INDUSTRIAL	6,95		
201	39,00	305,0		INDUSTRIAL	6,87		
202	30,00	254,0		DOMESTICO	7,00		
203	52,00	200,0	9,45	INDUSTRIAL	4,36	10,00	0-20 Arcillas 20-25 Toba arcillosa 25-33 Arcillas 33-47 Gravas y arenas 47-50 Arcillas
204	50,00	300,0	10,00	INDUSTRIAL	3,40	5,06	0-21 Arcillas 21-32 Toba arcillosa 32-42 Arena media y grava 42-50 Aluvión
205	80,00	300,0	10,00	INDUSTRIAL	0,21		
206	74,00	300,0	10,00	INDUSTRIAL	3,50	6,70	0-6 Arcillas 6-16 Tobas arcillosas 16-20 Aluvión 20-40 Tobas-Lavinasmatriz arcillosa 40-56 Aluvión poca arcilla 56-62 Toba arcillosa 62-65 Aluvión 65-70 Toba arcillosa 70-74 Aluvión
207	64,00			DOMESTICO	2,64		0-3 Zona de materiales volcánicos arcillificados 3-12 Grava media, con arena gruesa 12-26 Grava fina incluida en matriz arcillosa 26-37 Arcilla de color gris claro 37-43 Arenas finas con excelente permeabilidad 43-47 Arenas de grano medio a fina con poca arcilla color oscuro 47-54 Arenas finas muy limpias 54-64 Zona de gravas finas arenas gruesas
208	51,00	300,0		ABAST. PUBLICO	0,00	0,00	0-13 Suelo arcilloso con arenas 13-25 Arenas finas en matriz arcillosa 25-29 Aluvión con fragmentos 29-31 Idem anterior 31-38 Arenas gruesas 38-41 Arenas matriz arcillosa 41-50 Arcilla plástica gris oscuro

Tabla 1: BASE DE DATOS DE POZOS DEL SENARA (continuación)

ID pozo	PROF.	DPERF	QFIN	USO3	N.EST.	NIVEL DINÁMICO	LITOLOGÍA
209	75,00	300,0	5,00	ABAST. PUBLICO	3,60	32,27	0-6 Suelo arcilloso 6-13 Arcilla café plástica 13-21 Limo arcilloso café 21-30 Arcilla con arenas finas 30-45 Lente de arena 45-50 Lente de arena 50-52 Arenas finas 52-53 Arena media 53-62 Lutitas 62-75 Arcilla muy plástica
210	40,00	300,0	8,00	ABAST. PUBLICO	4,20		
211	70,00		6,33	AGROINDUSTRIAL			
212	80,00		10,00	AGROINDUSTRIAL			
213	40,00		12,00	ABAST. PUBLICO	5,30	7,52	0-3 Arena con arcilla 3-5 Arenas medias con poca arcilla 5-8 Limo arcilloso 8-10 Arenas gruesas con algo de arcillas 10-25 Aluvión limpio P.A. Alta 25-35 Arenas con algo de arcillas 35-40 Material limo-arcilloso de material orgánico
214	29,00		0,50	ABAST. PUBLICO	4,61	21,70	16-19 Arenas finas en matriz arcillosa permeable 19-20 Arenas medias a finas consolidadas 20-22 Fragmentos gruesos con arenas medias 22-25 Fragmentos gruesos con arenas medias 25-27 Idem anterior 27-29 Material muy fino (arenas finas y limos negros)
215	45,00		85,00	ABAST. PUBLICO	3,88	10,53	0-20 Arcilla con material orgánico 20-28 Arena fina en matriz arcillosa 28-33 Arenas gruesas con gravas 33-38 Arenas finas 38-45 Aluvión
216	35,00		12,00	ABAST. PUBLICO	5,06		
217	2,50				1,67		
218	2,00				1,01		
219	1,65				1,55		
220	1,60				1,30		
221	50,00	250,0	2,00	INDUSTRIAL	2,00		
222				INDUSTRIAL			
223	60,00	310,0	7,00	INDUSTRIAL	4,00		
224	92,00	310,0	7,00	INDUSTRIAL	4,00		
225	54,00	355,6	6,00	INDUSTRIAL	3,00		
			<b>963,66</b>				

---

ANEXO 2

Tabla 1. Base de datos de concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.  
MANANTIALES - Cantón de Pococí, Limón.

<b>TIPO</b>	<b>DISTRITO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>USO</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>
Manantial	Jiménez	Otorgado	Comercio	0,01
Manantial	Jiménez	Otorgado	Industria	0,11
Manantial	Guapiles	Otorgado	Industria	0,35
Manantial	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	0,04
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	10,94
Manantial	Rita	Inscrito	Acueducto rural	10,00
Manantial	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	11,85
Manantial	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	11,85
Manantial	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	11,85
Manantial	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	11,85
Manantial	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	11,85
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	213,00
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	26,70
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	25,50
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	31,70
Manantial	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	39,50
Manantial	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	0,08
Manantial	Guapiles	Otorgado	Agropecuario	0,02
Manantial	Guapiles	Inscrito	Acueducto rural	8,10
Manantial	Guapiles	Inscrito	Acueducto rural	8,10
Manantial	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Agropecuario	0,25
Manantial	Guapiles	Otorgado	Turismo	0,40
Manantial	Jiménez	Otorgado	Riego	10,00
Manantial	Rita	Otorgado	Agroindustrial	11,00
			<b>TOTAL</b>	<b>455,05</b>

Tabla 2. Base de datos de concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.  
POZOS - Cantón de Pococí, Limón.

TIPO	DISTRITO	ESTADO	USO	CAUDAL (L/s)
Pozo	Jiménez	En tramite		
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	4,94
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	4,94
Pozo	Jiménez	En trámite		
Acueducto Rural	Jiménez	Inscrito	Acueducto rural	10,94
Pozo	Jiménez	En trámite		
Pozo	Jiménez	En trámite		
Pozo	Jiménez	En trámite		
Pozo	Jiménez	En trámite		
Pozo	Cariari	Inscrito		
Pozo	Roxana	Inscrito		
Pozo	Roxana	Inscrito		
Pozo	Roxana	Inscrito		
Pozo	Rita	Inscrito		
Pozo	Rita	Inscrito		
Pozo	Rita	Inscrito		
Pozo	Roxana	Inscrito	Acueducto rural	8,00
Pozo	Jiménez	Inscrito		
Pozo	Jiménez	Inscrito		
Pozo	Jiménez	Inscrito		
Pozo	Jiménez	Inscrito		
Acueducto Rural	Jiménez	Pendiente		
Pozo	Cariari	En trámite		
Pozo	Roxana	Cancelado		
Pozo	Roxana	Cancelado		
Pozo	Roxana	Cancelado/Vencimiento	Industria	2,72
Pozo	Guapiles	Cancelado	Consumo Humano	1,49
Pozo	Roxana	Cancelado / Vencimiento	Agroindustrial	5,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	5,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	5,00
Pozo	Colorado	Otorgado	Industria	0,25
Pozo	Colorado	Otorgado	Turismo	0,25
Pozo	Colorado	Otorgado	Industria	0,25
Pozo	Colorado	Otorgado	Turismo	0,25
Pozo	Colorado	Otorgado	Consumo Humano	0,16
Pozo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Agroindustrial	3,50
Pozo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	2,80
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	6,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	6,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	3,00
Pozo	Rita	Cancelado / Morosidad	Agroindustrial	5,00
Pozo	Rita	Cancelado / Morosidad	Agroindustrial	5,00
Pozo	Roxana	Cancelado		
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	9,48
Pozo	Jiménez	Otorgado	Agroindustrial	9,46
Pozo	Jiménez	Otorgado	Consumo Humano	7,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	3,00
Pozo	Rita	Otorgado	Consumo Humano	1,80
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	12,60
Pozo	Rita	Otorgado	Consumo Humano	3,90
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	0,59
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	0,30
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	15,77
Pozo	Guapiles	Otorgado	Agroindustrial	7,80
Pozo	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	3,78
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	5,56
Pozo	Rita	Otorgado	Consumo Humano	3,90
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	4,50
Pozo	Rita	Otorgado	Consumo Humano	5,00
Pozo	Rita	Otorgado	Agroindustrial	9,50
Pozo	Guapiles	Otorgado	Agroindustrial	11,40
Pozo	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	1,21
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	10,60
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	3,40
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	14,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	1,40

