

REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
**Carlos Rodado Noriega, Ministro**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO - MINERAS  
**Alfonso López Reina, Director General**

**HIDROGEOLOGIA DE LOS VALLES DE  
UBATE Y CHIQUINQUIRA**

Informe No. 1852

Por:

HANNEKE VERWEY DE SPEELMAN

CONVENIO ENTRE LOS GOBIERNOS DE COLOMBIA Y HOLANDA  
PROYECTO:  
"ESTUDIO DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LOS VALLES DE UBATE Y CHIQUINQUIRA"

Directores del Proyecto:

FRANCISCO MOSQUERA M. - INGEOMINAS, COLOMBIA

HUGO R. SCHOUTE - T. N.O., HOLANDA

**Volumen 25 - No. 1, pp. 1 - 59, 1982**  
**Bogotá - Colombia**  
**ISSN - 0120 - 1425**

**Bol. Geol.**  
**Ingeominas**

Derechos Reservados por:  
INGEOMINAS: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras  
Diag. 53 No. 34-53, Apartado Aéreo No. 4865  
Bogotá, 2, D.E., Colombia S. A.

El Boletín Geológico se publica en tres (3) números cada año.  
Formato de publicación 17 x 24 cm

Editor:

ALBERTO VILLEGAS BETANCOURT  
Geólogo

---

Precio de cada ejemplar:	En Ingeominas	\$ 200.00	(US \$ 5.00)
	Vía Aérea	\$ 250.00	(US \$ 6.50)

Editado e impreso por Ingeominas

**CONTENIDO**

	<u>Página</u>
<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	7
1.1. GENERALIDADES .....	7
1.2. OBJETIVOS .....	7
1.3. METODO DE TRABAJO .....	7
1.4. INVESTIGACIONES ANTERIORES .....	7
1.5. LOCALIZACION DEL AREA .....	7
<b>2. GEOGRAFIA FISICA</b> .....	8
2.1. GEOMORFOLOGIA .....	8
2.2. CLIMA Y METEOROLOGIA .....	8
2.3. HIDROLOGIA .....	11
<b>3. GEOLOGIA</b> .....	11
3.1. ESTRATIGRAFIA .....	12
3.1.1. FORMACION SAN GIL (Ksi) .....	12
3.1.2. FORMACION ARENISCA DE CHIQUINQUIRA (Kschi) .....	12
3.1.3. FORMACION CHIPAQUE (Ksc) .....	12
3.1.4. FORMACION GUADALUPE (Ksg) .....	14
3.1.5. FORMACION GUADUAS (Tkg) .....	14
3.1.6. ARENISCA DEL CACHO (Tpc) .....	14
3.1.7. FORMACION BOGOTA (Tb) .....	14
3.1.8. DEPOSITOS CUATERNARIOS (Qfl, Qa, Qe) .....	14
3.2. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS .....	15
<b>4. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS E HIDROGEOQUIMICAS</b> ..	15
4.1. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION SAN GIL .....	18
4.2. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION ARENISCA DE CHIQUINQUIRA .....	18
4.3. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION CHIPAQUE .....	18
4.4. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION GUADALUPE .....	19
4.5. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION GUADUAS .....	20
4.6. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA ARENISCA DEL CACHO .....	20
4.7. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION BOGOTA .....	20
4.8. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LOS DEPOSITOS CUATERNARIOS .....	20
4.9. CARACTERISTICAS HIDROGEOQUIMICAS .....	22
<b>5. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA</b> .....	23
5.1. INVENTARIO DE LOS POZOS, ALJIBES Y MANANTIALES .....	23
5.2. RECARGA DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA .....	24
5.3. MOVIMIENTO DE AGUA EN EL SISTEMA DE AGUA SUBTERRA- NEA .....	26
5.4. DESCARGA DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA .....	27
5.4.1. DESCARGA NATURAL .....	27

5.4.2. DESCARGA ARTIFICIAL . . . . .	28
<b>6. CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>7. RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .</b>	<b>33</b>

#### PLANCHAS

1. Mapa Geológico y localización de pozos, aljibes y manantiales, esc: 1:50.000, 2 hojas . . . . . (en bolsillo)	
2. Mapa hidrogeológico, esc: 1:100.000 . . . . . (en bolsillo)	
3. Mapa de resistividades geoelectricas de los niveles acuíferos cuaternarios, esc: 1:100.000 . . . . .	20 - 21
4. Mapa de niveles piezométricos medidos en pozos . . . . .	26 - 27
5. Mapa de niveles freáticos medidos en aljibes . . . . .	26 - 27

#### FIGURAS

1. Localización del área de estudio . . . . .	9
2. Precipitación media mensual (1966 - 1978) . . . . .	10
3. Localización de 18 pozos profundos . . . . .	25

#### TABLAS

1. Características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de las unidades estratigráficas . . . . .	13
2. Pozos profundos construidos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá durante el Proyecto . . . . .	16
3. Capacidades de los pozos profundos . . . . .	17
4. Caudales producidos por algunos pozos que drenan horizontes acuíferos del relleno cuaternario de la altiplanicie . . . . .	30

#### ANEXOS

1. Inventario de los pozos, aljibes y manantiales en los valles de Ubaté y Chiquinquirá . . . . .	35
2. Niveles del agua subterránea en el área de Ubaté y Chiquinquirá en metros sobre el nivel del mar . . . . .	54
3. Profundidades y espesores de los niveles acuíferos en el relleno cuaternario de la altiplanicie de Ubaté y Chiquinquirá . . . . .	59

**INFORMES QUE COMPRENDEN LAS INVESTIGACIONES EJECUTADAS EN EL  
PROYECTO "ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LOS  
VALLES DE UBATE Y CHIQUINQUIRA**

No. INFORME INGEOMINAS	TITULO	AUTOR (ES)
1827	Hidrogeología de los valles de Ubaté y Chiquinquirá	Serrano, Sergio y Jousma, Gerrit (1980)
1830 ✓	Geología de las áreas de Ubaté y Chiquinquirá	Vásquez, Luis (1981)
1840 ✓	Hidroquímica de los valles de Ubaté y Chiquinquirá	Corrales, Badel y Verwey de Speelman, Hanneke (1981)
1842	Perforación de pozos profundos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá.	Castellanos, Miguel (1981).
1843	Geofísica de los valles de Ubaté y Chiquinquirá	Carreño, Jorge y Vázquez, Luis (1981)
*1852 ✓	<b>Hidrogeología de los valles de Ubaté y Chiquinquirá</b>	<b>Verwey de Speelman, Hanneke (1981a).</b>
1854 ✓	Pruebas de bombeo en los pozos profundos de los valles de Ubaté y Chiquinquirá	Schuchmann, Bert (1981a).
1855	Explotación de agua subterránea con pozos profundos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá	Schuchmann, Bert (1981b).
1856 ✓	Síntesis del estudio de aguas subterráneas en los valles de Ubaté y Chiquinquirá (Colombia)	Verwey de Speelman, Hanneke (1981b).

\* Informe que se presenta en esta publicación.

## RESUMEN

Este estudio hidrogeológico forma parte del proyecto "Estudio de aguas subterráneas en los valles de Ubaté y Chiquinquirá", ejecutado por la División de Hidrogeología de Ingeominas (Colombia) en colaboración con el Servicio de Investigaciones de Aguas Subterráneas de la TNO (Holanda).

Con base en los datos ya suministrados por las investigaciones ejecutadas en este proyecto, como son los datos geológicos, geoelectrónicos, hidroquímicos, hidrológicos, climatológicos, y los resultados de las pruebas de bombeo realizadas en los pozos perforados durante el proyecto, además de los datos suministrados por el inventario de los pozos, aljibes y manantiales de la región en estudio, así como las medidas de niveles de agua subterránea, se clasifica el subsuelo del área en mención según las características hidrogeológicas (Capítulo 4) y se da una descripción del sistema de agua subterránea (Capítulo 5). La evaluación del recurso de agua subterránea se presenta principalmente en una forma cualitativa; la información disponible en la actualidad no justifica conclusiones cuantitativas respecto a las posibilidades generales para explotar las aguas subterráneas en el área estudiada. Los resultados de este estudio están presentados en gran parte en el mapa hidrogeológico.

En el área de Ubaté y Chiquinquirá se encuentran sedimentos del Cuaternario y rocas sedimentarias del Terciario y Cretáceo, que se pueden dividir en tres clases de unidades hidrogeológicas (I, II, III).

La clase I representa los sedimentos no consolidados del Cuaternario. Dentro de esta clase las unidades hidrogeológicas  $I_1$  y  $I_2$  se refieren a partes de los depósitos fluvio-lacustres cuaternarios en las cuales se pueden encontrar niveles acuíferos semiconfinados que son explotables mediante pozos.

La clase II se refiere a las rocas consolidadas del Terciario y Cretáceo, y está subdividida en dos unidades hidrogeológicas ( $II_1$  y  $II_2$ ). La unidad  $II_1$  indica los acuífe-

ros compuestos por las areniscas permeables de la Arenisca del Cacho y los Miembros Arenisca Tierna y Arenisca del Raizal de la Formación Guadalupe, que pueden ofrecer posibilidades económicas de explotación de agua subterránea mediante pozos. Toda la Formación Arenisca de Chiquinquirá se clasifica como la unidad  $II_2$ ; el Nivel Medio de esta formación forma un acuífero de arenisca fracturada que se considera explotable por medio de pozos.

A la clase III, pertenecen también rocas consolidadas del Terciario y Cretáceo. Al contrario de la clase II, la clase III representa solamente unidades geológicas que se clasifican en su mayor parte como acuitardos, los cuales se tienen en poca consideración para explotaciones futuras del agua subterránea mediante pozos. Se refiere esta clase a las siguientes unidades geológicas: la Formación Chipaque ( $III_1$ ); el Miembro Arenisca de Labor y Plaeners de la Formación Guadalupe ( $III_2$ ); las Formaciones Bogotá y Guaduas ( $III_3$ ); el Miembro Los Pinos de la Formación Guadalupe y la Formación San Gil ( $III_4$ ).

Las mejores posibilidades de explotación de aguas subterráneas se encuentran en los acuíferos del Cuaternario (Unidades  $I_1$  y  $I_2$ ) al este de Ubaté, al oeste del Boquerón de Lenguaque, al este de Simijaca y al este-noreste de Chiquinquirá. La producción por pozo es de más de 1 litro por segundo en el caso de la unidad  $I_1$ , y menos de un litro por segundo en el caso de la unidad  $I_2$ .

Por lo general la concentración de hierro de las aguas subterráneas es alta y por lo tanto es necesario un tratamiento para garantizar su potabilidad.

El potencial del área de estudio en aguas subterráneas es limitado y no se presta para explotaciones a grande escala. Sin embargo es suficiente en algunos casos para abastecer de agua potable a pequeñas concentraciones de población.

Se recomiendan unas investigaciones adicionales para mejorar el conocimiento del recurso.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. GENERALIDADES

En el siguiente trabajo se presenta el estudio hidrogeológico que forma parte del proyecto "Estudio de aguas subterráneas en los valles de Ubaté y Chiquinquirá".

Este proyecto, iniciado en enero de 1979, se realizó de acuerdo con el Convenio celebrado entre los gobiernos de Colombia y Holanda sobre "Cooperación Técnica Bilateral entre la República de Colombia y El Reino de los Países Bajos (Holanda), firmado el 21 de abril de 1978 y como parte del Plan General de Operaciones para la utilización de estos Recursos, suscrito por estos mismos gobiernos.

Las entidades ejecutoras del proyecto fueron la División de Hidrogeología del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS) por Colombia, y el Servicio de Investigaciones de Aguas Subterráneas de la Organización de Ciencia Natural Aplicada (TNO) de Holanda. El proyecto fue dirigido por Francisco Mosquera por parte de Colombia, y Hugo Schoute por parte de Holanda.

### 1.2. OBJETIVOS

Los objetivos principales del proyecto "Estudio de aguas subterráneas en los valles de Ubaté y Chiquinquirá", son:

- Evaluar el potencial de agua subterránea de estas áreas para que sirva de base a los planteamientos de desarrollo socio-económico de la región.
- Suministrar agua potable a las poblaciones que carecen de este servicio y reforzar la utilización del recurso superficial cuando éste es deficitario.

### 1.3. METODO DE TRABAJO

Para el logro de los objetivos se han realizado estudios geológicos, geofísicos, hidrológicos, hidroquímicos e hidrogeológicos, con ayuda de la perforación y construcción de pozos profundos. Al comienzo de este

informe se presenta una lista de los diversos trabajos que se refieren a estos estudios.

El presente estudio hidrogeológico está basado en el reconocimiento de los recursos hídricos subterráneos del área estudiada y para tal fin se ha hecho uso, entre otros, de los datos ya suministrados por las diferentes investigaciones ejecutadas dentro del área del proyecto y que hemos relacionado anteriormente. Así, los datos geológicos y geofísicos como los de las perforaciones dieron base para una determinación cualitativa de las formaciones acuíferas potenciales; los datos sobre las pruebas de bombeo dieron los parámetros para describir las características hidrogeológicas de algunas unidades geológicas en forma cuantitativa, los datos climatológicos e hidrológicos dieron las indicaciones sobre las posibilidades de recarga de los acuíferos y los datos hidroquímicos de agua subterránea informaron sobre aspectos de su potabilidad para los diferentes usos.

### 1.4. INVESTIGACIONES ANTERIORES

En la región de Ubaté y Chiquinquirá se llevaron a cabo durante el período 1949 a 1954 diferentes estudios locales de aguas subterráneas, en los cuales se investigaron principalmente las posibilidades acuíferas de los sedimentos cuaternarios de la altiplanicie, indicando también los sitios más favorables para perforar pozos de producción (DIEZEMANN, W., 1949a, 1949b, 1949c, 1952, 1953; DIEZEMANN, W., y LOPEZ CASAS, J., 1954; HUBACH, E. 1953).

Diezeman realizó en 1959 (Informe 716) un estudio regional denominado "Las aguas subterráneas de la altiplanicie de Ubaté - Chiquinquirá". Este estudio da descripciones geológicas e hidrogeológicas de las distintas unidades geológicas que se pueden encontrar en los valles de Ubaté y Chiquinquirá, y propone maneras para explotar el agua subterránea almacenada.

### 1.5. LOCALIZACION DEL AREA

Los valles de Ubaté y Chiquinquirá, que ocupan una superficie aproximada de 1750 km<sup>2</sup>, forman parte de la Cordillera

Oriental y se hallan a unos 100 km al noreste de Bogotá (Fig. 1). En su mayor parte los valles se encuentran en el Departamento de Cundinamarca. Solo la parte noreste del valle de Chiquinquirá está en el Departamento de Boyacá.

La región en estudio constituye, junto con la Sabana de Bogotá, el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR).

## 2. GEOGRAFIA FISICA

### 2.1. GEOMORFOLOGIA

Según Vásquez (1981) se puede dividir la región de los valles de Ubaté y Chiquinquirá en dos zonas: una zona plana y la otra montañosa (Pl. 1). En el centro de esta área, a 2.540 m sobre el nivel del mar, se encuentra la altiplanicie de Ubaté y Chiquinquirá, cuyo subsuelo consta principalmente de sedimentos lacustres del Cuaternario. Dentro de esta zona plana hay algunas colinas aisladas de elevación máxima de 50 m con relación al terreno plano circundante.

La altiplanicie en general está rodeada por montañas de más de 3.200 m de altitud. En las montañas afloran las rocas sedimentarias del Cretáceo y Terciario. Las estructuras geológicas, como anticlinales y sinclinales, y la degradación diferencial de las capas duras (areniscas) y blandas (arcillolitas) de las rocas cretáceas y terciarias, determinan en gran parte la topografía dentro de la llamada zona montañosa, donde se pueden apreciar los valles anticlinales (de los anticlinales de Tausa y de Tinjacá), los valles sinclinales (de los sinclinales de la Isla, Ráquira, Neusa, Aposentos), una cresta anticlinal (anticlinal del Santuario), y como formas más comunes los valles homoclinales que se desarrollan en los flancos de los anticlinales y sinclinales, debidos a degradaciones diferenciales (VASQUEZ, L., 1981).

### 2.2. CLIMA Y METEOROLOGIA

En la región de Ubaté y Chiquinquirá se presenta principalmente un clima húmedo

de tierra fría y páramo bajo ([G] Fn), (Clasificación según Köppen, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1977). y solo en sus partes de altura superior a 3.100 m, se halla un clima de alta montaña tropical con temperatura inferior a 10°C ([H] bn).

Serrano, Sergio y Jousma, Gerrit (Inf. 1827, 1980) hicieron un estudio hidrológico de esta región, para el cual procesaron diferentes datos meteorológicos, medidos en el período 1966 - 1978 por la CAR en sus estaciones meteorológicas que se hallan instaladas en el área de estudio.

En cuanto a la temperatura del aire, observaron que, en el área plana de los valles de Ubaté y Chiquinquirá, la temperatura media anual varía entre 12 y 13°C (1966-1978), mientras que en las zonas montañosas la temperatura media desciende con la altitud desde 13,3°C a 2650 m hasta 9,5°C a 3100m. Las variaciones mensuales y anuales de la temperatura son pequeñas.