Tabla 2. Base de datos de concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.  
POZOS - Cantón de Pococí, Limón.

Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	12,60
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	5,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	1,90
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	0,60
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	5,70
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Rita	Otorgado	Consumo humano	1,26
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Industria	18,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	2,80
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	8,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	6,30
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	0,45
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	1,90
Pozo	Cariari	Cancelado		
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Jiménez	Otorgado	Agroindustrial	1,58
Pozo	Jiménez	Otorgado	Industria	3,03
Pozo	Jiménez	Otorgado	Industria	1,95
Pozo	Jiménez	Otorgado	Industria	6,95
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	7,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Industria	10,00
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	7,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	0,40
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	1,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	10,50
Pozo	Roxana	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Colorado	Cancelado		
Pozo	Cariari	Otorgado	Consumo Humano	7,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Colorado	Otorgado	Consumo Humano	4,00
Pozo	Colorado	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Colorado	Cancelado / Morosidad	Turismo	0,50
Pozo	Jiménez	Cancelado		
Pozo	Rita	Cancelado / Morosidad	Agroindustrial	7,00
Pozo	Rita	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	2,00
Pozo	Jiménez	Otorgado	Agroindustrial	10,00
Pozo	Jiménez	Otorgado	Consumo Humano	3,00
Pozo	Guapiles	Otorgado	Agroindustrial	3,50
Pozo	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	0,50
Pozo	Jiménez	Cancelado		
Pozo	Cariari	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Roxana	Otorgado	Industria	2,50
Pozo	Jiménez	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Colorado	Cancelado / Morosidad	Turismo	0,50
Pozo	Colorado	Cancelado / Morosidad	Turismo	0,50
Pozo	Colorado	Otorgado	Turismo	0,50
Pozo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Agroindustrial	7,00
Pozo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Jiménez	Cancelado / Morosidad	Consumo Humano	0,50
Pozo	Jiménez	Cancelado / Morosidad	Industria	0,50
Pozo	Jiménez	Otorgado	Riego	10,00
Pozo	Roxana	Otorgado	Riego	0,20
Pozo	Roxana	Otorgado	Agroindustrial	2,50
Pozo	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	3,15
Pozo	Jiménez	Otorgado	Consumo Humano	0,25
Pozo	Guapiles	Otorgado	Industria	2,00
Pozo	Guapiles	Otorgado	Industria	2,00
Pozo	Cariari	Denegado		
	26			
			<b>TOTAL</b>	<b>475,96</b>

Tabla 3. Base de datos de concesiones, Dpto. de Aguas, MINAE.  
RÍOS Y QUEBRADAS - Cantón de Pococí, Limón.

<b>TIPO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DISTRITO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>USO</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>
Río	Santa Clara	Jiménez	Otorgado	Agropecuario	0,14
Quebrada	Irazu	Guapiles	Otorgado	Industria	3,80
Río	Toro Amarillo	Guapiles	Otorgado	Industria	5,30
Quebrada	Sin nombre	Guapiles	En tramite		
Río	Verde	Guapiles	En tramite		
Río	Cristina	Jiménez	En trámite		
Río	Jiménez	Jiménez	Otorgado	Fuerza hidráulica	142,00
Río	Jiménez	Jiménez	Cancelado		
Quebrada	Sin nombre	Guapiles	Cancelado		
Río	Corinto	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Agropecuario	0,07
Río	La Leona	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Agropecuario	5,00
Río	Toro Amarillo	Guapiles	Otorgado	Industria	30,00
Río	Jiménez	Colorado	Otorgado		
Río	Molino	Jiménez	Otorgado	Industria	20,00
Río	Molino	Jiménez	Otorgado	Riego	20,00
Quebrada	Flores	Guapiles	Otorgado	Consumo Humano	0,10
Quebrada	Flores	Guapiles	Otorgado	Turismo	1,50
Río	Blanco	Jiménez	Cancelado / Morosidad	Agropecuario	2000,00
Quebrada	Sin nombre	Guapiles	Otorgado	Agropecuario	10,80
Río	La Leona	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Fuerza hidráulica	99,00
Río	Toro Amarillo	Guapiles	Cancelado / Morosidad	Industria	3,50
Lago	Sin nombre	Guapiles	Otorgado	Industria	5,00
Río	Palacios	Cariari	Otorgado	Agroindustrial	7,56
Río	Limbo	Guapiles	Otorgado	Agroindustrial	7,56
Río	Guacimo	Jiménez	Otorgado	Industria	10,00
				<b>TOTAL</b>	<b>2371,33</b>

---

ANEXO 3

Tabla 1. Litologías de Pozos, Cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006)

ID pozo	PROF.	LITOLOGÍA
10	42,0	0-2 Arcilla plástica café claro 2-15 Arena fina 15-42 Arena con cuarzo y granos angulosos
15	43,0	0-3 Suelo de textura arcillosa P.A.Baja 3-8,5 Aluvión P.A. Media a alta 8,5-12 Arcilla P.A. Muy baja 12-20 Aluvión P.A. Alta 20-24 Toba P.A. Media a baja
16	27,0	0-8 Arcilla plástica P.A. Baja 8-26 Aluvión arena gruesa P.A. Media a baja 26-27 Arena negra fina P.A. Baja
19	33,0	0-3 Suelo 3-9 Arcilla gris 9-21 Arenas finas 21-30 Arcilla café 30-39 Arcilla café oscuro 39-42 Arcilla gris 42-45 Arenas medias 45-51 Arcillas gris
20	92,0	0-12 arcilla café P.A. Baja 12-16 Mezcla de arena 16-22 Arenas gruesas 22-25 Arcilla café plástica 25-32 Mezcla de arenas gruesas 32-41 Arcillas grises muy plásticas 41-46 Arena gruesa 46-49 Mezcla de arenas gruesas 49-56 Arcillas grises 56-70 Mezcla de arenas y gravas
24	45,0	0-5 Arcilla material plástico 5-18 Aluvión fino 19-36 Aluvión grueso 36-45 Aluvión fino
25	40,0	0-3 suelo vegetal 3-18 Arcillas color café 18-22 Arcillas color café con arenas medias 22-34 Aluvión gravas con bajo contenido de arcillas 34-37 Aluvión pequeño con arenas 37-40 Arcillas color gris
26	18,0	0-18 Aluvión de origen continental 18-18,5 Arena y limo de color negro
28	18,0	0-18 Aluviones continentales 18-18,5 Arena fina negra de origen fluvio marino
30	30,0	0-30 arcillas, arenas y gravas
31	92,0	0-4 Suelos y arcilla arenosa 4-12 Arena media a fina poca arcilla 12-14 Grava fina 14-18 Grava fina 18-28 Toba arcillosa 28-34 Toba arenosa 34-48 Toba arcillosa 48-53 Ignimbritas 53-57 Arcilla con materia orgánica 57-74 Toba arenosa 74-90 Arena fina a gruesa 90-92 arena con materia orgánica
33	78,0	0-10 Arcilla con arena 13-27 Arcilla 27-49 Toba 49-54 Arena alta permeabilidad alta 54-62 Toba 62-66 Arcilla 66-75 Toba 75-78 Arena, Alta permeabilidad
34	55,0	0-4 Arcilla marrón con suelo limoso 4-9 Arcilla gris con algunos bloques de lava 9-10 Grava y arena tamaño heterogéneo 10-12 Limo y arena fina 12-13 Arena media a gruesa 13-17 Arena media la anterior va cambiando gradualmente 17-27 Arcilla y limo gris 27-29 Arena suelta 29-33 Arcilla plástica 33-34 Arena suelta 34-35 Arena fina con arcilla 35-36,5 Arena gruesa con grava 36,5- 55 Arcilla plástica
35	39,0	0-3 Suelo 3-16 Arcilla con arena y bloques de roca 16-34 Arenas medias a gruesas con gravas y piedra 34-39 Arcillas

Tabla 1. Litologías de Pozos, Cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006) (cont.)

37	47,0	0-2 Suelo Arcilla 2-6 Arena fina 6-10 Arcilla plástica 10-13 Arcilla marrón plástica 13-15 Coluvio bloques hasta de 6 cm. 15-17 Arcilla color crema 17-23 Arena sana grano heterogéneo 23-28 Coluvio con grava y arena 28-30 Grava uniforme, sana y limpia 30-37 Arena de lava fina a media 37-47 Limo gris-negro
38	40,0	0-5 Arenas con algo de arcilla 5-18 Arenas color negro 18-26 Arcilla color gris 26-34 Arena de grano grueso 34-40 Areniscas de grano grueso
40	59,0	0-3 Suelos arcillosos 3-38 Arenas color café 38-48 Arcillas plásticas 48-59 Arenas con fragmentos de concha
41	48,0	0-3 Limo arena suelta 3-10 Arena Gruesa a media 10-26 Arcilla limosa con arena 26-48 Grava sin arcilla
42	50,0	0-4 Limo arcilla 4-25 Limo arcilla con arena fina 25-30 IDEM anterior con menos arcilla 30-50 Grava fina con arena gruesa
43	59,0	0-3 Suelo arcilloso 3-38 Arenas color café 38-48 Arcillas plásticas 48-59 Arenas con fragmentos de conchas
44	25,0	0-9 Arcilla plástica impermeable 9-13 Material heterogéneo 13-25 Constituidos por fragmentos lavicos, limos y arcillas
49	50,0	0-15 Arenas medias a gruesas con arcilla 15-29 Arcilla gris impermeable 29-41 Arenas gruesas 41-44 Arcillas 44-45 Lavas 45-48 Gravas medias con arcilla 48-51 Gravas menos arcilla
50	35,0	0-2 Arcillas color café con limos-suelo 2-14 Arenas impermeables 14-17 Arcillas impermeables 17-28 Arenas medias a gruesas con arcilla 28-35 Arenas medias-gravas con arcilla
54	65,0	0-3 Suelo limoso arcilloso 3-9 Arcilla arenosa fina 9-58 Limo fino 58-60 Arcilla arenosa fina 60-63 Mezcla de limo con arena fina 63-65 Limo gris textura fina
55	40,0	0-4 Arcilla 4-8 Arena fina a media 8-11 Arena sana y gruesa 11-16 Arcilla marrón 16-18 arena con arcilla 18-19 Arcilla marrón 19-23 Arena con arcilla 23-26 Limo marrón semejante a la toba arenosa 26-27 Limo 27-40 Arcilla gris plástica
60	60,0	0-10 Aluvión 10-35 Arcillas 35-55 Aluvión 55-60 Lutitas
61	79,0	0-10 Arcilla, limo, material orgánico 10-15 Grava, arena media 15-23 Arcilla poca grava 23-35 Toba arcillosa 35-38 Arena media 38-54 Tobas 54-63 Toba Arcillosa 63-71 Tobas 71-79 Toba arcillosa
62	60,0	0-11 Limos arenosos 11-32 Arenas finas a medias 32-45 Arenas medias a gruesas 45-60 Arenas medias con pocas arcillas
63	85,0	0-10 Limos y arcillas 8-15 Toba con materia orgánica 15-20 Paleo Suelo 20-45 Tobas 45-65 Arcillas 65-75 Tobas Escoraceas 75-85 Arcillas

Tabla 1. Litologías de Pozos, Cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006) (cont.)