Se calculó una precipitación media anual de 1053 mm (promedio del período 1973 - 1978). Dentro del área estudiada existen grandes diferencias en el valor de precipitación anual: en la altiplanicie las precipitaciones anuales crecen desde valores de unos 700 mm sur de la Laguna de Fúquene, hasta los valores de 1000 - 1100 mm al norte de la laguna. En la región montañosa se encuentran aún valores mayores, superiores a 1500 mm, a alturas de 3200 m sobre el nivel del mar. En la Figura 2 se presenta la precipitación media mensual (1966 - 1978) medida en ocho diferentes estaciones meteorológicas. Esta figura muestra claramente la existencia de dos períodos húmedos (marzo a junio y septiembre a noviembre) y dos períodos secos (julio a agosto y diciembre a febrero) que existen dentro de un año.

La evaporación medida mediante tanques en cinco estaciones meteorológicas, tiene un valor medio anual de 1000 - 1250 mm (1973-1977). En el Informe 1827 de Serrano y Jousma, se dan valores de la evaporatranspiración potencial (ETP) calculados por medio del método de Thornthwaite, el cual se

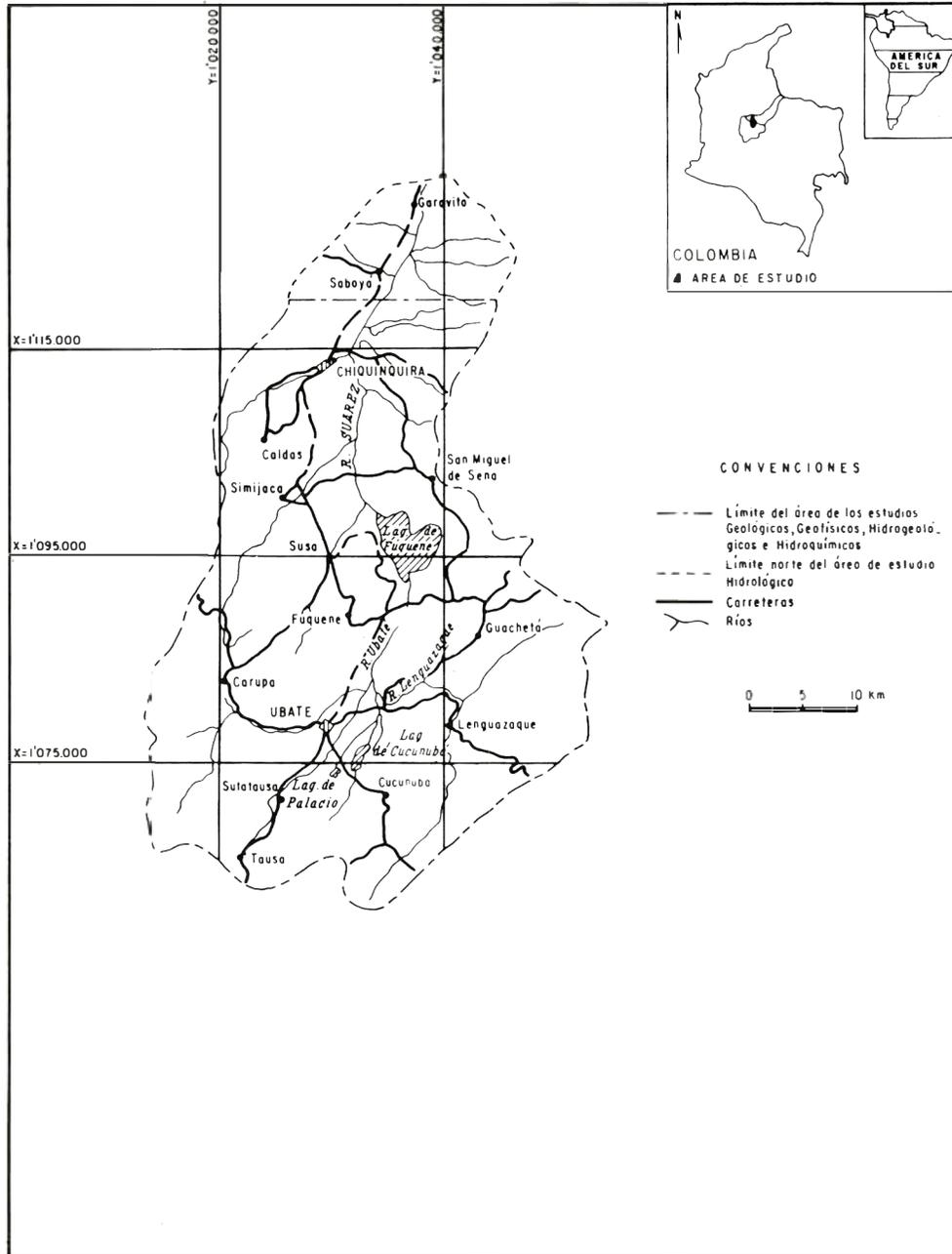


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

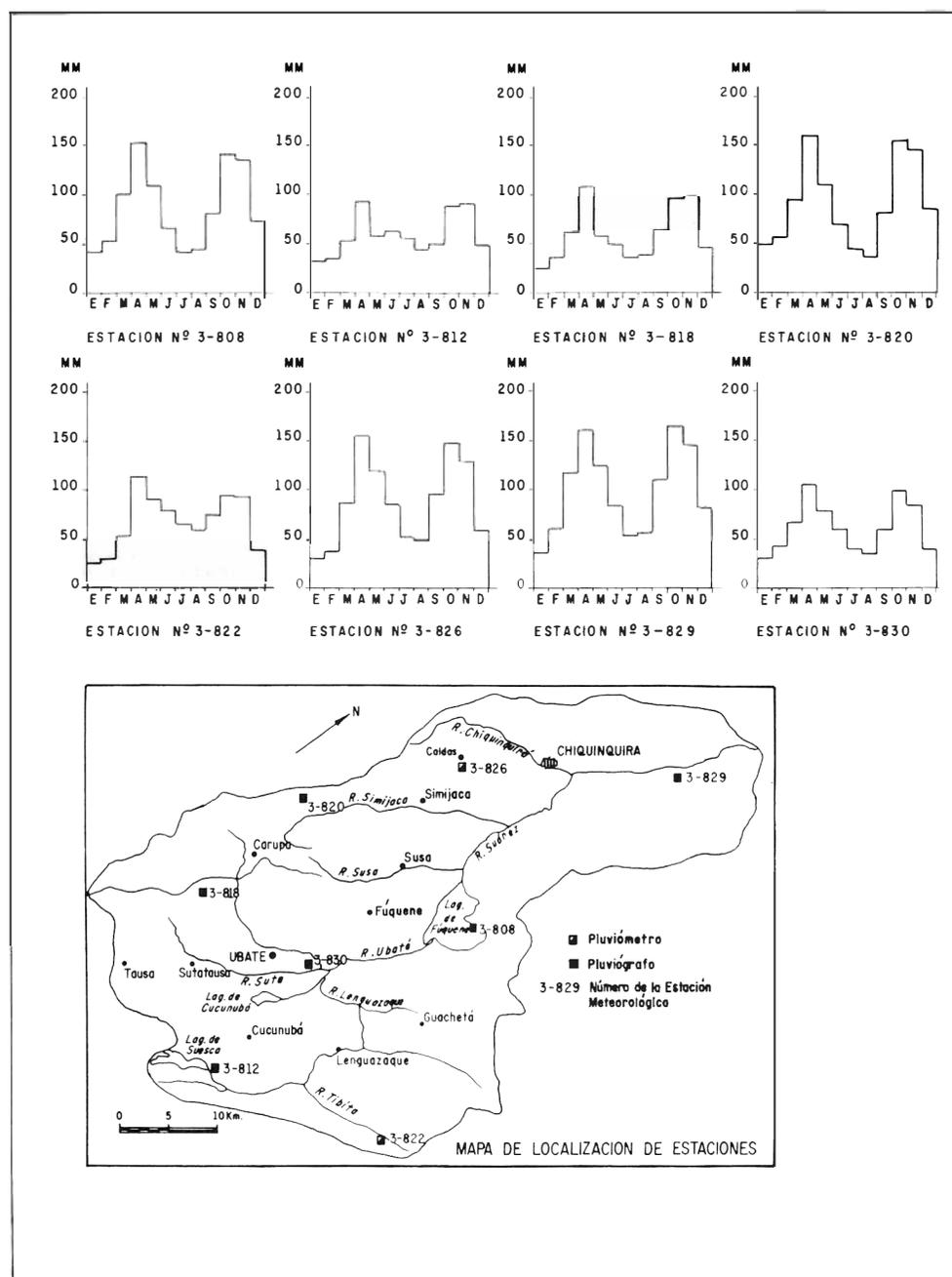


FIGURA 2. Precipitación media mensual (1966 - 1978). (Datos según Jousma, 1980).

basa en datos de temperatura del aire. Debido a que la temperatura muestra pocas variaciones en un año, la evaporatranspiración potencial que se calculó solamente varía entre 47 y 55 mm/mes, o sea entre 560 y 660 mm/año (1973-1977). Se deben considerar estos valores mínimos de ETP.

Serrano y Jousma también calcularon un valor medio anual para la evaporatranspiración real (ETR) mediante el balance hídrico de toda el área,  $\overline{ETR} = \overline{P} - \overline{R}$  ( $\overline{P}$  = precipitación media;  $\overline{R}$  = caudal medio), es decir, 828 mm/año (promedio del período marzo 1973-febrero 1978). Se observa que este valor de la ETR sobrepasa el valor de la ETP; probablemente la evaporatranspiración real de 828 mm es un valor demasiado alto. Sin embargo, es evidente que la precipitación efectiva media anual, la cual representa la parte de la precipitación que se convierte en corriente superficial y subterránea, y por eso es un factor importante para la hidro(geo)logía, tiene un valor positivo en los valles de Ubaté y Chiquinquirá (por lo menos  $\overline{P} - \overline{ETR} = 1052 - 828 = 225$  mm/año).

### 2.3. HIDROLOGIA

El área de estudio corresponde a la cuenca alta del río Suárez. En la parte plana de los valles de Ubaté y Chiquinquirá se encuentran tres lagunas: laguna de Palacio, laguna de Cucunubá y laguna de Fúquene, que pueden considerarse como restos de un desaparecido lago de altiplanicie (DIEZEMANN, 1950). Parcialmente las escorrentías superficiales que fluyen de las montañas alimentan estas lagunas. El relleno o colmatación de las lagunas por el aporte de sedimentos, plantea un problema grave (CAR, 1967). Las pequeñas lagunas de Palacio y Cucunubá desaguan mediante dos canales en el río Lenguazaque. La laguna de Fúquene recibe aguas del río Ubaté, el cual en unión con sus afluentes principales (el río Suta y el río Lenguazaque) drena la parte sur del área en investigación. A partir de la laguna de Fúquene fluye el río Suárez hacia el norte; sus afluentes, los ríos Susa, Simijaca, Chiquinquirá y Madrón, drenan la región montañosa en la parte norte del área.

Mediante el análisis de los hidrogramas de algunos ríos y los datos del balance hídrico de las cuencas de los mismos en el área estudiada, Serrano Sergio y Jousma Gerrit (1980) determinaron los siguientes parámetros hídricos: el coeficiente de escorrentía ( $r$  = parte de la precipitación total en una cuenca que sale como descarga por los ríos); el factor de reacción ( $\alpha$  = parámetro de las características de drenaje) y el coeficiente de infiltración ( $i$  = parte del exceso de la precipitación sobre la evaporatranspiración real que infiltra en el suelo).

El coeficiente de escorrentía se calculó en 0,21 para toda la cuenca alta del río Suárez. En la parte sur y suroccidental de la zona montañosa se encuentran valores de 0,28 - 0,30, y en la parte occidental de la misma el coeficiente de escorrentía es de 0,37 - 0,41.

El factor de reacción en la cuenca del río Chiquinquirá es de 1,308/mes, lo cual indica una alta intensidad de drenaje. Este factor es mucho menor para las cuencas del río San José (0,39/mes), río Carupa (0,276/mes) y río Lenguazaque (0,127/mes).

El coeficiente de infiltración se calculó solamente para cuatro cuencas en la zona montañosa. Las condiciones de infiltración son relativamente buenas en las cuencas de los ríos Carupa ( $i = 0,360$ ) y San José ( $i = 0,370$ ).

Estas condiciones son menos favorables en la cuenca del río Lenguazaque ( $i = 0,155$ ) y en la del río Chiquinquirá ( $i = 0,170$ ).

### 3. GEOLOGIA

Para evaluar los recursos hídricos subterráneos de un área, la información geológica es indispensable. La descripción litológica de los diferentes tipos de roca suministra la información sobre la porosidad y una indicación de la permeabilidad de los mismos (la porosidad efectiva determina la cantidad de agua que se puede encontrar en un cierto tipo de roca, y la permeabilidad determina la

facilidad para transmitir y proporcionar agua). La estratigrafía, junto con la geología estructural, pueden dar la posición y el espesor de zonas acuíferas, acuitardas y acuícludas; la geología estructural es también útil para localizar zonas fracturadas, o sea zonas posiblemente favorables para explotación del agua subterránea.

La descripción de las características geológicas del área de investigación que se da en este capítulo, se basa principalmente en el Informe 1830 de Vásquez, Luis, 1981.

En los valles de Ubaté y Chiquinquirá afloran rocas sedimentarias cretáceas y terciarias y sedimentos inconsolidados del Cuaternario (Pl.1). De la base al techo se encuentran las rocas sedimentarias de las formaciones San Gil, Arenisca de Chiquinquirá, Chipaque y Guadalupe, que pertenecen a la facies miogeosinclinal del geosinclinal cretáceo andino. A partir del Maestrichtiano la sedimentación ocurre en un ambiente de transición (Formación Guaduas) a continental (Arenisca del Cacho, Formación Bogotá, Depósitos Cuaternarios). Las rocas sedimentarias y los sedimentos inconsolidados han sido objeto de movimientos tectónicos de distintas intensidades.

En el área estudiada se encuentra predominantemente una tectónica de plegamiento, mostrando un rumbo general NNE-SSW, con movimientos de subsidencia y levantamiento.

### 3.1. ESTRATIGRAFIA

Se describen sucintamente las diferentes unidades geológicas presentes en los valles de Ubaté y Chiquinquirá, comenzando por la Formación San Gil, la más antigua, perteneciente al Albiano (Tab. 1).

#### 3.1.1. FORMACION SAN GIL (Ksi)

Esta formación aflora desde el oeste de Fúquene hasta el noreste de San Miguel de Sema (Pl. 1). La formación está compuesta por 150 m de lutitas con algunas capas de arenisca ligeramente friable, de grano

medio, con espesor de 0,20 - 0,60 m. Las lutitas y areniscas se depositaron en un ambiente marino poco profundo. La edad de la Formación San Gil es Albiano medio a superior.

#### 3.1.2. FORMACION ARENISCA DE CHIQUINQUIRA (Kschi)

Esta formación aparece en superficie al oeste de Simijaca y desde Ubaté hasta el noreste de Chiquinquirá (Pl.1). En la Formación Arenisca de Chiquinquirá se distinguen tres niveles:

- El Nivel Inferior, de 101 m, que consta de arcillolitas con intercalaciones de arenisca, principalmente arcillosa friable.
- El Nivel Medio, de 185 m, compuesto predominantemente por arenisca cuarzosa y compacta de grano fino y fino a medio, con diaclasas rellenas con sílice.
- El Nivel Superior, de 162 m, constituido por arcillolita con algunas intercalaciones de arenisca arcillosa.

El ambiente de deposición de esta formación de edad Cenomaniano, es sublitoral.

#### 3.1.3. FORMACION CHIPAQUE (Ksc)

Esta unidad ocupa gran parte de la superficie del área estudiada desde Tausa hasta el noreste de Chiquinquirá (Pl.1). Se divide la formación en tres conjuntos:

- El Conjunto Inferior compuesto por 693 m de arcillolita y limolita, con intercalaciones de arenisca cuarzosa.
- El Conjunto Intermedio (horizonte de la Frontera) constituido por 67 m de limolita silíceas y arcillolita con nódulos arcillosos y piritosos presentando un sistema de diaclasas.