64	50,0	0-30 Arcillas 30-40 Gravas con poca arcilla 40-50 Arcillas con arena fina
67	35,0	0-1 Suelo arcilloso 1-6 Arena con arcilla 6-8 Arena media 8-19 Arena con arcilla, predomina matriz arcillosa 19-23 Arena gruesa con arcilla 23-35 Conglomerado en matriz arcillosa muy plástica
68	60,0	0-4 Suelo arenoso 4-6 Arena muy fina 6-7 Limo gris oscuro 7-12 Limo arcilloso 12-27 Arcilla con limos 27-35 Arenas finas con limos 35-48 Arcillas plásticas 48-51 Arenas negras finas 51-60 Arcilla plástica
69	57,0	0-3 Suelo arcilloso plástico 3-5 Arcilla con fragmentos arenosos 5-10 Arenas muy finas con contenido orgánico 10-18 Materia orgánica negra 18-30 Arenas finas con material orgánico 30-41 Idem anterior 41-43 Arenas finas 43-46 Arenas medias k 46-49 Arenas medias gruesas limpias se presume k alta 49-51 Aluvión fino Fragmentado de un cuarto 51-55 Arenas finas 55-57 arenas finas con arcilla
70	30,0	0-2 Arcilla café 2-8 Arcilla café saturada 8-20 Arena color café 20-30 Arcilla
71	80,0	0-12 Suelo, arcillas café muy plásticas 12-32 Arenas medias a gruesas en matriz arcillosa 32-45 Arenas medias a finas limpias 45-52 Arenas finas lodosas 52-63 Arcillas plásticas 63-77,50 Lavas escoriaceas muy alteradas 77,50-80 Arcillas lodosas
73	50,0	0-3 Arcillas de diferentes tipos 3-18 Grava fina con matriz arcillosa 18-26 Grava media a fina muy limpia 26-37 Arcillas 37-44 Grava fina muy limpia 44-48 Arcillas 48-50 Lavas volcánicas
74	25,0	0-5 Limos-arenas finas 5-14 Aluvión con granulometría entre arenas gruesas y fragmentos medios 14-22 Arenas gruesas con algo de arcilla 22-25 Arcilla plástica gris
75	44,0	0-24 Arenas finas en arcillas marrón 24-27 Arena fina con poca arcilla 27-44 Limo arcillosos
76	37,0	0-5 Suelo arcilloso café claro 5-9 Arenas finas con matriz arcillosas 9-17 Arena muy fina 17-19 Materia orgánica 19-21 Arenas medias negras 21-23 Arcillas plásticas con materia orgánica 23-28 Arenas finas 28-34 Aluvión limpio y grueso 34-37 Material orgánico presenta cambios
78	54,0	0-54 Lavas, sanas, se notan dos coladas principales hasta 31m y otra de 31m a 54m. El nivel estático estuvo en 3m, hasta el pozo llegó hasta 45m, luego se colocó en 13m
97	50,0	0-9 Suelos limo-arenosos 9-27 Rocas formación suretka muy meteorizada 27-50 Rocas muy fracturadas
98	50,0	0-9 Suelos limo-arenosos 9-14 Aluviones recientes 14-18 Rocas formación Suretka 18-19 Materiales arcillificados 19-50 Rocas muy fracturadas
100	30,0	0-20 Arcilla plástica café oscuro 20-25 Aluvión grueso con algo de arcilla 25-27 Arenas gruesas 27-30 Limo arcilloso amarillo
101	44,0	0-2 Material de relleno 2-4 Arcilla limosa 4-12 Aluvión reciente de matriz arcillosa 12-14 Aluvión 14-18 Aluvión reciente de Guajarros 18-24 Idem anterior 24-28 Lava Basáltica 28-43,5 Lava color gris 43,5-44 Arcilla gris

Tabla 1. Litologías de Pozos, Cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006) (cont.)

102	45,0	0-10 Arcillas 10-24 Coluvio aluvial 24-43 Lava gris 43-45 Arcilla color gris
103	40,0	0-3 Suelo 3-10 Arena media 10-17 Arcilla con materia orgánica 17-24 Arenas gruesas 24-40 Gravas limpias 40-41 Arcillas
105	40,0	1-2 Suelo 2-6 Paleosuelo 6-32 Grava mediana a fina en matriz arcillosa 32-34 Arcillas rojizas plásticas 34-38 Aluvión con gravas finas muy limpias 38-40 Arcillas color gris plásticas e impermeables
106	60,0	0-1,50 Suelo limo-arcilloso 1,50-18 Arenas finas a medias 18-32 Arcillas plásticas 32-60 Arenas media a gravas finas
107	40,0	0-40 Aluvión compuesto por una matriz areno-arcillosa que engloba bloques y cantos redondeados
128	40,0	0-7 Arcilla con piedras grandes 7-18 Piedras Grandes 18-28 Aluvión grueso limpio 28-34 Aluvión con poca arcilla 34-40 Aluvión con arcilla
129	20,0	0-10 Arena con grava 10-14 Grava gruesa 14-17 Arena gruesa 17-20 Arena fina
130	39,0	0-7 Arcilla con piedras grandes 7-18 Piedras grandes 18-28 Aluvión limpio sin arcilla 28-34 Aluvión con poca arcilla 34-39 Aluvión con más arcilla
133	30,0	0-5 Arcilla con piedras grandes 5-14 Arcilla café grisáceo con piedras grandes 14-18 Aluvión grueso poca arcilla 18-25 Aluvión 25-30 Grava media con arena gruesa
134	55,0	0-15 Aluviones grandes 15-28 Aluviones medianos con arcilla 28-30 Arcilla 30-38 Lava brechosa 38-55 Lava masiva
142	30,0	0-2,4 Suelos y rellenos 2,4-8,8 Depósitos aluviales 8,8-22,1 IDEM anterior 22,1-25,8 Depósito aluviales-coluviales con arenas y gravas 25,8-30 IDEM anterior con granulometría más fina
144	80,0	0-24 Tobas Arcillosas 24-36 Tobas con gravas sin arcillas 36-45 Tobas arcillosas 45-48 Grava con arena poca arcilla 48-49 Arcillas con arenas 49-63 Toba con bloques de piedras 63-80 Toba arenosa negra
148	25,0	0-14 Depósito coluvio aluvial 14-25 Lavas sanas
150	32,5	0-32,50 Formación Aluvional compuesta por secuencia de piedrillas grandes y medianas con algunas secciones con matriz arcillosa.
151	34,0	0-12 Arena media y grava fina con limo y arcilla 12-16 Arcilla 16-18 Grava 18-26 Gravas y arenas gruesas 26-28 Grava media muy sana 28-30 Arcilla café 30-34 Arcilla gris con grava
152	31,0	0-31 Alternancia de gravas arcillas y arenas
153	30,0	0-3 Grava, fina partículas alteradas 3-12 Grava mediana a fina en matriz arcillosa 12-18 Grava mediana con Guijarros de 2 cm. 18-24 Grava gruesa permeabilidad alta 27-30 Aluvión con gravas finas
154	30,0	0-3 Arcillas, aluvión englobado en matriz arcilla limosa café 3-30 Aluvión gravas gruesas y arenas limpias matriz arcillosa
156	30,0	0-4 Suelo y relleno 4-30 Secuencia aluvial grueso en matriz arcillo-arenosa
157	40,0	0-4 Aluvion medio 4-21 Arenas gruesas 21-39 Aluvion medio 39-41 Arcilla gris 41-51 Arenas con arcilla

Tabla 1. Litologías de Pozos, Cantón de Pococí - (Archivos SENARA, 2006) (cont.)

203	52,0	0-20 Arcillas 20-25 Toba arcillosa 25-33 Arcillas 33-47 Gravas y arenas 47-50 Arcillas
204	50,0	0-21 Arcillas 21-32 Toba arcillosa 32-42 Arena media y grava 42-50 Aluvión
206	74,0	0-6 Arcillas 6-16 Tobas arcillosas 16-20 Aluvión 20-40 Tobas-Lavinasmatriz arcillosa 40-56 Aluvión poca arcilla 56-62 Toba arcillosa 62-65 Aluvión 65-70 Toba arcillosa 70-74 Aluvión
207	64,0	0-3 Zona de materiales volcánicos arcillificados 3-12 Grava media, con arena gruesa 12-26 Grava fina incluida en matriz arcillosa 26-37 Arcilla de color gris claro 37-43 Arenas finas con excelente permeabilidad 43-47 Arenas de grano medio a fina con poca arcilla color oscuro 47-54 Arenas finas muy limpias 54-64 Zona de gravas finas arenas gruesas
208	51,0	0-13 Suelo arcilloso con arenas 13-25 Arenas finas en matriz arcillosa 25-29 Aluvión con fragmentos 29-31 Idem anterior 31-38 Arenas gruesas 38-41 Arenas matriz arcillosa 41-50 Arcilla plástica gris oscuro
209	75,0	0-6 Suelo arcilloso 6-13 Arcilla café plástica 13-21 Limo arcilloso café 21-30 Arcilla con arenas finas 30-45 Lente de arena 45-50 Lente de arena 50-52 Arenas finas 52-53 Arena media 53-62 Lutitas 62-75 Arcilla muy plástica
213	40,0	0-3 Arena con arcilla 3-5 Arenas medias con poca arcilla 5-8 Limo arcilloso 8-10 Arenas gruesas con algo de arcillas 10-25 Aluvión limpio P.A. Alta 25-35 Arenas con algo de arcillas 35-40 Material limo-arcilloso de material orgánico
214	29,0	0-16 Suelo arcilloso Plástico color rojizo 16-19 Arenas finas en matriz arcillosa permeable 19-20 Arenas medias a finas consolidadas 20-22 Fragmentos gruesos con arenas medias 22-25 Fragmentos gruesos con arenas medias 25-27 Idem anterior 27-29 Material muy fino (arenas finas y limos negros)
215	45,0	0-20 Arcilla con material orgánico 20-28 Arena fina en matriz arcillosa 28-33 Arenas gruesas con gravas 33-38 Arenas finas 38-45 Aluvión

---

ANEXO 4

Tabla 1. Descripciones Litológicas de algunos Pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí– resumen –  
(Losilla, M., 1990 a 1993)

<b>POZO</b>	<b>Profundidad (m bns)</b>	<b>Descripción litológica reportada</b>
Guapinol 1	0 - 22	Arcilla café con materia orgánica
	22 - 39	Toba fina, gris con poca materia orgánica
	39 - 52	Materia orgánica (lodo) con lentes de toba
	52 - 60	Toba fina gris
	60 - 64	Ignimbrita o lava negra
	64 - 76	Lava escoriaza gris con fragmentos rojizos
Guapinol 2	0 - 6	Arena y grava fina arcillosa
	6 - 21	Arcilla negra con materia orgánica
	21 - 25	Arena y grava con arcilla
	25 - 41	Toba arcillosa
	41 - 60	Arcilla gris negruzca con mat. orgánica
	60 - 66	Ignimbrita negra dura
	66 - 77	Toba semi soldada c/ fragmentos negros, verdosos y blancos
77 - 90	Arcilla arenosa, gris cafésuzca	
Guapinol 3	0 - 3	Suelo arenoso café
	3 - 20	Materia orgánica arcillo – limosa con grava fina
	20 - 55	Toba gris suave con lentes de materia orgánica y arcilla
	55 - 66	Ignimbrita y toba dura negras
	66 - 72	Brecha tobácea
72 - 79	Lava o ignimbrita compacta	
Guayacán 1	0 - 1	Arcilla roja
	1 - 6	Arena tobácea de fina a media
	6 - 32	Toba rojiza, meteorizada, heterogénea
	32 - 37	Ignimbrita c/ fragmentos de madera
	37 - 39	Matéria orgánica
	39 - 48	Toba gris sana
	48 - 56	Lodo negro con materia orgánica
	56 - 66	Toba gris sana
	66 - 74	Lodo negro y arcilla gris con materia orgánica
74 - 89	Aglomerado tobáceo con poca materia orgánica	
Guayacán 2	0 - 3	Suelo arcilloso y arena fina
	3 - 8	arcilla café con materia orgánica
	8 - 19	Arena media tobácea, meteorizada café amarillenta
	19 - 28	Toba arcillosa con materia orgánica
	28 - 42	Arena arcillosa café rojiza a grisácea
	42 - 54	Grava fina, negra, dura con poca arcilla
	54 - 60	Grava fina, arcillosa, gris
	60 - 70	Lodo negro con materia orgánica
	70 - 78	Grava negra arcillosa con fragmentos de toba y materia orgánica
	78 - 82	Toba con arcilla
	82 - 90	Grava fina, negra y gris verdosa con arena y poca arcilla
90 - 92	Grava con matriz arcillosa	
Nogal 1	0 - 12	Arcilla café y rojiza con grava y arena
	12 - 18	Arena de media a gruesa, meteorizada y poca arcilla
	18 - 24	Toba con materia orgánica
	24 - 29	Toba soldada
	29 - 52	Toba gris, suave con algunos tramos soldados
Nogal 2	0 - 4	Suelo y arena media a gruesa
	4 - 7	Arcilla gris
	7 - 23	Toba arcillosa de rojiza a café
	23 - 40	Lodo negruzco con materia orgánica
	40 - 65	Toba con mucha arcilla
	65 - 71	Lodo negruzco con materia orgánica
	71 - 84	Aglomerado arenoso, poca arcilla y materia orgánica
84 - 85	Arcilla gris con materia orgánica	

Tabla 1. Descripciones Litológicas de algunos Pozos en Puerto Viejo de Sarapiquí– resumen –  
( Losilla, M., 1990 a 1993) (continuación)