UNIDAD ESTRATIGRAFICA	EDAD	ESPESOR m.	COMPOSICION LITOLÓGICA	AMBIENTE DE DEPOSICION	CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS	CARACTERISTICAS HIDROGEOQUIMICAS				
						TIPO DE AGUA	Conductividad en cm la 25°C	Dureza total en CO <sub>2</sub> Ca p.p.m	Concent. en salm.	Cantidad de Anal Quím.
DEPOSITOS CUATERNARIOS	Holoceno	Variable	Arcillas, arenas y gravas	Continental (fluvial)	Acuíferos locales					
		<40	Bloques de arenisca en matriz areno - arcillosa.	Continental (euvial)	Acuíferos locales					
		<400	En el techo: capas arcillosas de espesores variables. En el fondo: conjunto de arcillas, arenas y gravas; con materia orgánica.	Continental (fluvial y lacustre)	Niveles acuíferos, muchas veces semi-confinados, de espesor y extensión variable.	Principalmente agua bicarbonatada con calcio, magnesio o sodio como catión Principal; además agua clorurada	235-1718	76 - 480	<125	39
FORMACION BOGOTA	Paleoceno	600	Arcillolitas con intercalaciones de arenisca arcillosa, yeso y carbón en venas.	Continental (lagunar y paludal)	Acuitardo	Agua sulfatada sódica	831	55	0.08	1
ARENISCA DEL CACHO	Paleoceno	88	Areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomerático.	Continental (fluvial)	Acuífero	Agua bicarbonatada magnésica - cálcica	138	62	0.13	1
FORMACION GUADUAS	Maestrich. Sub. Paleoceno	770	Arcillolitas con algunas intercalaciones de arenisca y mantos de carbón.	Marino a Continental (Ambiente de transición)	Acuitardo	Agua sulfatada magnésica	860 > 8000	329 > 3000	0.15-155	2
FORMACION GUADALUPE	Maestrich. Sub. Paleoceno	257	Areniscas cuarzosas friables de grano medio.	Marino	Acuífero					
		113	Arcillolitas con intercalaciones de limolita.	Marino	Acuitardo	Agua bicarbonatada magnésica	82 - 120	29 - 86	0.06-0.38	4
		104	20 m: Areniscas cuarzosas de grano medio. 76 m: Limolitas silíceas con intercalaciones de shale.	Marino	Acuífero pobre Acuitardo					
		75 - 150	Areniscas cuarzosas de grano fino con algunas intercalaciones de arcillolita.	Marino	Acuífero					
FORMACION CHIPAGUE	Turoniano - Coniaciano	1.287	Shale con algunas intercalaciones de arenisca, caliza y limolita.	Marino (plataforma)	En mayor parte un acuitardo; los niveles de arenisca y caliza forman horizontes acuíferos (pobres).	Varios tipos de agua: agua bicarbonatada cálcica, agua clorurada, agua sulfatada y sódica	54-1107	22-240	0.02-0.75	11
		67	Limolitas silíceas y arcillolitas.	Marino (plataforma)	Acuitardo					
		693	Arcillolitas y limolitas con intercalaciones de arenisca cuarzosa.	Marino (plataforma)	En mayor parte un acuitardo.					
FORMACION ARENISCA DEL CHIQUINQUIRA	Cenomaniano	162	Arcillolitas con algunas intercalaciones de arenisca cuarzosa.	Marino (sublitoral)	En mayor parte un acuitardo; capas de arenisca forman niveles acuíferos (pobres).					
		185	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio.	Marino (sublitoral)	Acuífero	Agua bicarbonatada magnésica/cálcica	90 - 650	30 - 233	0.00-2.00	11
		101	Arcillolitas con intercalaciones de arenisca arcillosa.	Marino (sublitoral)	En parte un acuífero pobre					
FORMACION SAN GIL	Albiano	150	Arcillolitas con algunas capas de arenisca.	Marino (poco profundo)	Acuitardo	---	---	---	---	0

TABLA 1. Características hidrogeológicas e hidroquímicas de las unidades estratigráficas.

- El conjunto Superior de 1287 m de shales, con algunas intercalaciones de caliza, arenisca de grano fino a muy fino y limolita.

Dentro del área se pueden encontrar fuentes saladas y rute que pertenecen a la Formación Chipaque (McLAUGHLIN, D. y ARCE M., 1971).

Las rocas sedimentarias de la Formación Chipaque tienen edades de Cenomaniano a Coniaciano y se formaron en un ambiente marino (de plataforma).

#### 3.1.4. FORMACION GUADALUPE (Ksg)

Se encuentra la Formación Guadalupe al noroeste del Carmen de Carupa, al suroeste de Ubaté y entre Tausa y Guachetá (PI. 1). La formación se compone de cuatro miembros:

- El Miembro Arenisca del Raizal que tiene un espesor variable en el área, de 75 - 150 m, y consta de un conjunto de areniscas cuarzosas y compactas de grano fino, intensamente fracturadas con algunas intercalaciones de arcillolitas.
- El Miembro Plaeners y Arenisca de Labor está constituido por 76 m de limolitas silíceas fracturadas, con intercalaciones delgadas de shales (Plaeners), y 28 m de arenisca cuarzosa algo friables, de grano medio y bien seleccionado, separadas por láminas de arcillolita (Labor).
- El Miembro Los Pinos presenta 113 m de arcillolitas fuertemente fracturadas, con intercalaciones de limolitas y algunos niveles de arenisca.
- El Miembro Arenisca Tierna está compuesto por 257 m de areniscas cuarzosas friables, de grano medio, redondeado y bien seleccionado.

La edad de la Formación Guadalupe es Santoniano a Maestrichtiano Inferior, y su ambiente de sedimentación es marino.

#### 3.1.5. FORMACION GUADUAS (Tkq)

Esta unidad aflora en la parte sureste el área (PI. 1). La Formación Guaduas tiene un espesor de 775 m y está constituida, de base a techo, por arcillolitas y areniscas intercaladas con mantos de carbón, un conjunto arcilloso con vetas de carbón entre dos niveles de areniscas cuarzosas, y arcillolitas.

Las rocas sedimentarias de esta formación son de edad Maestrichtiano superior a Paleoceno y se formaron en un ambiente de transición (marino a continental).

#### 3.1.6. ARENISCA DEL CACHO (Tpc)

Se encuentra la Arenisca del Cacho al sureste de Ubaté (PI. 1). Tiene un espesor máximo de 88 m y se compone de areniscas cuarzosas, de grano grueso a conglomerático en la base, y de grano medio hacia el techo. Estas areniscas son probablemente de edad Paleoceno inferior. El ambiente de deposición es fluvial.

#### 3.1.7. FORMACION BOGOTA (Tb)

Esta formación aflora en la parte sureste de la región (PI. 1). Consta de 600 m de arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas y friables, de grano fino a medio, con yeso en forma de venas y a veces algunas cintas de carbón. Las rocas son de origen lacustre y paludal (REYES, I. y de REYES M. T., 1962) y tienen una edad Paleoceno a Eoceno.

#### 3.1.8. DEPOSITOS CUATERNARIOS (Qfl, Qa, Qe)

Los depósitos no consolidados del Cuaternario ocupan un porcentaje considerable de la superficie del área de estudio (PI. 1). Los sedimentos que llenan el valle principal de la región de Ubaté y Chiquinquirá son de origen lacustre (Qfl) y en menor grado de origen fluvial (Qa). Se componen de arenas de grano fino y medio, con restos de madera e intercalaciones de arcilla, trozos de carbón, grava o gránulos en la parte profunda, y de arcillas con materia orgánica hacia el techo.

Estos materiales clásticos son productos de meteorización de las formaciones geológicas que se hallan en los cerros vecinos. El espesor máximo (400 m) de relleno cuaternario de toda la altiplanicie se encuentra al este de Ubaté. Al norte de la laguna de Fúquene, en el valle de Chiquinquirá, el espesor máximo es de 150 m (CARREÑO J. y VASQUEZ L., 1981). Depósitos eluviales (Qe) ocupan una superficie relativamente pequeña en las laderas y en los bordes de las sabanas de Ubaté y Chiquinquirá. Los depósitos están constituidos generalmente por bloques de arenisca de variadas dimensiones, encerradas en una matriz areno-arcillosa.

### 3.2. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

Después del Eoceno y antes del Pleistoceno, ocurrieron movimientos orogénicos que produjeron grandes dislocaciones en las rocas cretáceas y terciarias por fuerzas compresivas (REYES I. y de REYES M.T., 1962). La presencia de formaciones, principalmente arcillosas, favorecieron el origen de un intenso plegamiento de las rocas con una orientación general de NNE-SSW. En la Plancha 1 están indicados los diferentes anticlinales y sinclinales. Las capas de rocas fuertes, como las areniscas, se fracturaron y fallaron debido a los movimientos orogénicos. Se observan en la Plancha 1 las fallas presentes en la región: las fallas inversas de Tausa, Neusa, Carupa y Guachetá, la falla normal de Fúquene y algunas fallas menores.

### 4. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS E HIDROGEOQUIMICAS

Se pueden distinguir en el subsuelo de los valles de Ubaté y Chiquinquirá acuíferos (= estratos o formaciones geológicas que almacenan y contienen agua y permiten su circulación) y acuitardos (= estratos o formaciones geológicas que contienen agua pero la transmiten lentamente en comparación con los acuíferos). Esta distinción da una indicación cualitativa de la capacidad de un medio poroso para transmitir agua.

Para caracterizar acuíferos y acuitardos cuantitativamente se usan parámetros

geohidrológicos, como el coeficiente de la permeabilidad  $K$  (metros/día), que se define como el caudal que pasa por una sección unidad de un acuífero o acuitardo, bajo un gradiente unidad a una temperatura determinada; depende de las características del fluido, como su viscosidad y su peso específico, y de las características del acuífero o acuitardo mismo; la transmisividad  $KD$  que es el producto de la permeabilidad por el espesor de un acuífero  $D$  ( $m^2/día$ ) y el coeficiente  $c$  que da un valor (en días) para la resistividad vertical de la transmisión de agua en un acuitardo ( $c = D/K_v$ ;  $D$  = espesor del acuitardo,  $K_v$  = coeficiente de la permeabilidad vertical). El coeficiente de almacenamiento  $S$  se define como el volumen de agua que puede ser liberado por una superficie unidad del acuífero si se produce un descenso unidad del nivel estático.

Se pueden determinar los valores de los parámetros geohidrológicos de una cierta unidad geológica por ejemplo mediante las pruebas de bombeo, cálculos de balance hídrico, mediciones en el laboratorio de muestras del material acuífero y por cálculos aproximados mediante datos litológicos.

Para la región de Ubaté y Chiquinquirá se dispone de poca información en cuanto a los parámetros geohidrológicos; solamente se obtuvieron algunos datos (principalmente de transmisividad) por medio de las pruebas de bombeo realizadas en los pozos profundos que se perforaron durante el proyecto (Tablas 2 y 3). Por lo tanto, se describen en los numerales 4.1. hasta 4.8 del presente capítulo, las características hidrogeológicas de las distintas unidades geológicas del área estudiada, principalmente de manera cualitativa, basadas en los datos geológicos.

Teniendo en cuenta que las características geológicas de las diferentes formaciones influyen también en gran parte sobre la composición química del agua de las mismas, se describe además en el presente capítulo (Numeral 4.9) un resumen de las características químicas del agua subterránea en relación con las distintas unidades geológi-

No.	LOCALIZACION	Profundidad del Pozo m.	Profundidad de los filtros m.	Ubicación Estratigráfica de los Filtros
190IB-21	Chiquinq;Estac.Ferrocarril	102	51,75 - 61,45	Formación Chipaque;Conjunto Superior
			66,30 - 71,15	" " " "
190IB-26	Chiquinq;Normal Nacional	205	25,10 - 30	Formación Chipaque;Conjunto Superior
			120,5 - 122,5	" " " "
			144,62 - 147	" " " "
			164,60 - 169,50	" " " "
190IB-27	Chiquinq;Colegio Pío Ferrn	260	54,6 - 74	Formación Chipaque ; Conjunto Superior
			110,35 - 120,05	" " " "
			129,75 - 141,15	" " " "
			146 - 150,85	" " " "
190ID-99	Simijaca ; Vivero	150	57,10 - 67,10	Formación Chipaque ; Conjunto Superior
			72,05 - 76,90	" " " "
			106 - 115,70	" " " "
190IIC-98	San Miguel;Sabaneca	153	86,58 - 96,30	Formación Arenisca de Chiquinquirá
			128,20 - 133,13	" " " "
190IIIB-20	Simijaca ; Táquira	186,5	80,55 - 90,25	Formación Chipaque ; Conjunto Superior
			99,95 - 104,80	" " " "
			133,90 - 143,60	" " " "
			148,45 - 153,32	" " " "
			163,02 - 167,87	" " " "
190IVA-68	Guachetá ; Portones 1	136	64,8 - 69,9	Formación Arenisca de Chiquinquirá;Nivel Inferior
			113,3 - 118	" " " "
			120,15 - 125	" " " "
190IVA-69	Guachetá ; Portones 2	136	110,4 - 125	Formación Arenisca de Chiquinquirá;Nivel Inferior
190IVC-114	Fúquene ; Capellanía	132	49,09 - 54,3	Formación Arenisca de Chiquinquirá;Nivel Medio
			59,18 - 64,6	" " " "
			78,7 - 83,58	" " " "
			93,34 - 98,22	" " " "
			112,86 - 117,56	" " " "
			122,62 - 127,50	" " " "
190IVC-115	Fúquene ; Zona Urbana	172	45,40 - 60,5	Formación Arenisca de Chiquinquirá;Nivel Superior
			81,15 - 86	" " " "
			128,35 - 135	" " " "
			158,30 - 168	" " " "
190IVC-116	Lenguazaque ; Rabanal	152	92,5 - 116,8	Depósitos Cuaternarios
190IVC-119	Ubaté ; Novilleros	150	37,90 - 42,75	Depósitos Cuaternarios
			62,15 - 67,00	" " " "
			76,00 - 80,85	" " " "
209IB-12	Ubaté ; Liceo Bolívar	128	21,95 - 26,70	Depósitos Cuaternarios
			31,60 - 36,40	" " " "
			41,20 - 46,00	" " " "
209ID- 1	Tausa ; Uno	87	66,50 - 85,9	Formación Guadalupe ; Miembro Plaeners
209ID- 2	Tausa ; DOS	116	75 - 104,10	Formación Guadalupe;Miembro Arenisca de Labor
209IIA-68	Ubaté ; San Isidro	126	24,70 - 34,50	Depósitos Cuaternarios
			42,30 - 57,00	" " " "
209IIA-69	Lenguazaque;Zona Urbana	238	92,52 - 97,38	Formación Bogotá
			116,8 - 141,1	" " " "
			165,4 - 180,0	" " " "

TABLA 2. Pozos profundos construidos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá durante el Proyecto.

No.	Profundidad m.	Diámetro Pulgadas		Longit. de Fil- tros en m.	Explotación Recomendada por Schuchmann, 1981 <sup>2</sup>				Unidad Geológica Captada
		Tubos	Fil- tros		Q m <sup>3</sup> /día	Q l/s	Horas de Bombeo	Abatimien- to m.	
190IVA-68	136	6 y 3	3	15	x	x	x	x	Formación Arenisca de Chiquinquirá Nivel Inferior
190IVA-69	136	6	6	15	x	x	x	x	Formación Arenisca de Chiquinquirá Nivel Inferior
190IVC-114	132	5 y 3	3	30	x	5	x	16	Formación Arenisca de Chiquinquirá Nivel Medio
190IVC-115	172	10 y 6	6	37	80	1,9	12	32	Formación Arenisca de Chiquinquirá Nivel Superior
190IB-21	102	6	6	15	90	1,7	14	45	Formación Chipaque Conjunto Superior
190IB-27	260	10 y 6	6	45	200	4	14	26,5	Formación Chipaque Conjunto Superior
190ID-99	150	6	6	25	64	0,74	24	40	Formación Chipaque Conjunto Superior
190IIIB -20	186,5	6	6	35	40	0,74	15	43	Formación Chipaque Conjunto Superior
209ID -1	87	6	6	20	x	x	x	x	Formación Guadalupe ( Miembro Plaeners )
209ID- 2	116	6	6	30	80	1,23	18	53	Formación Guadalupe ( Miembro Arenisca de Labor )
209IIA-69	238	6	6	45	120	2,1	16	50	Formación Bogotá
190IVC-116	152	6	6	25	66	2,3	8	2	Depósitos Cuaternarios ( Sedimentos Fluvio - Lacustres )
190IVC-119	150	6	6	15	36	1	10	2	Depósitos Cuaternarios ( Sedimentos Fluvio - Lacustres )
209IB-12	128	5 y 3	3	15	x	3,3	x	3,75	Depósitos Cuaternarios ( Sedimentos Fluvio - Lacustres )
209IIA-68	126	6 y 3	3	25	x	x	x	x	Depósitos Cuaternarios ( Sedimentos Fluvio - Lacustres )

TABLA 3. Capacidades de los pozos profundos.

cas, el cual se basa en el Informe 1840 de Corrales, Badel y Verweij de Speelman, Hanneke, 1981.

En la Tabla 1, se presenta un resumen de las características litológicas, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de las diferentes unidades geológicas presentes en el área. Principalmente con base en las características hidrogeológicas de las unidades estratigráficas se construyó un mapa hidrogeológico (Pl. 2), que da también información acerca de la hidrogeoquímica y la potabilidad del agua subterránea presente en la región de investigación.

#### 4.1. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION SAN GIL

Se considera la Formación San Gil como un acuitardo (Unidad hidrogeológica III<sub>4</sub>, Pl. 2). Esta clasificación se basa solamente en la constitución litológica de esta formación. Se compone principalmente de lutitas que tienen una permeabilidad primaria muy baja a nula, y escasas capas de areniscas que son las únicas capaces de contener y transmitir una reducida cantidad de agua subterránea.

#### 4.2. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION ARENISCA DE CHIQUINQUIRA

Se pueden clasificar los tres diferentes niveles de la Formación Arenisca de Chiquinquirá con base en la descripción de sus componentes litológicos, y los datos obtenidos mediante las pruebas de bombeo.