<b>POZO</b>	<b>Profundidad (m bns)</b>	<b>Descripción litológica reportada</b>
Coyol 1	0 - 3	Suelo franco arenoso
	3 - 10	Arena de media a fina
	10 - 31	Toba meteorizada arcillosa
	31 - 39	Aglomerado volcánico semi soldado
	39 - 64	Arcilla gris con lentes de aglomerado volcánico
	64 - 84	Ignimbrita negra con lentes de arcilla gris
Coyol 2	84 - 90	Arcilla gris oscuro
	0 - 6	Suelo y arcilla
	6 - 25	Arena y grava fina con capas de materia orgánica
	25 - 65	Tobas con capas de materia orgánica
Cantfin 1	65 - 90	Ignimbrita con capas de materia orgánica y arcilla
	0 - 1	Suelo franco
	1 - 23	Arena media a grava fina con poca arcilla
	23 - 37	Arena y grava con arcilla y materia orgánica
	37 - 64	Arcilla gris negruzca con materia orgánica y olor
	64 - 69	Ignimbrita
Cantfin 2	69 - 86	Arcilla gris, plástica con poca arena y grava fina
	86 - 95	Lava escoréacea
	0 - 2	Suelo arcilloso
	2 - 18	Arena media y grava fina con poca arcilla
	18 - 36	Arcilla gris plástica con capas de materia orgánica
	36 - 43	Tobita arcillificada
Malinche 1	43 - 84	Arcilla gris, plástica con lentes de grava y arena
	84 - 95	Lava negra con algunos granos escoréaceos
	0 - 2	Suelo arcillo arenoso
	2 - 10	Arena media limpia
	10 - 39	Arcilla café a rojiza con grava y arena y lentes de materia orgánica
	39 - 48	Arena gruesa y grava fina limpias con lentes de materia orgánica
	48 - 59	Toba arcillosa y aglomerado volcánico limpio
Malinche 2	59 - 74	Arcilla gris café y aglomerado arcilloso con restos de materia orgánica
	74 - 85	Aglomerado volcánico de gravas y arenas escoréaceas y subredondeadas
	0 - 2	Suelo arenoso
	2 - 21	Grava fina a arena media con lentes de arcilla
	21 - 49	Arcilla con poca arena y grava y capas con restos de materia orgánica
	49 - 58	Arena gruesa y grava fina limpias con lentes de arcilla
	58 - 79	Arcilla gris con lentes de grava, arena y materia orgánica
Oropel 2	79 - 88	Arena y grava fina con lentes delgados de arcilla
	88 - 90	Arcilla gris-café plástica
	0 - 13	Arcilla café con arena
	13 - 15	Arcilla rojiza
	15 - 38	Toba meteorizada e ignimbrita negra semi suave
	38 - 42	Toba negra arcillosa
Roble 1	42 - 77	Lava o ignimbrita negra de compacta a semi dura
	77 - 79	Toba café negruzca con fragmentos de madera
	0 - 18	Arena de fina a media
	18 - 51	Toba semi dura, poca arcilla
	51 - 60	Arcilla gris c/ grava fina
	60 - 72	Toba fina, suave, gris verdoso
Roble 1	72 - 85	Lava o ignimbrita dura
	85 - 90	Arcilla gris con grava fina

---

ANEXO 5





**Tabla 2. Resumen de las características físico-químicos de las aguas subterráneas (Tecnoambiente)**

ID Mapa	ID	Fecha	Turbidez	Color	S.Susp	Sdisueltos	S.Totales	Ph.	DQO	DBO5	Alc.Total	Dur.Total	Na+	Fe+	Mg+	N03-	SO4	SIO2	HCO3-	CO3-	Ca+	K+	Cl-	Coli.Fecal	Coli.Total	Conduct.	
			UNT	U Pt-Co	mg/L	mg/L	mg/L	-----			mg/L CaCO3	mg/L CaCO3	mg/L Na+	mg/L	mg/L Mg++	mg/L NO3	mg/L SO4	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L Ca++	mg/L K+	mg/L Cl-	NMP/100mL	NMP/100mL	m S/ cm	
Valor Recomendado			<1	reglamento no	No hay limite	reglamento no especifica valor	No hay limite	6,5	No hay limite	No hay limite	No hay limite	400	25	reglamento no especifica valor	30	25	25	No hay limite	No hay limite	No hay limite	100	Ausente	25	Ausente	No hay limite	400	
Valor Admisible			5	especifica valor	No hay limite	1000	No hay limite	8,5	No hay limite	No hay limite	No hay limite	500	200	0,3	50	50	250	No hay limite	No hay limite	No hay limite	reglamento no especifica valor	10	250	Ausente	No hay limite	reglamento no especifica valor	
4	P1	20-Jul	<1	<1	<1	60	60	6,22	6	0,5	28,1	243	4,22	0,02	1,6	0,06	23	28,6	<1	14,6	7,1	1,71	18,2	<2	<2	64	
5	P2	20-Jul	<1	<1	<1	172	172	6,91	5	0,5	122	113	3,86	0,9	9,6	0,18	12	57,4	<1	67,8	29,1	1,26	10,9	<2	<2	228	
6	S1	20-Jul	<1	<1	<1	87	87	6,64	5	0,5	37,5	53,1	1,15	0,02	4,8	0,04	24,7	44,3	9,5	22,5	14,1	0,33	14,6	<2	<2	131	
7	W1	20-Jul	<1	<1	<1	96	96	6,72	6	1,5	65,6	55,2	3,25	0,25	7,8	0,1	7,2	49,3	<1	33,1	9,3	1,15	10,9	<2	<2	131	
8	W2	20-Jul	<1	<1	<1	52	52	5,99	5	1	32,8	33,1	1,11	0,04	3,7	0,02	5,8	28,8	1	19,7	7,1	0,12	14,6	<2	<2	67	
9	W3	20-Jul	<1	<1	<1	114	114	8	9	1,5	98,4	71,9	2,63	0,02	9,1	0,06	15,1	47	<1	43,7	14,1	0,86	7,2	<2	<2	170	
10	WS1	12-Jul	<0,5	<5	<1	152	152	6,88	13	0,5	50,8	82,8	8,78	0,11	13,2	1,58	47,5	49,7	19,5	30,5	11	6,51	9	<2	<2	172	
Valores sobre la norma de potabilidad de agua (Decreto Ejecutivo No 25991-S)																											

Tabla 3. Resultados de análisis físico químicos de aguas subterráneas del cantón de Pococí (continuación)

ID Mapa	SISTEMA	LOCALIZACION	Turbiedad UNT	Recom. <1	Máx. 5	Conductividad µS/cm	Recom. 400	Olor	Recom.	pH Valor pH	Recom. 6.5	Máx. 8.5	Dureza Total mg/L	Recom. 400	Máx. 500	Sulfatos mg/L	Recom. 25	Máx. 250	Nitratos mg/L	Recom. 25	Máx. 50	Cobre mg/L	Recom. 1.0	Máx. 2.0	Manganeso mg/L	Recom. 0,1	Máx. 0,5	Plomo mg/L	Máx. 0,01	Cadmio mg/L	Máx. 0,003	Cromo mg/L	Máx. 0,05	Sodio mg/L	Recom. 25	Máx. 200	Potasio mg/L	Máx. 10	Hierro mg/L	Máx. 0,3				
35	PLAYA TORTUGUERO	MEZCLA DE NACIENTES CARRANZA Y RAMIREZ	0,35	Si	Si	235	Si	NEGATIVO	Si	7,34	No	Si	103	Si	Si	5,07	Si	Si	14,68	Si	Si																							
		POZO NUEVO	0,47	Si	Si	286	Si	NEGATIVO	Si	7,22	No	Si	63	Si	Si	1,28	Si	Si	3,96	Si	Si																							
		POZO 2	0,54	Si	Si	177	Si	NEGATIVO	Si	6,89	No	Si	82	Si	Si	3,36	Si	Si	2,68	Si	Si				0,011	Si	Si	0,002	Si	2,00E-04	Si	0,002	Si											
		MEZCLA DE NACIENTES CARRANZA Y RAMIREZ	1,20	No	Si	206	Si	NEGATIVO	Si	7,55	No	Si	95	Si	Si	4,80	Si	Si	16,85	Si	Si																							
		POZO 2 (NUEVO)	0,44	Si	Si	219	Si	NEGATIVO	Si	6,84	No	Si	97	Si	Si	1,28	Si	Si	3,71	Si	Si				0,033	Si	Si	0,002	Si															
		MEZCLA DE SIETE NACIENTES	0,52	Si	Si	218	Si	NEGATIVO	Si	6,80	No	Si	99	Si	Si	3,82	Si	Si	13,76	Si	Si				0,002	Si	Si	0,002	Si															
		NACIENTE FCA. TOLIN CHACON	0,33	Si	Si	188	Si	NEGATIVO	Si	6,50	No	Si	66	Si	Si																													
		NACIENTE FINCA TOLIN CHACON	0,32	Si	Si	126	Si	NEGATIVO	Si	6,32	No	Si	54	Si	Si																													
36	PORVENIR DE CARIARI DE POCOPI	POZO	3,70	No	Si	146	Si	NEGATIVO	Si	6,65	No	Si	67	Si	Si	5,00	Si	Si	3,88	Si	Si				5,00E-06	Si	Si																	
		POZO	2,80	No	Si	145	Si	NEGATIVO	Si	6,74	No	Si	64	Si	Si	6,00	Si	Si	10,25	Si	Si				0,006	Si	Si																	
		ESCUELA	0,68	Si	Si	114	Si	NEGATIVO	Si	6,56	No	Si	49	Si	Si	2,00	Si	Si	2,99	Si	Si				0,005	Si	Si																	
		POZO	7,00	No	No	151	Si	NEGATIVO	Si	6,60	No	Si	66	Si	Si	7,61	Si	Si	7,47	Si	Si				0,002	Si	Si																	
		POZO	0,57	Si	Si	170	Si	NEGATIVO	Si	6,79	No	Si	68	Si	Si	3,50	Si	Si	8,90	Si	Si				0,019	Si	Si	0,002	Si	2,00E-04	Si	0,002	Si											
37	SAN RAFAEL DE JIMENEZ DE POCOPI	NACIENTE IDA	2,50	No	Si	34	Si	NEGATIVO	Si	6,05	No	Si	26	Si	Si	1,28	Si	Si	3,80	Si	Si																							
		NACIENTE FELIX	0,39	Si	Si	81	Si	NEGATIVO	Si	6,88	No	Si	40	Si	Si	2,69	Si	Si	7,37	Si	Si																							
		POZO	24,00	No	No	147	Si	NEGATIVO	Si	7,10	No	Si	55	Si	Si	15,14	Si	Si	0,81	Si	Si				0,067	Si	Si	0,379	No	Si														
		POZO #2	0,85	Si	Si	114	Si	HIDROCARBURO	No	6,71	No	Si	50	Si	Si	4,68	Si	Si	0,81	Si	Si				0,002	Si	Si	0,100	No	Si	0,006	Si												
38	SANTA ROSA DE LA RITA	POZO	28,00	No	No	142	Si	NEGATIVO	Si	6,81	No	Si	63	Si	Si	7,00	Si	Si	3,88	Si	Si				5,00E-06	Si	Si																	
		POZO #2	36,00	No	No	191	Si	NEGATIVO	Si	6,89	No	Si	73	Si	Si	6,53	Si	Si	0,81	Si	Si				0,003	Si	Si																	
		NACIENTE F 1: LAT N: 339.600 - 390-300	1,60	No	Si	69	Si	NEGATIVO	Si	5,94	Si	Si	12	Si	Si	1,28	Si	Si	0,81	Si	Si																							
		NACIENTE F 2	1,00	No	Si	67	Si	NEGATIVO	Si	6,52	No	Si	14	Si	Si	0,00	Si	Si																										
		NACIENTE F 3	2,80	No	Si	61	Si	NEGATIVO	Si	6,20	Si	Si	14	Si	Si	0,00	Si	Si																										
		NACIENTE F 4	49,00	No	No	15	Si	NEGATIVO	Si	5,63	Si	2	Si	Si	0,00	Si	Si																											
40	SUERTE DE LA RITA	POZO	0,58	Si	Si	198	Si	NEGATIVO	Si	7,15	No	Si	84	Si	Si	1,28	Si	Si	12,57	Si	Si				0,002	Si	Si	0,002	Si	0,002	Si													
		NACIENTE 1	0,33	Si	Si	116	Si	NEGATIVO	Si	6,19	No	Si	49	Si	Si	10,00	Si	Si	6,84	Si	Si				0,000	Si	Si	0,001	Si	0,000	Si													
		NACIENTE 2	0,26	Si	Si	118	Si	NEGATIVO	Si	6,76	No	Si	51	Si	Si																													
		NACIENTE 1	0,41	Si	Si	115	Si	NEGATIVO	Si	6,74	No	Si	44	Si	Si	13,15	Si	Si	11,81	Si	Si																							
		NACIENTE 1	0,43	Si	Si			NEGATIVO	Si	6,53	No	Si	36	Si	Si	4,10	Si	Si	2,02	Si	Si				0,000	Si	Si	0,000	Si	0,00E+00	Si													
		NACIENTE 2	0,48	Si	Si			NEGATIVO	Si	6,60	No	Si	42	Si	Si	6,82	Si	Si	2,95	Si	Si				0,016	Si	Si	0,000	Si	0,00E+00	Si													
		NACIENTE 2	0,47	Si	Si	111	Si			6,65	No	Si	45	Si	Si																													
		NACIENTE 1	0,28	Si	Si	107	Si	NEGATIVO	Si	6,53	No	Si	45	Si	Si	4,92	Si	Si	3,26	Si	Si																							
		POZO	4,40	No	Si	225	Si	NEGATIVO	Si	7,65	No	Si	97	Si	Si	4,00	Si	Si	2,52	Si	Si				0,005	Si	Si																	
		ENTRADA AL FILTRO	10,00	No	No	229	Si	NEGATIVO	Si	7,62	No	Si	93	Si	Si																													
		SALIDA DEL FILTRO	0,80	Si	Si	233	Si	NEGATIVO	Si	7,78	No	Si	95	Si	Si																													
		POZO ANTES DE LA FILTRACION	9,30	No	No	144	Si			7,47	No	Si	93	Si	Si																													
		POZO DESPUES DE LA FILTRACION	0,50	Si	Si	147	Si			7,49	No	Si	95	Si	Si																													
		ENTRADA AL FILTRO (CRUDA)	13,00	No	No	214	Si	NEGATIVO	Si	7,26	No	Si	91	Si	Si																													
		DESPUES DEL FILTRO	0,60	Si	Si	222	Si	NEGATIVO	Si	7,00	No	Si	93	Si	Si																													
		POZO	6,60	No	No	230	Si	NEGATIVO	Si	7,75	No	Si				2,00	Si	Si	7,20	Si	Si																							
		POZO	0,60	Si	Si	129	Si	NEGATIVO	Si	6,76	No	Si	57	Si	Si	1,28	Si	Si	2,51	Si	Si																							
		POZO	0,30	Si	Si	170	Si	NEGATIVO	Si	7,91	No	Si	57	Si	Si	5,54	Si	Si	0,81	Si	Si																							
		POZO	8,70	No	No	236	Si	NEGATIVO	Si	7,83	No	Si	96	Si	Si	1,82	Si	Si	0,81	Si	Si																							
		POZO	7,80	No	No	267	Si	NEGATIVO	Si	7,20	No	Si	92	Si	Si	6,37	Si	Si	0,81	Si	Si																							