Las arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas del Nivel Inferior, no son capaces de suministrar apreciable cantidad de agua subterránea; el pozo 190 IV A-69, Portones (Profundidad = 136 m; 15 m de filtros) que drena este nivel, tiene una capacidad muy baja. La transmisividad calculada mediante una prueba de bombeo tiene un valor de 1 m<sup>2</sup>/día (SCHUCHMANN, B., 1981a). Es evidente que el Nivel Inferior no es más que, solo parcialmente, un acuífero pobre (Unidad hidrogeológica II<sub>2</sub>, Pl. 2).

El Nivel Medio de esta formación consta principalmente de areniscas compactas, de grano fino a medio, con diaclasas. La prueba de bombeo ejecutada en el pozo 190 IV C-114, Capellanía (Profundidad = 132m; 30 m de filtros) muestra las posibilidades favorables de estas areniscas; la transmisividad calculada es de 50 m<sup>2</sup>/día (SCHUCHMANN, B., 1981a). Este Nivel Medio es un acuífero (Unidad hidrogeológica II<sub>2</sub>, Pl. 2).

El pozo 190 IV C-115, Fúquene (Profundidad = 172 m; 37 m de filtros) perforado en el Nivel Superior, muestra pocas posibilidades acuíferas para esta unidad, la cual está constituida por arcillolitas con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas. La transmisividad calculada por medio de datos obtenidos por una prueba de bombeo es de 5 m<sup>2</sup>/día (SCHUCHMANN, B., 1981a). Se consideran los horizontes de arenisca del Nivel Superior de esta formación como acuíferos pobres (Unidad hidrogeológica II<sub>2</sub>, Pl. 2).

#### 4.3. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION CHIPAQUE

Los tres conjuntos de esta formación no poseen muchas posibilidades acuíferas.

El Conjunto Inferior, compuesto de arcillolitas y limolitas con intercalaciones de areniscas cuarzosas, es en su mayor parte un acuitardo (Unidad hidrogeológica III<sub>1</sub>, Pl. 2). Únicamente los horizontes de arenisca presentan alguna posibilidad de transmitir agua.

Las limolitas silíceas y las arcillolitas del Conjunto Intermedio, son en sí impermeables. Algún fracturamiento de las rocas les da una permeabilidad secundaria. Por la existencia de alguna permeabilidad secundaria se puede clasificar el Conjunto Intermedio como acuitardo (Unidad hidrogeológica III<sub>1</sub>, Pl. 2).

La clasificación hidrogeológica del Conjunto Superior de la Formación Chipaque, se basa no solo en la descripción litológica del Conjunto, sino también en los datos obtenidos mediante pruebas de bombeo eje-

cutadas en cuatro pozos profundos que drenan este Conjunto (se trata de los pozos 190 I B-21 y 27, Chiquinquirá, 190 I D-99, Simijaca y 190 III B-20, Taquirá), con profundidades respectivas del 102, 260, 150 y 186 m; y 15, 45, 25 y 35 m de filtros). El Conjunto Superior, al sureste de Ubaté, consta de 1208 m de shale con algunas capas de caliza y 27 m de arenisca fracturada (VASQUEZ, L. 1981). Las calizas y areniscas fracturadas se encuentran respectivamente a 609 y 336 m debajo del techo de esta formación. La presencia de niveles de areniscas se reduce considerablemente hacia el norte (VASQUEZ, L., 1981). Los shales no ofrecen posibilidades acuíferas. Las capas de arenisca pueden contener y transmitir agua (principalmente a través de fracturas), así como las capas de caliza. En vista de que la constitución litológica cambia lateralmente (véase la desaparición de niveles de arenisca de sur a norte), será muy difícil pronosticar la posibilidad de encontrar niveles acuíferos con una perforación. Esto se puede observar en las capacidades de los pozos que perforan el Conjunto Superior. Los pozos 190 I B-21, 190 I D - 99 y 190 III B - 20 tienen una baja capacidad, mientras que únicamente el pozo 190 I B -27 ha encontrado un nivel acuífero con una permeabilidad bastante buena (las transmisividades calculadas con base en pruebas de bombeo son respectivamente 29, 1, 3 y 65 m<sup>2</sup>/día, según SCHUCHMANN, B. (1981a).

Prescindiendo de los horizontes acuíferos compuestos por areniscas o calizas, el Conjunto Superior es en su mayor parte un acuitardo (Unidad hidrogeológica III<sub>1</sub>, Pl. 2).

#### 4.4. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA FORMACION GUADALUPE

El Miembro Arenisca del Raizal en la base de la Formación Guadalupe, y el Miembro Arenisca Tierna en su techo, forman acuíferos (Unidad hidrogeológica II<sub>1</sub>, Pl. 2), mientras que entre ellos se encuentran los acuitardos del Miembro Plaeners y Arenisca de Labor (Unidad hidrogeológica III<sub>2</sub>) y del Miembro Los Pinos (Unidad hidrogeológica III<sub>4</sub>).

La Arenisca del Raizal, compuesta principalmente por areniscas cuarzosas compactas de grano fino, es prácticamente impermeable en sí misma, pero presenta una permeabilidad secundaria por la intensa fracturación de las mismas.

Las areniscas cuarzosas, friables, de grano medio, redondeado y bien seleccionado de la Arenisca Tierna, poseen una permeabilidad primaria. Las fracturas en estas areniscas le dan además una permeabilidad secundaria a este miembro.

El Miembro Plaeners y Arenisca de Labor (Unidad hidrogeológica III<sub>2</sub>) consta de limolitas silíceas con intercalaciones delgadas de shale (Plaeners) y areniscas cuarzosas separadas por láminas de arcillolitas (Labor). Aunque este miembro muestra fracturación, que teóricamente puede proveer una cierta permeabilidad secundaria, se observó que la capacidad del pozo 209 I D - 1, Tausa (profundidad = 87 m; 20 m de filtros), que drena agua subterránea del Miembro Plaeners resultó tan baja, que no fue posible hacer pruebas de bombeo en este pozo para determinar parámetros geohidrológicos (SCHUCHMANN, B., 1981a). Es evidente que el Miembro Plaeners no tiene características de acuífero, sino las de un acuitardo. Las características litológicas del horizonte de la Arenisca de Labor indican posibilidades mucho mejores. Una prueba de bombeo ejecutada en el pozo 209 I D - 2. Tausa (profundidad = 116 m; 30 m de filtros) que suministra agua subterránea de la Arenisca de Labor, confirma esta suposición. Se calculó una transmisividad de 2,5 m<sup>2</sup>/día para este horizonte, mostrando que es permeable, o sea que la Arenisca de Labor forma una nivel acuífero regular.

La composición litológica del Miembro Los Pinos (Unidad III<sub>4</sub>, Pl. 2) compuesta por arcillolitas fracturadas con intercalaciones de limolita y algunos niveles de arenisca indica pequeñas posibilidades acuíferas, por lo tanto se considera este miembro como un acuitardo.

#### 4.5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOOLÓGICAS DE LA FORMACION GUADUAS

No se dispone de datos cuantitativos respecto a las características hidrogeológicas de esta formación. Como la formación se compone principalmente de arcillolitas no permeables, solamente con algunos niveles de arenisca que sí presentan una cierta permeabilidad, se puede clasificar toda esta formación como un acuitardo (Unidad hidrogeológica III<sub>3</sub>, Pl. 2).

#### 4.6. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOOLÓGICAS DE LA ARENISCA DEL CACHO

Esta unidad está constituida por una arenisca ligeramente friable, de grano grueso a conglomerático en la base, y mediano hacia el techo. Presenta una fracturación bastante fuerte. Con base en la litología, y sobre todo en su fracturación, se le considera como un acuífero (Unidad hidrogeológica II<sub>1</sub>, P.2).

#### 4.7. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOOLÓGICAS DE LA FORMACION BOGOTA

Con base en la constitución litológica de la Formación Bogotá, arcillolitas impermeables con intercalaciones de areniscas arcillosas poco permeables, se espera que esta formación sea un acuitardo. La prueba de bombeo realizada en el pozo 209 II A -69. Lenguazaque (profundidad = 238 m; 45 m de filtros) corrobora esta suposición. Se calculó una transmisividad de 2 m<sup>2</sup>/día (SCHUCHMANN, B. 1981a) para una unidad de espesor total de 45 m, compuesta por areniscas arcillosas que se halla entre las arcillolitas. Es evidente que el coeficiente de permeabilidad de esta unidad es menor de 4.10<sup>-2</sup> m/día, indicando que aún los horizontes más favorables en cuanto a las características hidrogeológicas dentro de la Formación Bogotá, son poco permeables. Este acuitardo se presenta como la Unidad hidrogeológica III<sub>3</sub> en la Plancha 2.

#### 4.8. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOOLÓGICAS DE LOS DEPOSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos eluviales y fluviales de poco espesor y extensión lateral, pueden formar localmente acuíferos (Unidad hidrogeológica I<sub>3</sub>, Plancha 2).

Los depósitos inconsolidados fluvio-lacustres que afloran en la altiplanicie de Ubaté - Chiquinquirá poseen características acuíferas. El techo de estos depósitos consta en su mayor parte de arcillas de espesores variables, desde 5 m hasta algunas decenas de metros. Las arcillas son poco permeables y se puede considerar la capa arcillosa superficial como un acuitardo. Debajo de la capa superficial se encuentran tanto capas de arena, grava y gránulos, como capas de arcillas. Claramente las capas compuestas por material bien seleccionado de grano grueso son las más permeables, mientras que las capas arcillosas solo pueden transmitir el agua subterránea muy lentamente. Por lo tanto, es importante conocer la constitución litológica del relleno cuaternario en más detalle para que se puedan indicar las zonas más favorables con respecto a las características hidrogeológicas del subsuelo. Mediante mediciones geoelectricas ejecutadas durante el proyecto, se pudo dividir la altiplanicie en diferentes zonas (CARREÑO, J. y VÁSQUEZ, L. 1981). La investigación geoelectrica muestra que se pueden encontrar niveles acuíferos en el subsuelo de toda la altiplanicie, salvo en la región al sur de Ubaté (delimitada por los sondeos geoelectrico 209 I B - 2, 3, 5, Pl. 3), los alrededores de las lagunas de Palacios y Cucunubá (sondeos 209 I B - 9 - 10, 209 II A - 6 - 7 - 12 - 15 - 16 - 17) y en el área al sur de Capellanía por los sondeos (109 IV C - 4 - 5 - 6 - 9 - 10 - 11 - 12). Sin embargo, resulta que la constitución litológica de los horizontes acuíferos, indicada por valores de resistividad característicos, varía mucho lateralmente (Pl. 3 y Anexo 3). Según Carreño J. y Vásquez, L. (1981), en el área estudiada los sedimentos arcillosos, arcillas y limos presentan resistividades entre 2,5 y 25 ohmm, y los sedimentos arenosos saturados, arenas y gravas, presentan resistividades entre 25 y 100

ohmm. En general, se puede observar en la Plancha 3 que las resistividades geoelectricas encontradas en el acuífero fluviolacustre de la región al sur de la laguna de Fúquene tienen valores mayores en comparación con las del área al norte de la laguna. Esto significa que los horizontes acuíferos de la parte sur de la altiplanicie contienen un porcentaje mayor de material grueso (arenas y gravas), especialmente en los alrededores de Ubaté donde se encuentra una situación favorable. Se observa que desde Ubaté hacia el noreste, este y sureste, la resistividad de la zona acuífera disminuye a partir de 95 ohmm (sondeo 209 I B - 1), lo cual significa que el alto contenido en material grueso disminuye gradualmente en estas tres direcciones. El material grueso forma, parte del delta del río Ubaté, depositado en el antiguo lago de la altiplanicie. Además de la información sobre la constitución litológica del horizonte acuífero cerca de Ubaté, se dispone de los datos de pruebas de bombeo realizadas en los pozos 190 IV C-119 y 209 I B -12 (las profundidades son respectivamente 150 y 128 m; con 15 m de filtros). Estos datos muestran claramente las buenas posibilidades del acuífero fluviolacustre en esta zona; las transmisividades calculadas varían entre 130 y 135 m<sup>2</sup>/día (SCHUCHMANN B., 1981a).

Una situación semejante, pero en una extensión más pequeña, se encuentra directamente al norte del Boquerón de Lenguazaque (Pl. 3).

El subsuelo consta parcialmente de depósitos fluviales del río Lenguazaque que presentan resistividades entre 58 y 80 ohmm (sondeos 190 IV C-37, 38 - 39 - 40 - 41 - 42-43 - 44). El espesor del horizonte acuífero es menor en comparación con el de la zona anterior: 18 - 48 m (Anexo 3).

Al oeste de esta región, donde el río Lenguazaque fluye a través del valle plano, los horizontes acuíferos ya tienen un mayor porcentaje de material arcilloso. Las zonas acuíferas con espesores entre 41 y 91 m, están caracterizadas por los sondeos 190 IV C-21, 22 - 34 - 35, que muestran resistividades entre 23 y 33 ohmm. El pozo 190 IV C-116,

Rabanal (profundidad 152 m; 25 m de filtros), suministra agua subterránea de estas zonas acuíferas. Se calculó una transmisividad de 75 m<sup>2</sup>/día por medio de datos obtenidos por una prueba de bombeo ejecutada en el pozo (SCHUCHMANN, B., 1981). Aunque esta transmisividad indica características favorables respecto a la situación hidrogeológica del subsuelo en esta zona, se observa que el valor de transmisividad es más bajo que el de la zona de Ubaté, reflejando tanto las diferencias en espesores de los niveles acuíferos como las diferencias en las composiciones litológicas, según la interpretación de la investigación geoelectrica hecha por Carreño, J. y Vásquez, L. (1981).

Al oeste de Cucunubá y en una parte de la zona a lo largo de la Laguna de Fúquene, la litología y el espesor de los horizontes presentan valores de resistividad de más de 20 ohmm, y se pueden esperar niveles acuíferos en el subsuelo (Pl. 3; Anexo 3).

En el resto del área al sur de la laguna de Fúquene, las resistividades geoelectricas de los depósitos fluviolacustres dan preponderantemente menos de 21 ohmm, indicando que estos depósitos constan en su mayor parte de sedimentos arcillosos que son poco permeables.

En cuanto a los acuíferos presentes en el relleno cuaternario de la altiplanicie al norte de la laguna de Fúquene (según CARREÑO, J., y VÁSQUEZ, L., 1981), se observa en la Plancha 3 que las zonas acuíferas existentes en el subsuelo de Susa y de Simijaca, y al noreste de Chiquinquirá, presentan un mayor valor promedio de resistividad geoelectrica en comparación con el valor asociado a la constitución litológica de las zonas de la parte central de la altiplanicie.

Al este de Susa, los sondeos 190 III B - 25 y 28 delimitan un nivel acuífero local de 25 m de espesor con una resistividad de 32 a 40 ohmm.

En los alrededores de Simijaca, los sondeos geoelectricos 190 III B - 1 a 10, 190 I D 6 a 9, 12 a 16 y 190 II C - 6 y 38 mues-

tran resistividades entre 21 y 55 ohmm, correspondiendo a zonas acuíferas pobres, compuestas por un 70% de arcillas y un 30% de gravas y arenas; se debe anotar que en el caso de resistividades de 23 a 25 ohmm se presenta un aumento de gravas y arenas y para resistividades mayores de 40 ohmm se presentan solo gravas y arenas (Pl. 3). Los espesores de los horizontes acuíferos oscilan entre 25 y 85 m (Anexo 3).

Se puede observar en la Plancha 3 y el Anexo 3 que, al oeste de Chiquinquirá, en el valle del río Chiquinquirá, los sondeos 190 I B - 1 y 3 marcan los lugares donde se puede encontrar un horizonte acuífero local de 10 m de espesor.

Los sondeos geoelectricos ejecutados al noreste de Chiquinquirá dan valores de resistividad de 23 a 34 ohmm para las capas acuíferas con espesor de 16 a 50 m (se trata de los sondeos representados en la Pl. 2, excepto los correspondientes a los números 18, 19, 20, 22 y 23).

En la parte central de la altiplanicie, entre la laguna de Fúquene y el área ocupada por la Plancha 2, se encuentran solamente esporádicos niveles de acuíferos pobres. Se observa en la Plancha 3 que las resistividades correspondientes a los niveles acuíferos tienen principalmente valores bajos, entre 16 y 19 ohmm. Es evidente que no se puede esperar posibilidades favorales respecto a las características hidrogeológicas en este subsuelo.

Resumiendo, se puede decir que las características hidrogeológicas más favorales de los sedimentos fluvio-lacustres de toda la altiplanicie, se encuentran en los depósitos al sur de la laguna de Fúquene, especialmente en el área cerca de Ubaté y en una región pequeña al norte del Boquerón de Lenguaque. Además, los depósitos cuaternarios en dos áreas al norte de la laguna, una al este de Simijaca y la otra al noreste de Chiquinquirá, poseen probablemente posibilidades acuíferas bastante buenas. En la Plancha 2, los depósitos fluvio-lacustres se indican por las unidades hidrogeológicas I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> y I<sub>4</sub>. Las diferentes zonas acuíferas relacionadas en general, no están interconectadas.

Como los niveles acuíferos en los sedimentos fluvio-lacustres se hallan en gran parte debajo de capas arcillosas poco permeables, se pueden considerar como acuíferos semiconfinados. Sin embargo, los sondeos geoelectricos muestran que en algunos lugares faltan estas capas poco permeables, por ejemplo, al noreste de Chiquinquirá, cerca de Simijaca, en algunos sitios cerca de Ubaté, y en la región al norte de Boquerón de Lenguaque.

#### 4.9. CARACTERISTICAS HIDROGEOQUIMICAS

Dentro del desarrollo de este proyecto se realizó un muestreo de agua subterránea en los valles de Ubaté y Chiquinquirá. Uno de los objetivos de este trabajo fue determinar la distribución de los diferentes tipos de agua subterránea en la región y explicar su génesis, de lo cual se dedujo que los diversos tipos de agua están influenciados en gran parte por las características geológicas del área estudiada (CORRALES, B., y VERWEIJ de SPEELMAN, H., 1981).

En la Tabla 1 se presentan los tipos de agua que se pueden encontrar en las diferentes unidades geológicas, complementados con los datos sobre el contenido en hierro y la conductividad específica, la cual determina el contenido total en iones disueltos.

Se puede observar en la tabla que el agua subterránea contiene muchas veces concentraciones altas de hierro no admisibles para consumo humano (límite recomendado = 0,3 ppm); esto se debe a la presencia de hierro en casi todas las unidades geológicas; se presentan especialmente concentraciones de este mineral en el agua de la Formación Guaduas y en los depósitos lacustres del Cuaternario, alcanzando valores muy altos (más de 100 ppm). La Plancha 2 resume la información sobre la influencia que ejerce especialmente el hierro en la potabilidad de las aguas subterráneas.

El agua subterránea en contacto con las rocas sedimentarias marinas de las formaciones Areniscas de Chiquinquirá y Guadalu-

pe, es de tipo bicarbonatado con el magnesio como catión principal; esto indica que este catión forma parte integrante de los minerales de estas rocas sedimentarias marinas.

En la Formación Chipaque se encuentran distintos tipos de agua, como agua bicarbonatada cálcica, agua clorurada y agua sulfatada cálcica y sódica, debido a las diferentes composiciones litológicas que existen dentro de esta formación (areniscas, lutitas y limolitas silíceas, calizas y depósitos de sal). Los depósitos de sal pueden suministrar iones de cloruro y de sodio al agua subterránea, mientras que los depósitos piritosos pueden suministrar sulfuros y aumentar la concentración de sulfatos en el agua.

Especialmente las zonas carbonosas de la Formación Guaduas influyen en la composición química del agua subterránea de esta formación (se encuentran aguas sulfatadas magnésicas). Las conductividades (más de  $8.000 \mu\text{mho/cm}$ ) indican una alta concentración total de sólidos en solución. Esta alta concentración es debida al poder de la zona carbonosa de ceder cantidades notables de sales. Además, por la oxidación y disolución de los sulfuros de los niveles carbonosos se encuentran sulfatos en el agua.

La baja concentración total de sales solubles del agua de la Arenisca del Cacho (conductividad de  $138 \mu\text{mho/cm}$ ) es causada por su composición litológica, el grueso de sus granos con pocos materiales solubles, su poco espesor, y además del poco tiempo de contacto del agua con los materiales del acuífero.

El agua sulfatada de la Formación Bogotá debe sus características, probablemente, a la presencia de yeso en esta formación.

La composición química del agua subterránea de los depósitos del Cuaternario se modifica no solo por los factores geológicos, sino también por mezclas con aguas que fluyen de otras formaciones inmediatas.

Las concentraciones elevadas de sodio y cloruro que aparecen en la mayoría de

las muestras de agua indican la influencia importante de la mezcla con aguas provenientes de la Formación Chipaque. El magnesio puede entrar en esta agua proveniente, por ejemplo, de la Formación Arenisca de Chiquinquirá o la Formación Guadalupe. Sin embargo, los materiales orgánicos que se encuentran dentro de los sedimentos cuaternarios, sí influyen en la composición química del agua (véase en la Tab. 1 el alto contenido en hierro y la presencia de gases).

## 5. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA

En general, un sistema de agua subterránea reacciona ante cambios en la recarga y descarga; el nivel del agua subterránea en cierto punto de un acuífero puede variar con el tiempo debido a cambios naturales y artificiales en la recarga y descarga del acuífero, por flujos subterráneos horizontales y verticales, y en el caso de un acuífero libre, debido a cambios en la recarga por agua de la zona no saturada. En el numeral 5.2. se trata sobre esta recarga, y en el numeral 5.4. sobre la descarga. El movimiento mismo del agua subterránea (descrito en el numeral 5.3), está determinado en gran parte por las condiciones hidráulicas en los límites hidrogeológicos y los parámetros geohidrológicos de los acuíferos y acuitardos.

Para obtener datos en cuanto al sistema que gobierna el agua subterránea, además de los datos ya tratados en los capítulos anteriores se inventariaron los pozos, aljibes y manantiales que se hallan dentro del área de investigación; se ejecutaron también medidas de los niveles freáticos y piezométricos en los acuíferos y acuitardos, se perforaron 18 pozos y se ejecutaron pruebas de bombeo.

### 5.1. INVENTARIO DE LOS POZOS, ALJIBES Y MANANTIALES

Los pozos, aljibes y manantiales que existen en los valles de Ubaté y Chiquinquirá, han sido inventariados por Jesús Andrade, Jorge Carreño, Arcadio López, Jairo Montea-legre, funcionarios pertenecientes a la Divi-

sión de Hidrogeología del Ingeominas, durante el período comprendido entre noviembre de 1978 y abril de 1980. En el Anexo 1 se da la identificación, ubicación y elevación de los pozos, aljibes y manantiales, así como la profundidad de los pozos y aljibes. Su localización se presenta en la Plancha 1.

En el desarrollo del proyecto se construyeron 18 pozos (Tab. 2, Fig. 3), cuyas características y explicaciones técnicas, estructurales y otras, están descritas detalladamente por Castellanos, M. (1981).

En total se inventariaron 158 pozos con profundidades que oscilan entre 10 y más de 300 m, 294 aljibes con profundidad entre 0,3 y 15 m, 134 manantiales y además 3 piezómetros y 2 "galerías de mina".

Los pozos inventariados captan agua principalmente de los sedimentos no consolidados del Cuaternario; de los 18 pozos profundos construidos durante el proyecto, 12 captan agua de las rocas consolidadas (Tab. 2).

Los aljibes suministran agua subterránea proveniente de los sedimentos cuaternarios y de las rocas sedimentarias de las formaciones Chipaque y Arenisca de Chiquinquirá.

Los horizontes acuíferos de las diferentes unidades geológicas se drenan en buena parte mediante los manantiales. La mayoría de los 134 manantiales relacionados se puede encontrar en las formaciones Arenisca de Chiquinquirá y Chipaque. Sin embargo, las aguas subterráneas también fluyen parcialmente a superficie por conducto de manantiales procedentes de las formaciones Guadalupe (13 manantiales), Guaduas (3 manantiales), Bogotá (3 manantiales) y Arenisca del Cacho (19 manantiales).

El agua suministrada por los pozos, aljibes y manantiales, se usa principalmente para consumo doméstico, abrevaderos y para pequeños riegos (Pl. 2).

## 5.2. RECARGA DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA

En general, la fuente principal de recarga de los acuíferos de las rocas sedimentarias del Cretáceo y Terciario, está constituida por la precipitación. Los acuíferos en los depósitos del Cuaternario tienen diferentes fuentes de recarga, como el agua lluvia, los ríos, el riego y también agua subterránea proveniente de los acuíferos cretáceos y terciarios que limitan con los acuíferos cuaternarios.

El porcentaje de la precipitación que se infiltra en el subsuelo y recarga un acuífero, depende en primer lugar de la evapotranspiración real. En el numeral 2.2. se observó que la precipitación efectiva media anual ( $P - \overline{ETR}$ ), para el área estudiada, es por lo menos de 225 m/año. Una parte de esta precipitación efectiva, indicada por medio del coeficiente de infiltración, se convierte en corriente subterránea. Este coeficiente de infiltración depende de muchos factores:

- La condición de la superficie, si afloran rocas inconsolidadas o consolidadas.
- Características del suelo o del material inconsolidado, como estructura, textura, humedad; características de la roca consolidada, como estructura, presencia de fracturas, diaclasas.
- Presencia de la vegetación, tipo de vegetación, sistema radicular, área de follaje.
- Morfología del área, pendiente, etc.

Las áreas más favorables dentro de los valles de Ubaté y Chiquinquirá, en cuanto a la infiltración, son aquellas en que afloran arenas y gravas del Cuaternario o areniscas fracturadas del Cretáceo y Terciario. Las areniscas fracturadas se encuentran en el Nivel Medio de la Formación Arenisca de Chiquinquirá, en los Miembros Arenisca del Raizal y Arenisca Tierna de la Formación Guadalupe y en la Arenisca del Cacho. Estas are-

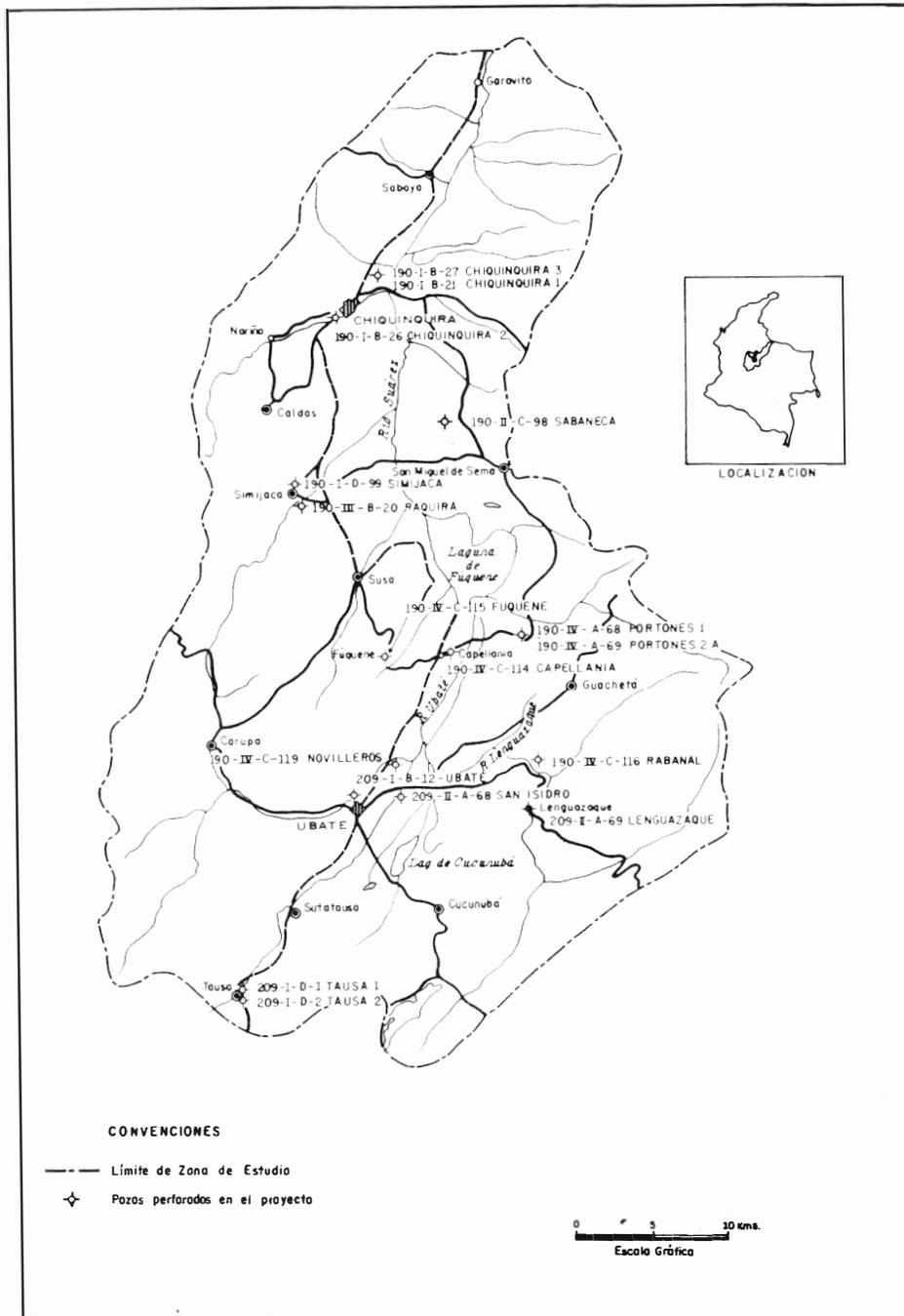


FIGURA 3. Localización de 18 pozos profundos.

niscas forman muchas veces escarpes, mientras que en los valles se hallan principalmente las arcillolitas - lutitas - limolitas cretáceas y terciarias (véase el numeral 2.1.), con características menos favorables respecto a la infiltración del agua lluvia. Por ejemplo, el coeficiente de infiltración en la cuenca del río Chiquinquirá, solamente es de 0,170 y la intensidad de drenaje en la cuenca es alta (numeral 2.3.). En vista de que en esta cuenca afloran principalmente las lutitas y limolitas de la Formación Chipaque, se puede suponer que la infiltración en estas rocas finas es pequeña. Además, se espera que la recarga mediante infiltración directa, con base en la precipitación sobre el acuífero fluvio-lacustre del Cuaternario en la altiplanicie, sea también pequeña, porque la mayor parte de la superficie de la altiplanicie consta de arcillas poco permeables.

Para el futuro se puede esperar una situación de infiltración más favorable en el área de investigación debido a los trabajos ejecutados por la CAR. Una parte del programa de esta Corporación consiste en el control de erosión en el área mediante la restauración de suelos, y por ende el control de la escorrentía superficial. De estas medidas, resulta entre otras, que las condiciones de la superficie van a mejorar en cuanto a las posibilidades de infiltración.

### 5.3. MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SISTEMA DEL AGUA SUBTERRANEA

Mediante los niveles de agua subterránea medidos en diferentes lugares, en un cierto acuífero se puede establecer la dirección del flujo subterráneo, las diferentes zonas de recarga y descarga, y cambios horizontales y verticales en las características hidrogeológicas. En la región de Ubaté y Chiquinquirá se realizaron dos veces mediciones de los niveles de agua subterránea: la primera vez en 66 pozos y 142 aljibes durante la ejecución del inventario de los pozos, aljibes y manantiales, en el período entre abril de 1979 y abril de 1980; y otra vez en 80 pozos y 147 aljibes en junio y julio de 1980 (Anexo 2).

A fin de determinar las direcciones de los flujos subterráneos en un acuífero, se pueden utilizar únicamente las medidas realizadas dentro de una misma estación climato-lógica, en un lapso de lo más breve posible.

Por lo tanto, se usaron solamente los niveles de agua subterránea medidos entre junio y julio de 1980.

Las medidas de niveles de agua se hicieron en pozos y aljibes, captando distintas zonas acuíferas de las diferentes unidades estratigráficas: Formación Arenisca de Chiquinquirá, Formación Chipaque, Formación Guadalupe y Depósitos Cuaternarios. La mayoría de las observaciones de los niveles de agua (64%) se hicieron en los pozos y aljibes que drenan los sedimentos cuaternarios de la altiplanicie. Se trata de 61 pozos de profundidad de 15 a 200 m, que probablemente drenan los horizontes acuíferos semiconfinados y de 81 aljibes de profundidad entre 0,4 y 12 m, junto con 3 piezómetros de profundidad entre 2,9 y 5 m, que drenan las capas superficiales poco permeables del relleno inconsolidado de la altiplanicie. Los aljibes se hallan en una zona estrecha a lo largo del borde formado entre la altiplanicie y las montañas circundantes.

Las Planchas 4 y 5 muestran la localización de estos pozos y aljibes y los niveles estáticos medidos en los mismos en el período de junio/julio de 1980. Se observa en la Plancha 4 que las medidas se realizaron en pozos situados en tres diferentes partes de la altiplanicie: al este de Ubaté, al noreste de Simijaca y al este de Chiquinquirá.

Para conocer las características de los movimientos horizontales de agua dentro de un cierto acuífero, en general es muy útil trazar isopiezas las cuales se definen como líneas que corresponden a puntos de igual presión o igual nivel estático. Normales a estas isopiezas son las líneas de flujo subterráneo. Debido a que la distribución de las medidas de niveles de agua ejecutadas en los aljibes es demasiado imperfecta (Plancha 5), no es posible contruir líneas isopiécicas del agua subterránea de las capas superficiales de la

altiplanicie. La cantidad de medidas en los pozos y la distribución de las mismas tampoco son suficientes para trazar isopiezas de los acuíferos semiconfinados de toda la región plana cuaternaria. Además se debe tener en cuenta que estos acuíferos muchas veces no son contiguos, o sea, no forman un solo acuífero (véase el numeral 4.8). Sin embargo, mediante los datos de niveles estáticos de los horizontes acuíferos semiconfinados y de niveles freáticos de las capas superficiales poco permeables sí se puede aclarar de manera cualitativa el sistema de flujos subterráneos horizontales y verticales, existente en el relleno cuaternario del valle principal de Ubaté y Chiquinquirá.