---

ANEXO 6

CUADRO RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS DE PROTECCIÓN Y CALIDAD DEL  
RECURSO HÍDRICO. Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585

<b>TÍTULO IV: PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y SANCIONES</b> <b>CAPÍTULO I: ÁREAS DE PROTECCIÓN</b>	
ARTÍCULO 117.- Áreas de protección del recurso hídrico	<p>Se declaran áreas de protección del recurso hídrico las siguientes:</p> <p><b>a)</b> Las <b>extensiones de terreno que bordeen nacientes permanentes e intermitentes, definidas por el área equivalente a un radio de cien metros medidos en la horizontal a partir de la naciente como punto de referencia.</b> Se podrá ampliar la extensión y modificar la ubicación y distribución de esta área en el campo cuando medie un estudio técnico fundamentado que lo justifique. Esto será de aplicación en zona rural y urbana.</p> <p><b>b)</b> Las extensiones de terreno que bordeen nacientes permanentes e intermitentes, cuando se destinen al <b>abastecimiento poblacional</b>, definidas por el área equivalente a un <b>radio de doscientos metros</b> medidos en la horizontal a partir de la naciente como punto de referencia. Se podrá ampliar la extensión y modificar la ubicación y distribución de esta área en el campo cuando medie un estudio técnico fundamentado que lo justifique. Esto será de aplicación en zona rural y urbana.</p> <p><b>c) Una franja de quince metros</b> en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, permanentes e intermitentes, si el terreno es plano y de <b>cincuenta metros horizontales si el terreno es quebrado.</b> Si el terreno tiene una pendiente promedio superior al cuarenta por ciento (<b>40%</b>), será la franja equivalente a la <b>hipotenusa</b> resultante de la medición horizontal de <b>cincuenta metros</b> a partir de la ribera. La ribera del cauce se determinará a partir del terreno que cubren las aguas en los períodos de las mayores crecientes ordinarias.</p> <p><b>d)</b> Un área de <b>cincuenta metros</b> medida horizontalmente en las riberas de <b>los lagos y lagunas naturales y embalses artificiales</b> construidos por el Estado y sus instituciones.</p> <p><b>e) Las áreas de recarga acuífera y las identificadas como vulnerables sobre los acuíferos, declaradas por la Dirección Nacional del Recurso Hídrico.</b> ...</p> <p><b>f)</b> Los veinte metros, como mínimo, alrededor de zonas de bosques anegados.</p> <p><b>g)</b> La franja de doscientos metros medidos horizontalmente a ambos lados de las ribera de los ríos en la zona de las rías, medidas a partir de la desembocadura con el mar y hasta donde se marque la línea de influencia de la marea alta. ...</p> <p><b>h)</b> Las áreas que <b>bordeen los pozos</b> (públicos?) en un <b>radio de treinta metros</b> en la zona urbana, <b>cuarenta metros</b> en la zona rural, así como cincuenta metros de radio en zonas de comprobada vulnerabilidad. La Dirección Nacional del Recurso Hídrico podrá modificar la ubicación, extensión y distribución de esta zona en el campo cuando medie un estudio técnico fundamentado que lo justifique. ...</p> <p>Los alineamientos correspondientes serán establecidos por la Dirección Nacional del Recurso Hídrico.</p>
ARTÍCULO 118.- Limitaciones de las áreas de protección	<p>... Dentro de las áreas de protección contempladas en los incisos b), c), d), f) y g) del artículo anterior se prohíbe la corta o eliminación de árboles y vegetación, así como cualquier tipo de construcción o actividad, salvo que estas últimas las mismas tengan como propósito la protección y recuperación del recurso, ...</p>

ANEXO 6

CUADRO RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS DE PROTECCIÓN Y CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO. Proyecto de Ley de Recurso Hídrico N° 14585 (continuación)

ARTÍCULO 121. Terrenos públicos	<b>Las municipalidades, instituciones autónomas y cualquier otra entidad pública</b> que sea propietaria de terrenos en que existan aguas superficiales, subterráneas y áreas de recarga acuífera, <b>están obligadas</b> a realizar las demarcatorias de las áreas de protección que indica esta ley, además de la consignación, rectificación registral o catastral correspondientes.
ARTÍCULO 122. Obligación de reposición de la cobertura forestal, boscosa y vegetal	Todo propietario o poseedor de terrenos atravesados o colindantes con ríos, quebradas, arroyos, riachuelos, o aquellos en los cuales existan manantiales o nacientes y hubiera sido eliminada la cobertura arbórea y vegetal en las áreas de protección, <b>está obligado a reforestar o permitir la regeneración natural de dichas áreas en todo el trayecto y su curso para lo cual utilizará especies nativas.</b>
ARTÍCULO 126. Excepciones a las prohibiciones en áreas de recarga	<b>b)</b> Las segregaciones de fincas que pretendan unidades con un mínimo por lote de cinco hectáreas, <b>o en divisiones menores cuando los propietarios del inmueble objeto de segregación se sometan voluntariamente al régimen forestal.</b>
ARTÍCULO 129. Servidumbres ecológicas	Los propietarios de bienes inmuebles que constituyan esta servidumbre tendrán <b>prioridad en la asignación de recursos por pago de servicios ambientales.</b>
<b>CAPÍTULO III: MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA</b> <b>Sección I: Aspectos Generales</b>	
ARTÍCULO 151. Acreditación de laboratorios	Los laboratorios que realicen los análisis físicos, químicos y biológicos de aguas deberán estar acreditados ante el Ente Costarricense de Acreditación e inscritos en el Registro Nacional de Aprovechamiento de Aguas y de los Cauces ...
ARTÍCULO 152. Contaminación por fuente difusa	Constituyen entes generadores de contaminación difusa del recurso hídrico las actividades agropecuarias que se desarrollen en zonas contiguas a fuentes de agua, que utilicen en sus cultivos agroquímicos, productos tóxicos peligrosos o descargas capaces de contaminar las fuentes superficiales o subterráneas de agua. Igualmente se consideran como tales <b>las actividades agropecuarias que por sus prácticas de cultivo y topografía del terreno, puedan contaminar las fuentes superficiales por efectos de la escorrentía y erosión del suelo.</b>
ARTÍCULO 154. Obligaciones	... todo ente generador de contaminación por fuente difusa tendrá las siguientes obligaciones: <b>a)</b> Respetar las áreas de protección de las fuentes de agua en las cuales no podrán llevarse a cabo labores de cultivo de productos agrícolas. <b>c)</b> Realizar muestreos y análisis físico, químico y orgánico en las fuentes de agua y suelos en los que se evalúen las concentraciones de agroquímicos y sedimentos, en caso de ser requerido por el Organismo de Cuenca. <b>e)</b> Cumplir con las medidas de prevención o mitigación de impacto ambiental que sean pertinentes.