Los horizontes acuíferos que se encuentran en el subsuelo de la altiplanicie, están en gran parte cubiertos por capas arcillosas poco permeables. En la base de estos horizontes se hallan capas arcillosas cuaternarias o rocas consolidadas cretáceas-terciarias. Las rocas cretáceas-terciarias forman muchas veces los límites laterales de los niveles acuíferos semiconfinados. Los niveles de agua subterránea medidos en pozos y las escasas curvas isopiécicas que se pudieron construir (Pl. 4) indican una dirección de los flujos subterráneos horizontales principalmente desde los bordes de los valles hacia los centros de los mismos. A lo largo de los bordes de la altiplanicie las aguas subterráneas adyacentes pueden alimentar el acuífero semiconfinado a partir de zonas acuíferas de las formaciones cretáceas y terciarias, como también puede hacerlo la escorrentía superficial de las montañas que rodean dicha altiplanicie (véase el numeral 4.9.). El agua lluvia que se infiltra en el suelo recarga el acuífero libre en los lugares donde faltan las capas arcillosas sobre el acuífero, por ejemplo, al norte de Boquerón de Lenguaque, cerca de Ubaté y Simijaca y al norte de Chiquinquirá. Se pueden considerar entonces como importantes áreas de recarga las zonas a lo largo de los límites de la altiplanicie. El flujo subterráneo horizontal a través de los horizontes acuíferos semiconfinados de dirección de sur a norte es un flujo muy lento, y probablemente no continuo, como lo indican las diferencias pequeñas en los potencia-

les del agua subterránea. Es evidente que el volumen del flujo horizontal del acuífero semiconfinado dirigido de sur a norte no es lo suficientemente grande como para drenar toda la recarga del acuífero; el acuífero se descarga también mediante flujos verticales ascendentes de agua subterránea. Se observa en el Anexo 2 y las Planchas 4 y 5 que existen diferencias entre el potencial del agua subterránea en los horizontes acuíferos semiconfinados y el del agua freática en las capas arcillosas poco permeables. Por ejemplo el nivel piezométrico en el pozo 209 II A - 44 es de 2545,29 m (s.n.m.) y el nivel freático en el aljibe 209 II A - 48 es 2544,11 m (s.n.m.); además se encuentran muchos pozos saltantes, o sea, pozos con niveles piezométricos que están encima de la superficie del terreno. Por las diferencias en potenciales se originan flujos subterráneos ascendentes provenientes de los horizontes acuíferos semiconfinados.

#### 5.4. DESCARGA DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA

La descarga de los acuíferos y acuitarados puede presentarse en dos formas: natural (descarga difusa, manantiales) y artificial (aljibes, pozos).

##### 5.4.1. DESCARGA NATURAL

El agua suministrada por la descarga difusa se evapora o alimenta a las aguas superficiales (ríos o lagos). Así, el estudio del flujo de base de los ríos suministra información sobre los volúmenes de agua subterránea que entran en ellos (véase SERRANO, S. y JOUSMA, G., 1981).

En cuanto a la descarga mediante manantiales se limitó a establecer la ubicación de los manantiales que se hallan dentro del área de estudio. Las siguientes unidades geológicas descargan agua subterránea por la vía de manantiales: las Formaciones Arenisca de Chiquinquirá, Chipaque, Guadalupe, Guaduas, Bogotá y la Arenisca del Cacho. La localización de manantiales se condiciona en gran parte por la topografía, la estructura geológica y las variaciones horizontales o verticales de la permeabilidad de las rocas.

Los 53 manantiales que drenan la Formación Arenisca de Chiquinquirá se encuentran ubicados al pie de los escarpes en los cuales afloran las areniscas fracturadas de la formación y que limitan a los depósitos fluvio-lacustres de la altiplanicie. La génesis de los manantiales se debe al cambio fuerte de pendiente topográfica, a las distintas permeabilidades entre estas unidades y a consecuencia del flujo de agua subterránea a través de las fracturas y diaclasas de las areniscas, hasta alcanzar la superficie. Además, la ubicación de las zonas fracturadas en las areniscas,, fija el punto de descarga del agua subterránea.

Los 43 manantiales que descargan el agua subterránea circulante a través de los horizontes algo permeables de la Formación Chipaque, se hallan principalmente en zonas donde cambian las pendientes topográficas y/o afloran las rocas en mención.

La mayoría de los 13 manantiales que drenan las rocas sedimentarias de la Formación Guadalupe, suministran agua subterránea del Miembro Arenisca Tierna, el cual forma un escarpe al sureste del área estudiada. Las aguas subterráneas circulan a través de las fracturas y diaclasas presentes en la Arenisca Tierna y aparecen en la superficie al pie del escarpe o en la zona de contacto entre las areniscas permeables del Miembro Areniscas Tierna y las arcillolitas impermeables del Miembro Los Pinos. Se encuentra además un manantial en el límite entre las areniscas acuíferas del Miembro Arenisca del Raizal y las limolitas silíceas del Miembro Plaeners y dos manantiales al pie de una pendiente en la cual aflora el Miembro Plaeners y Arenisca de Labor.

Aunque las arcillolitas de la Formación Guaduas son poco permeables y forman un acuitardo, las escasas intercalaciones de areniscas son capaces de transmitir agua. En lugares donde afloran las areniscas, el agua subterránea puede fluir a la superficie. Se inventariaron tres manantiales que drenan agua de los estratos algo permeables correspondientes a estas areniscas.

El agua infiltrada en las areniscas gruesas y fracturadas de la Arenisca del Cacho a través de un escarpe regional, se descarga parcialmente mediante manantiales. Los 19 manantiales inventariados se hallan en la base del escarpe. No solo la topografía determina la localización de estos manantiales, sino también el cambio de la permeabilidad que se presenta en los límites del acuífero. En la base de los escarpes, la Arenisca del Cacho está en contacto con unidades poco permeables, como son las capas superficiales de los Depósitos Cuaternarios, la Formación Bogotá y la Formación Guaduas.

Las areniscas arcillosas que se encuentran intercaladas entre las arcillolitas de la Formación Bogotá, corresponden a horizontes capacitados para transmitir un poco de agua subterránea. Los escasos manantiales presentes (3), se originan en zonas donde afloran dichas areniscas.

Fuera de los datos presentados en este estudio sobre los manantiales, no se dispone de más datos respecto a los mismos. Por lo tanto, se recomienda para investigaciones futuras prestar también atención a la magnitud y a las fluctuaciones de los caudales de manantiales.

Conociendo las características de permeabilidad de las rocas, área de alimentación y volumen de recarga de los acuíferos, se puede aclarar con más detalles la descarga del sistema de aguas subterráneas en los diferentes acuíferos y acuitardos.

#### 5.4.2. DESCARGA ARTIFICIAL

Se lleva a cabo mediante la extracción del agua subterránea por medio de aljibes y pozos.

Los aljibes que drenan agua de los sedimentos cuaternarios de la altiplanicie se hallan principalmente al pie de las montañas que rodean la misma (ver Pl. 1). Las capas superficiales del relleno de la altiplanicie, situadas en esta franja estrecha a lo largo de las montañas, reciben no solamente agua proveniente de la precipitación, sino también

agua superficial que fluye por las laderas y a través del suelo o material de meteorización. Por lo tanto, la recarga de estas capas es mayor que la de las capas cuaternarias superficiales, ubicadas en el centro del valle principal de Ubaté y Chiquinquirá. Se observó que la mayoría de los aljibes antes mencionados suministran agua todo el año.

Se utilizan también aljibes para extraer agua subterránea de las zonas donde afloran las Formaciones Arenisca de Chiquinquirá y Chipaque. Muchos de estos aljibes con una profundidad pequeña no captan las formaciones mismas, sino su material inconsolidado de meteorización. La mayoría están ubicados en las laderas cerca del límite con áreas planas cuaternarias, aunque algunos se encuentran dentro de la zona montañosa, en valles pequeños, entre cerros o en sitios donde cambia la pendiente. Cualquiera de tales situaciones es favorable para encontrar agua subterránea.

Los pozos en el área de investigación suministran principalmente agua subterránea de los sedimentos inconsolidados del Cuaternario, especialmente de los horizontes acuíferos semiconfinados. Dentro del Proyecto de Ingeominas se construyeron en esta región cuatro pozos profundos: 190 IV C-116 y 119; 209 I B - 12 y 209 II A -68 (Tab. 3). Prescindiendo del pozo 209 II A - 68, el cual se dañó durante la limpieza, los otros tres pozos dan información cuantitativa en cuanto a las posibilidades que pueden ofrecer los niveles acuíferos semiconfinados. De acuerdo con los resultados obtenidos al analizar las pruebas de bombeo ejecutadas en estos pozos, Schuchmann, B. (1981b) recomienda caudales de 36 y 66 m<sup>3</sup>/día para los pozos 190 IV C - 119 y 116 (Tab. 3). Para calcular los caudales tomó en cuenta tanto la capacidad del pozo como la necesidad de agua potable o de riego en un cierto lugar. Se ve en la Tabla 3, que los abatimientos de los niveles de agua subterránea debidos a los caudales recomendados todavía son pequeños (2 y 3,75 m), indicando que se podrían explotar estos pozos también con caudales mayores. Casi no existen datos en cuanto a la descarga artificial por medio de los otros 141 pozos

existentes en los valles principales de Ubaté y Chiquinquirá. Se dispone solamente de los caudales que las bombas o molinos de 18 diferentes pozos en la parte sur de la altiplanicie fueron capaces de producir (Tab. 4).

Los demás pozos profundos perforados dentro del área del proyecto captan agua subterránea proveniente de los niveles permeables de las diferentes unidades geológicas compuestas por rocas consolidadas. Schuchmann, B. (1981b) informa también sobre los caudales y métodos posibles de explotación de estos pozos (Tab. 3).

Cuatro pozos profundos alcanzan la Formación Arenisca de Chiquinquirá. Los pozos 190 IV A - 68 y 69 tienen sus filtros en las rocas del Nivel Inferior. El pozo 190 IV A - 68 se dañó durante la construcción y en cuanto al pozo 190 IV A-69 se recomendó no explotarlo. El pozo 190 IV C-114 capta el Nivel Medio y presenta posibilidades favorables para la producción de agua subterránea (un caudal de 5 l/s. con un abatimiento de 16 m). El pozo 190 IV C-115 que drena el Nivel Superior de la formación, puede dar 80 m<sup>3</sup> de agua por día causando un abatimiento del nivel de agua de 32 m.

Se puede observar en la Tabla 3, que los caudales recomendados para los tres pozos (190 I D - 99; 190 I B - 21 y 27) que captan agua de las rocas sedimentarias de la Formación Chipaque - Conjunto Superior - son respectivamente, 64, 90 y 200 m<sup>3</sup>/día, producciones no tan altas en relación con la profundidad de los pozos y la longitud de los filtros. Schuchmann, B. (1981b) planteó además la explotación del pozo 190 III - 20, pero en el fondo consideró su capacidad demasiado baja.

La zona acuífera del Miembro Plaeners y Arenisca de Labor de la Formación Guadalupe, es capaz de suministrar 80 m<sup>3</sup>/día por medio del pozo 209 I D-2, causando un abatimiento del nivel de agua subterránea igual a 53 m.

El pozo 209 II A - 69 de 238 m de profundidad con 45 m de filtros, que capta

NOMBRE	Pozo Aljibe Manant.	⊕ o δ	Profundidad Metros	Diámetro pulgadas	Caudal l/s
190 IV A-6 El Porvenir	⊕		12		0.035
190 IV A-7 El Santuario	⊕		30		0.07
190 IV C-3 Cabuyas	⊕		28.7	5	0.27
190 IV C-4 Cabuyas	⊕		57.7	5	0.16
190 IV C-5 Cabuyas	⊕		48.3	4	0.5
190 IV C-11 La Libertad	⊕		80	4	0.38
190 IV C-12 La Libertad	⊕		70	3	0.38
190 IV C-13 El Berbenal	⊕		50	4	0.08
190 IV C-14 El Berbenal	⊕		60	4	0.30
190 IV C-17 El Berbenal	⊕		>60	4	0.33
190 IV C-20 Portón Verde	⊕		54.7	6 1/2	0.068
190 IV C-52 Yerbabuena	⊕		76.5	4 1/2	0.127
190 IV C-63 La Aldea	⊕		120		0.32
190 IV C-65 Fúquene-Urbano	⊕		10		0.14
209 I B-8 Las Mercedes	⊕		40	1	0.048
209 I B-9 Los Potreritos	⊕		22	6	0.5
209 II A-44 Horizonte	⊕		62	4 1/2	0.23
209 II A-46 Venecia	⊕		53	5	1

TABLA 4. Caudales producidos por algunos pozos que drenan horizontes acuíferos del relleno Cuaternario de la altiplanicie.

agua de la Formación Bogotá, puede dar 120 m<sup>3</sup>/día (abatimiento de 50 m).

La información presentada en este capítulo en unión con los datos suministrados en el capítulo anterior, da indicaciones cualitativas sobre las posibilidades de explotar los recursos de agua subterránea dentro del área investigada. En la Plancha 2 se indican las posibilidades de explotación futura para cada unidad hidrogeológica.

Se consideran las siguientes unidades hidrogeológicas potencialmente explotables mediante pozos: las unidades I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub>, representan los niveles acuíferos semiconfinados de los depósitos fluvio-lacustres del Cuaternario; la unidad II<sub>1</sub> incluye las areniscas permeables de la Arenisca del Cacho y de los Miembros Tierna y Arenisca del Raizal de la Formación Guadalupe; y parcialmente la unidad II<sub>2</sub>, o sea, el Nivel Medio de la Formación Arenisca de Chiquinquirá que forma un acuífero.

Los niveles acuíferos semiconfinados de las unidades I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub> se encuentran en general a menos de 80 m por debajo de la superficie del terreno de la altiplanicie. Sin embargo, la profundidad óptima de un pozo proyectado depende del sitio exacto de la perforación (consulte el numeral 4.8). Con base en las características hidrogeológicas de estas unidades y en las producciones actuales de los pozos perforados en el área (Tab. 3 y 4), se espera una producción de más de 1 litro por segundo para los pozos futuros que captarán la unidad I<sub>1</sub>, y probablemente una producción de menos de 1 litro por segundo para los que explotarán la Unidad I<sub>2</sub>.

Aunque las areniscas terciarias y cretáceas que pertenecen a las unidades II<sub>1</sub> y II<sub>2</sub> presentan características favorables, una explotación económica no será posible en todas las regiones donde afloran estas unidades, sino únicamente en sitios donde los acuíferos de arenisca se recarguen suficientemente y el nivel de agua se encuentre a una profundidad aceptable. Se cumple con estas condiciones, por ejemplo, en las zonas estrechas a lo largo del límite de la altiplanicie al este de Ubaté donde el Nivel Medio de la Formación

de Chiquinquirá (Unidad II<sub>2</sub>) en el subsuelo se encuentra a profundidades pequeñas. En los límites de la altiplanicie con la zona montañosa donde afloran otras partes de las unidades II<sub>1</sub> y II<sub>2</sub>, se pueden esperar situaciones comparables al menos si la estructuras geológicas de la unidades son también favorables.

Las demás unidades hidrogeológicas (I<sub>3</sub>, I<sub>4</sub>, III<sub>1-2-3-4</sub>) representan principalmente acuitardos y no se consideran para una explotación económica del agua subterránea mediante pozos profundos. No se puede ignorar que los depósitos fluviales y eluviales cuaternarios de la Unidad I<sub>3</sub> forman localmente acuíferos poco profundos que son explotables por medio de aljibes. También en la Unidad III<sub>1</sub>, se encuentran algunos niveles acuíferos. Sin embargo, estos niveles no son continuos lateralmente y es muy difícil pronosticar la probabilidad de encontrar estos niveles en una cierta perforación (véase el numeral 4.3.).

## 6. CONCLUSIONES

- Se pueden distinguir tres clases de unidades hidrogeológicas (I, II, III) en el subsuelo de los valles de Ubaté y Chiquinquirá (Pl. 2). Las clases I y II representan unidades acuíferas de sedimentos inconsolidados del Cuaternario y rocas consolidadas del Terciario y Cretáceo, respectivamente. Estas contienen recursos de agua subterránea explotables mediante pozos. La clase III se refiere a unidades compuestas de rocas consolidadas y cretáceas clasificadas en su mayoría como acuitardos sin posibilidades (económicas) de explotación por los mismos medios.
- Buenas posibilidades respecto a la explotación eventual de las aguas subterráneas ofrecen los acuíferos semiconfinados en los depósitos inconsolidados fluvio-lacustres del Cuaternario que pertenecen a las unidades hidrogeológicas I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub>. Estas unidades afloran en la altiplanicie al sur de la

laguna de Fúquene en los alrededores de Ubaté, directamente al nortenoeste del Boquerón de Lenguazaque, en las áreas planas al norte de la laguna cerca de Simijaca y al este-noreste de Chiquinquirá. Estos horizontes se encuentran en general a menos de 80 m debajo de la superficie del terreno. Se espera una producción de agua subterránea de más de 1 l/s para los pozos que captarán la unidad  $I_1$  y probablemente una producción de menos de 1 l/s para los que explotarán la unidad  $I_2$ .

Los niveles acuíferos en los depósitos fluvio-lacustres del Cuaternario se alimentan por precipitación, agua superficial, agua de riego, y agua subterránea que fluye desde los acuíferos terciarios y cretáceos inmediatos. La zona estrecha a lo largo del límite de la altiplanicie con la zona montañosa forma su área de recarga más importante. Los flujos subterráneos en las zonas acuíferas semiconfinadas del relleno cuaternario de la altiplanicie se dirigen principalmente desde los bordes de la altiplanicie, o sea desde las áreas de recarga más importante, hacia los centros de la misma. Estos acuíferos semiconfinados se descargan parcialmente por medio de flujos subterráneos verticales ascendentes.

- Los recursos hídricos subterráneos potencialmente explotables de la clase II se encuentran en las areniscas permeables de la Arenisca del Cacho y los Miembros Arenisca Tierna y Arenisca del Raizal de la Formación Guadalupe (Unidad hidrogeológica  $II_1$ ) y en las areniscas del Nivel Medio de la Formación Arenisca de Chiquinquirá que forma parte de la Unidad hidrogeológica  $II_2$ . En cuanto a sitios favorables para perforar pozos de producción en las unidades  $II_1$  y  $II_2$ , se debe tener en cuenta que los acuíferos de arenisca son solamente explotables si se recargan suficientemente (su fuente de recarga es la

precipitación) y si el nivel de agua subterránea se encuentra a una profundidad aceptable en las zonas estrechas a lo largo de los límites de la altiplanicie con la zona montañosa, donde se pueden encontrar las areniscas permeables en el subsuelo a poca profundidad. Por falta de datos cuantitativos no se puede dar indicaciones acerca de las profundidades óptimas para los futuros pozos de producción ni pronosticar sus producciones de agua subterránea.

- Las siguientes unidades estratigráficas pertenecen a las cuatro unidades hidrogeológicas no explotables de la clase III: Formación Chipaque ( $III_1$ ); Miembro Arenisca de Labor y Plaeners de la Formación Guadalupe ( $III_2$ ); Formación Bogotá y Guaduas ( $III_3$ ); Miembro Los Pinos de la Formación Guadalupe y Formación San Gil ( $III_4$ ). Aunque las unidades  $III_1$  y  $III_2$  presentan algunos niveles de acuífero (pobre) no se consideran económicamente explotables por medio de pozos de producción con base en la información disponible en la actualidad.
- La alta concentración de hierro que se puede encontrar muchas veces en el agua subterránea de todas las unidades hidrogeológicas explotables y preponderantemente en la de los acuíferos fluvio-lacustres, afecta su potabilidad en tal forma que sería necesario un tratamiento de purificación.

## 7. RECOMENDACIONES

La evaluación de los recursos de agua subterránea en los valles de Ubaté y Chiquinquirá que se presenta en este informe, se puede ampliar de una manera más cuantitativa por medio de las siguientes investigaciones suplementarias, las cuales prestan atención especial a las unidades hidrogeológicas potencialmente explotables:

- Inventario de la producción promedio diaria de los pozos ya existentes

- en los valles de Ubaté y Chiquinquirá.
- Realización de pruebas de bombeo en unos diez pozos de producción que capten los niveles acuíferos de las unidades hidrogeológicas I<sub>1</sub> y I<sub>2</sub> en distintas partes de la altiplanicie, para establecer cuantitativamente las características hidrogeológicas de los niveles acuíferos, con el fin de pronosticar de una manera más exacta las posibilidades de explotación de agua subterránea.
  - Realización de medidas de las producciones de los caudales de algunos manantiales que drenan horizontes acuíferos de las formaciones Arenisca de Chiquinquirá, Chipaque, Guadalupe y de la Arenisca del Cacho. Se deben observar los caudales de cada uno de estos manantiales regularmente, por lo menos durante un año. Mediante los datos suministrados por estas medidas se puede obtener una mejor idea de las posibilidades de explotación eventual que ofrecen los diferentes horizontes acuíferos.
  - Cartografía del Nivel Medio de la Formación Arenisca de Chiquinquirá ya que este nivel forma la parte de la Unidad hidrogeológica II<sub>2</sub> que ofrece buen pronóstico acerca de la explotación de agua subterránea.
- CORRALES B, VERWEY DE SPEELMAN, H., 1981.- *Hidroquímica en los valles de Ubaté y Chiquinquirá. Informe 1840.* Ingeominas, Bogotá.
- DIEZEMANN, W., 1949a.- *Estudio de aguas subterráneas de la hacienda Albaida, Municipio de Ubaté, Departamento Cundinamarca. Informe 652.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- , 1949b.- *Aguas subterráneas de la hacienda la Cabaña, Municipio de Ubaté, Departamento de Cundinamarca. Informe 675.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- , 1969c.- *Aguas subterráneas para el nuevo hospital de Ubaté. Departamento de Cundinamarca. Informe 672.* Instituto Geológico Nacional, Bogotá.
- , 1950.- *Las aguas subterráneas de la altiplanicie de Ubaté - Chiquinquirá. Informe 716.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- , 1952.- *Agua subterránea en la vereda de Miña, Municipio de Guachetá. Departamento de Cundinamarca. Informe 882.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- , 1953.- *Agua potable para el campamento del Instituto de Aprovechamiento de agua de Chiquinquirá (Boyacá), y agua potable para las bodegas de la Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero de Tunja (Boyacá). Informe 925.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAR (Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá), 1967.- *Agropecuaria servicio de desarrollo rural.* Bogotá.
- CARREÑO, J. y VASQUEZ, L., 1981.- *Geofísica de los valles de Ubaté y Chiquinquirá. Informe 1843.* Ingeominas, Bogotá.
- CASTELLANOS, M., 1981.- *Perforación de Pozos profundos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá. Informe 1842.* Ingeominas, Bogotá.
- DIEZEMANN, W. y LOPEZ CASAS, J., 1954.- *Perforaciones de ensayo para un acueducto de aguas subterráneas en Ubaté Cundinamarca). Informe 1016.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- HUBACH, E., 1953.- *Geología de la Isla del Santuario Laguna de Fúquene (Cundinamarca). Informe 901.* Instituto Geológico Nacional. Bogotá.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), 1977.- *Atlas de Colombia.* Litografía Arco. Bogotá.

- McLAUGHLIN, D. y ARCE, M., 1971.- *Recursos minerales de parte de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta*. Bol.Geol. (Bogotá) 19 (1).
- REYES, I. y DE REYES, M.T., 1962.- *Recopilación de los datos geo-hidrologicos existentes de la Sabana de Bogotá*. CAR. Bogotá.
- SCHUCHMANN, B., 1981a.- *Las pruebas de bombeo en los pozos profundos de los valles de Ubaté y Chiquinquirá*. Informe 1854. Ingeominas, Bogotá.
- , 1981b.- *Explotación de agua subterránea con pozos profundos en los valles de Ubaté y Chiquinquirá*. Informe 1855. Ingeominas, Bogotá.
- SERRANO, S. y JOUSMA, G., 1980.- *Hidrología de los valles de Ubaté y Chiquinquirá*. Informe 1827. Ingeominas, Bogotá.
- VASQUEZ, L., 1981.- *Geología de las áreas de Ubaté y Chiquinquirá*. Informe 1830. Ingeominas, Bogotá.

\* \* \*

**ANEXO 1.**  
**INVENTARIO DE LOS POZOS, ALJIBES Y MANANTIALES EN LOS VALLES DE**  
**UBATE Y CHIQUINQUIRA**

No.	LOCALIZACION	COORDENADAS		Pozo aljibe o manant. 	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
		N	E			
Plancha 190 I B						
1	Chiquinquirá Unigás	1,110,618,93	1,026,910,43		40	2,554,94
2	" Payanés	1,110,839,03	1,026,604,90	O	1,5	2,566,35
3	" San Rafael	1,110,570	1,026,670	O	0,9	
4	" San Rafael	1,110,500	1,026,500	O	1,5	
5	" San Rafael	1,110,400	1,026,400	O	1,8	
6	" San Rafael	1,110,277,69	1,026,082,38	O	1,0	2,578,17
7	" El Manzano	1,110,250	1,025,950	O	2,2	
8	" Sucre W	1,110,075,38	1,025,913,68	O	1,5	2,593,19
9	" San Silvestre	1,110,140	1,026,430		-	
10	" Resguardo	1,111,720,86	1,025,494,95	O	1,7	2,593,17
11	" Resguardo	1,111,582,05	1,025,076,23	O	2,0	2,608,70
12	" La Cabaña	1,111,260,96	1,024,967,67	O	1,0	2,576,39
13	" El Consuelo	1,111,120	1,023,220	O	1,2	
14	" Crucero	1,112,230	1,022,330		-	
15	" Altamira	1,110,640	1,027,190	O	11	
16	" Tierra de Páez	1,110,537,53	1,027,066,31	O	2,6	2,559,96
17	" Tierra de Páez	1,110,480	1,027,290	O	3,0	
18	" El Diamante	1,110,410	1,027,110	O	2,5	
19	" Cárcel	1,110,230	1,027,070	O	0,5	
20	" El Barrial	1,110,170	1,027,660	O	3,0	
21	" Est.Ferrocarril	1,113,503,75	1,029,951,88		102	2,545,86
22	" Alcaparos	1,114,137,50	1,029,813,30	O	2	2,557,45
23	" Ojo de Agua	1,114,480,20	1,029,580,02	O	2	2,568,87
24	" La Manguita	1,114,686,47	1,029,450,04		-	2,585,72
25	Saboyá;Cuesta La Zorra	1,116,850	1,029,500	O	7	
26	Chiquinquirá; Nacional	1,111,622,24	1,027,389,08		205	2,554,89
27	" Colg.Pío Ferro	1,113,745,53	1,029,916,91		260	2,548,99

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo aljibe manant. 	Profundidad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 I D						
1	Chiquinquirá San José	1,109,570	1,026,750	0	15	
2	" Sucre W	1,109,540	1,026,920	0	2	
3	" Sucre W	1,109,212,32	1,026,987,68	0	38	2,557,54
4	" Sucre W	1,108,900	1,026,520	0	1,3	
5	"	1,109,100	1,027,110	✧		
6	" Sucre W	1,108,930	1,027,110	✧		
7	" Sucre W	1,108,680,69	1,027,162,86	✧		2,558,73
8	" Boyacá	1,108,400	1,026,960	✧	20	
9	" Sucre W	1,108,150	1,026,390	0	2,0	
10	" El Alto del Espino	1,107,632,50	1,026,474,30	0	1,0	2,617,93
11	" " " " "	1,107,744,54	1,026,324,15	♂	-	2,649,49
12	" Sucre W	1,106,720	1,025,860	♂	-	
13	" Sucre W	1,106,930	1,026,090	0	1,0	
14	" Sucre W	1,107,030	1,026,030	0	2,0	
15	Caldas;El Pantano	1,107,000	1,025,600	0		
16	" Oasis	1,107,020	1,024,960	0	2,0	
17	" El Placer.	1,106,940	1,024,690	0	5	
18	" Diamante	1,106,750	1,024,600	0		
19	" Vianos	1,106,240	1,024,310	♂	-	
20	" Vianos	1,106,340	1,024,220	0	1,5	
21	" El Recuerdo	1,106,740	1,023,820	0	2,0	
22	" V. Centro	1,106,540	1,023,730	0	2,5	
23	" Quebraditas	1,107,250	1,024,200	0	2,0	
24	" Alisal	1,107,600	1,024,150	0		
25	" La Lajita	1,108,070	1,023,970	0	1,5	
26	" El Recuerdo	1,108,320	1,023,980	♂	-	
27	" San Luis	1,108,520	1,024,920	0	2,5	
28	" Playa	1,108,650	1,023,920	0	3,5	
29	" Playa	1,108,750	1,023,590	0	2,0	
30	Nariño;Espaldas	1,109,680	1,023,620	0	2,0	
31	Cald-Nariño Bna.Vista	1,109,410	1,023,760	0	1,5	
32	Caldas;Manzano	1,105,090	1,023,150	0	1,5	
33	Caldas;La Bolsa	1,103,380	1,022,870	0	0,8	
34	Chiquinquirá;Jardín	1,109,300	1,027,480	0	2,5	
35	" Corinto	1,109,340	1,027,910	0	2	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo aljibe manantial	Profundidad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 I D						
36	Chiquinqu.Las Mercedes	1,108,880	1,027,480	0	1,8	
37	" Diamante	1,108,252,25	1,027,529,91	0	5	2,567,54
38	"Sta Isabel-El Jardín	1,108,530	1,028,120	0	-	
39	" " " " "	1,108,440	1,028,260	0	-	
40	" Sucre Oriental	1,108,250	1,027,950	0	3	
41	" Brasilia	1,108,276,26	1,027,351,85	0	40	2,560,48
42	" Sucre Oriental	1,108,300	1,028,520	0	0,6	
43	" Esc.Sta. Isabel	1,108,500	1,028,620	0	0,5	
44	" El Consuelo	1,108,640	1,028,850	0	0,5	
45	" Sucre	1,107,240	1,027,400	0	>20	
46	" Sucre Oriental	1,107,201,36	1,027,823,90	0	5,3	2,566,12
47	" El Triángulo	1,107,670	1,028,730	0	-	
48	" Sucre Oriental	1,107,350	1,028,710	0	-	
49	" Emp. El Nogal	1,106,470	1,027,680	0	-	
50	" El Paraiso	1,106,800	1,028,260	0	8	
51	" Sucre Oriental	1,106,350	1,028,110	0	3,0	
52	" La Palestina	1,106,310	1,027,960	0	0,9	
53	" La Palestina	1,106,280	1,027,770	0	4	
54	" Boquerón	1,105,890	1,028,090	0	1,7	
55	" Sucre	1,105,950	1,026,530	0	0,6	
56	" Sucre W	1,105,820	1,026,550	0	-	
57	" Buena Vista	1,105,830	1,026,340	0	3	
58	" Escuela	1,106,150	1,026,170	0	2,0	
59	" Platanillo	1,106,430	1,026,060	0	-	
60	" Sucre W	1,106,940	1,026,170	0	1,5	
61	" Sucre Oriental	1,107,000	1,029,450	0	5	
62	Simijaca;Hato Chico	1,105,200	1,028,730	0	1,6	
63	" Arenas	1,104,840	1,028,890	0	1,5	
64	" Hato Chico	1,105,150	1,028,910	0	-	
65	" Sociedad Agropecua.	1,105,140,21	1,029,419,12	0	65,8	2,540,48
66	" El Jardín	1,105,456,29	1,029,291,10	0	5,7	2,542,74
67	" Espinal	1,105,580	1,029,260	0	4,2	
68	" Fical	1,105,640	1,029,370	0	4,2	
69	" Estación	1,105,835,19	1,029,859,58	0	2,3	2,541,06
70	" Hato Chico	1,105,010	1,028,500	0	1,8	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo aljibe manantí	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 I D						
71	Simijaca; Casa de Teja	1,104,550	1,027,870	⊕		
72	" Casa de Teja	1,104,340	1,028,020	○	2,1	
73	" Casa de Teja	1,104,100	1,027,900	○	3,4	
74	" Las Tapias	1,104,000	1,027,620	○	5,6	
75	" Hato Chico	1,104,260	1,027,240	⊕	-	
76	" Hato Chico	1,103,555,41	1,027,607,97	○	7,1	2,547,34
77	" La Concordia	1,103,550	1,027,760	⊕		
78	" Normandía	1,103,781,31	1,028,398,79	⊕		2,540,41
79	" La Concordia	1,102,835,39	1,027,903,29	⊕	73	2,541,79
80	" La Concordia	1,103,350	1,027,650	○	4,1	
81	" Hato Chico	1,103,140	1,026,830	⊕	-	
82	" Hato Chico	1,102,852,79	1,026,850,12	⊕		2,558,64
83	Caldas ;La Bolsa	1,103,250	1,022,740	○	1,2	
84	Simijaca;Esc.San Rafael	1,103,750	1,025,700	○		
85	" El Porvenir	1,103,350	1,026,180	○	1,5	
86	" El Aljibe	1,102,400	1,026,700	○	10	
87	" Santa Lucía	1,102,200	1,026,520	○	1,8	
88	" Hato Chico	1,102,030	1,026,380	⊕	46	
89	" Guacos	1,100,800,09	1,027,276,36	⊕	50	2,542,62
90	" La Cabrera	1,100,800	1,027,780	⊕		
91	" Pantano	1,101,570	1,027,400	⊕		
92	" El Establo	1,101,162,31	1,028,046,47	⊕	94	2,542,05
93	" Acapulco	1,101,046,99	1,029,018,78	⊕	96	2,540,35
94	" Pantano	1,100,050	1,028,300	⊕		
95	" San Cayetano	1,101,008,78	1,026,735,39	⊕	5	2,543,68
96	" Hato Chico	1,102,167,71	1,026,765,91	⊕	25	2,544,96
97	" Lote 7-Centro	1,101,034,57	1,025,956,16	⊕		2,551,09
98	" Lote 2- Centro	1,100,745,33	1,025,682,55	⊕	15	2,554,86
99	" Vivero	1,100,697,12	1,025,230,82	⊕	150	2,560,60
100	Chiquinquirá;San Luis	1,109,982,12	1,026,996,94	⊕	73	2,556,46

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo aljibe manantí. 	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 II A						
1	Chiquinquirá Córdoba	1.110.050,58	1.031.960,25	O	2,0	2.568,77
2	" Placeres	1.112.218,56	1.030.207,99	O	1,3	2.573,30
3	" Córdoba	1.112,400	1.030,530		30	
4	" Agua Blanca	1.112,887,74	1.030,949,16			2.541,68
5	" Agua Blanca	1.112,580	1.031,180		35	
6	" El Cofre	1.112,100	1.031,100		15	
7	" El Cofre	1.112.240,64	1.031.011,43		15	2.541,19
8	" El Cofre 2	1.112.122,48	1.031.188,23		25	2.540,97
9	" Córdoba Abajo	1.112,400	1.031,570			
10	" La Veronita	1.111,700	1.030,250	Ø	-	
11	" Monticelo	1.110.833,95	1.030.840,29		40	2.549,81
12	" Córdoba	1.110,300	1.031,460	Ø	-	
13	" Córdoba	1.110,860	1.031,920			
14	" Córdoba	1.110.952,33	1.031.803,79			2.540,96
15	" Córdoba	1.110,850	1.031,590			
16	" Ollita	1.110,540	1.031,770	O		
17	" Chapinero	1.110.584,43	1.034.978,94	O	2	2.573,12
18	" Corralejas	1.113.424,63	1.034.012,88	Ø	-	2.544,66
19	" Matapaja	1.113.213,68	1.034.080,71	O	1	2.544,74
20	" El Paraiso	1.112,750	1.033,825	Ø	-	
21	" Puente Roto	1.112.095,27	1.033.885,41	Ø	-	2.569,11
22	" Corona	1.112,060	1.034,760	Ø	-	
23	" Balsa Alta	1.111,000	1.034,610	Ø	-	
24	" La Norma	1.111.667,80	1.034.309,76	O		2.575,47
25	" Balsa	1.111.661,88	1.034.451,23	O	7	2.568,49
26	" Placer	1.112,150	1.035,050	O	0,5	
27	" Plan	1.112,400	1.034,900	O		
28	" Cuevas	1.112.617,69	1.034.937,56	O	5	2.542,11
29	" Plan	1.113.521,21	1.035.155,69	O	3	2.541,89
30	" San Martín	1.113,825	1.035,050	O	0,5	
31	" Roma	1.113,930	1.035,040	O	0,5	
32	" Esc.Municipio	1.114.070,82	1.035.045,45	O	5	2.549,97
33	" Carolina	1.114,275	1.034,950	O		
34	" La Esmeralda	1.114,550	1.035,000	Ø	-	
35	" La Castalia	1.114,900	1.034,710	O	2	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantial	Profundidad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 II A						
36	Chiquinqu.Groenlandia	1,115,040	1,034,990	0	3	
37	" Portugal	1,114,949,80	1,035,132,32	0	6	2,562,82
38	" Providencia	1,114,860	1,035,225	0		
39	" Cascajal	1,115,150	1,035,240	0	3	
40	" Cascajal	1,115,225	1,035,350	0	2	
41	" El Jardín	1,115,730	1,035,640	0	2	
42	" La Obra	1,115,274,01	1,035,654,44	0	1,5	2,547,39
43	" El Nacimiento	1,115,300	1,035,500	0	-	
44	" La Siberia	1,115,527,01	1,035,931,03	0	1,5	2,547,96
45	" Horizonte	1,115,625	1,036,120	0	1	
46	" Santa Ana	1,115,850	1,036,110	0	1,7	
47	Saboyá;La Pradera	1,116,433,55	1,036,599,71	0	1	2,561,61
48	" San Rafael	1,116,710	1,036,445	0	1,2	
49	" Santa Inés	1,117,156,11	1,035,831,30	0	-	2,569,24
50	" La Playa	1,116,760	1,034,160	0	1	
51	" Boquerón	1,117,070	1,034,260	0	-	
52	" El Aliso	1,116,810	1,036,750	0	1	
53	" Agua Regada	1,117,410	1,034,590	0	-	
54	" Santo Domingo	1,117,785,45	1,035,685,87	0	1	2,611,64
55	" El Líbano	1,117,642,15	1,035,373,56	0	3	2,602,55
56	" Santo Domingo	1,117,613,41	1,034,507,58	0	2,5	2,599,77
57	" Patio Bonito	1,116,850	1,034,550	0	-	
58	" Vínculo	1,117,450	1,034,290	0	2,5	
59	" Patio Bonito	1,117,550	1,034,000	0	1,5	
60	" Cantino	1,117,069,86	1,034,003,48	0	-	2,548,40
61	Chiquinqu;El Olimpo	1,113,323,73	1,033,641,31	0	-	2,545,31
62	" Cartagena	1,114,648,68	1,033,077,00	0	6	2,543,79
63	" El Olimpo	1,114,100	1,032,000	0	-	
64	" Casa Blanca	1,114,700	1,030,100	0	-	
65	" La Bohemia	1,114,810,72	1,030,396,80	0	6	2,544,00
66	" El Ave María	1,114,975	1,030,550	0	6	
67	" Casa Blanca	1,115,052,12	1,030,617,58	0	5	2,542,55
68	" Sembradero	1,113,660	1,031,400	0	70	
69	Saboyá;Pte. Tierra	1,117,778,41	1,031,415,60	0	-	2,589,18
70	" La Alvania	1,116,730,24	1,031,147,62	0	1,5	2,555,42

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantí.	Profundi- dad m.	Cota de la Placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 II A						
71	Chiquinquirá;La Balsa	1.113,052,55	1.030,504,69	⊕		2.543,45
72	" Prodelbo	1.114,241,16	1.030,855,63	⊕	20.0	2.542,36
73	" Balsa Baja	1.113,371,44	1.032,767,62	○	8	2.571,00
74	" Pto. Colombia	1.114,060	1.031,050	⊕	48	
75	" La Balsa	1.113,875,78	1.030,813,14	⊕	40	2.542,49

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manant.	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
NO.	LOCALIZACION	N	E	⊕ ⊖ ⊕		
Plancha 190 II C						
1	San Miguel;El Cerrito	1,100,800	1,039,700	○	8,5	
2	" " El Cerrito	1,100,526,80	1,040,476,82	○	0,7	2,551,29
3	" " Quintoque	1,100,796,91	1,039,644,51	○	1,8	2,575,69
4	" " El Triunfo	1,101,875,87	1,038,965,64	○	1,5	2,600,47
5	" " San Jorge	1,101,850	1,038,300	○	1,7	
6	Simijaca	1,100,090	1,030,650	⊕		
7	" El Pantano	1,100,209,37	1,031,154,76	⊕	70	2,539,44
8	" Cerro Suta	1,100,690,61	1,030,669,92	⊕		2,540,17
9	" Los Hoyos	1,101,757,04	1,030,501,08	⊕	50	2,544,67
10	" Los Hoyos	1,101,117,00	1,030,777,82	⊕		2,544,77
11	" Los Hoyos	1,101,580	1,031,060	⊕		
12	" La Isla	1,101,496,88	1,031,096,49	⊕		2,541,95
13	" La Isla	1,101,900	1,031,140	⊕	50	
14	" Pinar	1,102,085,18	1,030,245,83	⊕	54,3	2,540,78
15	" La Isla Grande	1,102,396,93	1,030,442,70	○	1,8	2,540,68
16	" Santa Juana	1,103,238,59	1,030,351,03	⊕	98	2,540,38
17	" Ginebra	1,102,732,98	1,030,135,81	⊕	75	2,540,62
18	" Juncalito	1,103,405,62	1,030,966,04	⊕	82	2,554,24
19	San Miguel;Hato Viejo	1,102,137,73	1,034,927,75	○	1,5	2,544,80
20	" " Hato Viejo	1,102,491,86	1,034,704,00	⊕	49	2,539,08
21	" " Pedregal	1,102,460	1,034,910	○	1,4	
22	" " Pedregal	1,102,646,28	1,034,841,72	○	0,6	2,541,35
23	" " La Esperanza	1,102,920	1,034,700	○	3	
24	" " La Isla	1,103,108,21	1,034,500,28	⊕	35,7	2,539,46
25	" " Hato Viejo	1,103,245,71	1,034,667,16	○	1,5	2,541,71
26	San Miguel	1,102,940	1,034,370	⊕	>22	
27	" " Hato Viejo	1,102,552,40	1,035,172,98	⊖	-	2,584,49
28	" " Hato Viejo	1,103,050	1,035,120	○	0,4	
29	" " Hato Viejo	1,103,024,90	1,035,265,94	○	0,5	2,547,13
30	" " La Veranita	1,103,030	1,035,670	⊖	-	
31	" " Picagüita	1,102,594,76	1,035,767,21	⊖	-	2,553,35
32	" " Hato Viejo	1,102,550	1,035,740	○		
33	" " Potreritos	1,102,578,45	1,036,012,36	○	1,3	2,547,18
34	" " Picagüita	1,102,130	1,036,920	⊖	-	
35	" " Picagüita	1,102,630	1,036,360	○	1,5	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantial	Profundidad m.	Cota de la Placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 II C						
36	San Miguel;Caminos	1 102,696,73	1,036,596,26.	Ø	-	2,548,11
37	" " Naranjitos	1,102,950	1,036,780	Ø	-	
38	" " Hato Viejo	1,102,858,08	1,037,065,07	Ø	1,5	2,544,58
39	" " Hato Viejo	1,102,820	1,037,300	Ø	1,5	
40	" " Hato Viejo	1,102,641,37	1,037,549,46	Ø	1,5	2,559,65
41	" " El Moral	1,103,413,40	1,037,125,15	Ø	-	2,543,06
42	" " Peña Blanca	1,103,756,26	1,037,233,95	Ø	0,5	2,544,66
43	" " Peña Blanca	1,103,950	1,037,410	Ø	-	
44	" " Delicias	1,104,062,71	1,036,761,10	Ø	3,6	2,543,67
45	" " San Antonio	1,104,590,14	1,036,238,07	Ø	2,0	2,543,90
46	" " San Miguel	1,104,800	1,036,490	Ø	1,0	
47	" " La Cuadra	1,104,968,96	1,036,107,75	Ø	0,4	2,541,62
48	" " El Asomadero	1,105,215,75	1,036,054,22	Ø	2,0	2,546,76
49	Chiquinq.San Francisco	1,108,351,67	1,030,458,92	Ø	-	2,768,88
50	" La Cabaña	1,108,480	1,030,530	Ø	3,0	
51	" El Pegaso	1,109,256,79	1,030,244,41	Ø	3,0	2,656,38
52	" Alto de Susa	1,109,270	1,030,440	Ø	1,0	
53	" La Ermita	1,109,620	1,030,320	Ø	1	
54	" Plazuelita	1,109,983,50	1,030,425,70	Ø	0,6	2,568,30
55	" La Loma	1,107,079,30	1,031,417,33	Ø	40	2,546,02
56	Simijaca;Argentina	1,105,637,95	1,030,170,51	Ø	80	2,539,89
57	" Fical	1,105,970	1,030,040	Ø	3,6	
58	" Fical	1,106,070,15	1,030,278,76	Ø	>20	2,542,73
59	" Santa Rosa	1,106,480	1,030,310	Ø	3,3	
60	" El Encanto	1,106,570,58	1,030,984,10	Ø	3,7	2,540,83
61	Chiquinqui;Hato de Susa	1,106,818,49	1,031,243,42	Ø	30	2,541,53
62	San Miguel;Punt.de Peña	1,105,140	1,036,170	Ø	-	
63	" Lulu	1,105,740	1,036,430	Ø	-	
64	" La Esmeralda	1,105,424,33	1,033,693,02	Ø	2,9	2,540,21
65	" Brasilia	1,105,684,12	1,035,073,07	Ø	3,6	2,540,60
66	" La Trinidad	1,106,099,49	1,036,362,40	Ø	1,9	2,546,17
67	" El Colegio	1,106,320	1,036,430	Ø	2,9	
68	" Las Brisas	1,106,331,36	1,036,321,81	Ø	1,8	2,551,61
69	" Sabaneca	1,106,440	1,036,460	Ø	1,3	
70	" La Playa	1,106,540	1,036,250	Ø	0,8	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo	Profundi- dad m.	Cota de la Placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E	Aljibe Manantí.		
Plancha 190 II C						
71	San Miguel;Sabaneca	1.106.550	1.036.020	0	1,8	
72	" " Sabaneca	1.106.434,65	1.035.735,31	0	0,8	2.543,05
73	" " La Isla	1.106.294,40	1.035.286,42	0	1,3	2.541,84
74	" " Sabaneca	1.106.760,01	1.035.410,47	0	-	2.550,23
75	" " El Paraiso	1.106.479,80	1.034.639,03	0	4	2.541,75
76	" " La Reforma	1.107.051,11	1.035.619,07	0	1,0	2.543,03
77	" " Sabaneca	1.107.090	1.035.540	0	1,3	
78	" " La Loma	1.107.030,35	1.035.347,34	0	0,7	2.543,30
79	" " Los Alamos	1.107.000,16	1.034.669,79	0	16,5	2.541,75
80	" " San Eduardo	1.106.647,59	1.034.141,90	0	88	2.540,41
81	" " Sabaneca	1.106.840	1.035.830	0	1,1	
82	" " Los Laureles	1.106.860,94	1.036.098,36	0	1,4	2.559,64
83	" " Los Pinos	1.107.211,31	1.036.192,96	0	1,3	2.545,11
84	" " Sabaneca	1.107.221,68	1.036.806,21	0	-	2.552,97
85	" " Esc.El Charco	1.107.680	1.037.350	0	-	
86	" " El Charco	1.108.620	1.036.450	0	0,5	
87	Chiquinq.El Cebollero	1.108.750	1.036.390	0	1,2	
88	" La Isla	1.109.101,59	1.036.371,83	0	2,5	2.545,86
89	" La Isla	1.109.070	1.036.580	0	3,0	
90	" Quicha	1.109.690	1.036.080	0	-	
91	" Quicha	1.109.744,50	1.035.965,34	0	2,0	2.613,89
92	" Quicha	1.109.990	1.035.660	0	-	
93	" El Diamante	1.109.776,11	1.032.283,78	0	-	2.543,08
94	" Hato de Susa	1.108.400	1.032.100	0	2,0	
95	" La Cajita	1.108.397,26	1.031.624,63	0	-	2.557,36
96	" Hato de Susa	1.108.291,97	1.031.993,24	0		2.545,38
97	" La Liberia	1.108.020	1.031.950	0	3,0	
98	San Miguel;Sabaneca	1.105.738,84	1.034.592,17	0	153	2.540,57
99	Chiquinquirá; Siatá	1.107.870	1.031.560	0	-	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo	Profundi-	Cota de
No.	LOCALIZACION	N	E	Aljibe Manant. 	dad m.	la placa m.s.n.m.
Plancha 190 III B						
1	Susa ; Salitre	1,093,830,68	1,028,909,90		-	2,556,25
2	" Salitre	1,093,303,57	1,028,677,96	O	0,5	2,567,63
3	" Santa Isabel	1,091,650	1,028,200	O	0,3	
4	" Hda. Zelandia	1,096,345,07	1,029,056,04		120	2,550,21
5	" El Lucero	1,096,217,09	1,028,866,44	O	3,2	2,553,84
6	" La Glorieta	1,097,710	1,028,840			
7	" Tolima	1,097,642,63	1,028,702,99			2,543,35
8	" Cortijo	1,098,110	1,029,020			
9	" Camellón de Chumbesi	1,098,091,83	1,028,566,18		53,2	2,541,65
10	" La Esperanza	1,098,034,61	1,028,102,01	O	5,5	2,544,29
11	" San Antonio	1,097,497,42	1,028,515,34	O	9,3	2,545,91
12	" San Antonio	1,097,500	1,028,480	O	3,8	
13	" La Glorieta	1,097,470	1,028,390	O	8,6	
14	" Tres Esquinas	1,097,510	1,028,370	O	7,2	
15	" Escuela	1,097,510	1,028,215		60	
16	Simijaca; Hda. Táquira	1,097,660	1,026,920		-	
17	" Puente Guzmán	1,099,212,49	1,026,271,95	O	1,8	2,546,93
18	" Hda. Muiva	1,097,620	1,025,150		-	
19	Susa; Huimta	1,095,854,73	1,029,967,18	O		2,547,46
20	Simijaca; Táquira	1,099,038,48	1,026,113,83		186,5	2,548,05

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantí.	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E	⊕ ○ ⊖		
Plancha 190 IV A						
1	Fúquene; Est. Fúquene	1.090.073.35	1.034.878.10	○	4.1	2.541.80
2	" San Diego	1.090.282.50	1.034.943.51	○	3.4	2.546.96
3	" La Peñita	1.090.607.14	1.035.140.00	○	2.5	2.542.02
4	" Vrda. Taravita	1.092.509.41	1.035.421.30	○	4	2.542.27
5	" La Mama	1.092.580	1.035.540	⊖	-	
6	" El Porvenir	1.092.330	1.035.030	⊕	12	
7	" El Santuario	1.092.328.33	1.034.878.54	⊕	30	2.540.67
8	" El Porvenir	1.093.221.21	1.033.808.68	⊕	40	2.542.17
9	" Villa Hermosa	1.093.809.25	1.033.544.48	⊕	50	2.546.51
10	" Qta. El Santuario	1.095.578.89	1.034.144.61	⊕	20	2.540.41
11	Guachetá Cerro Mariño	1.090.265.36	1.037.804.44	○	2.9	2.541.66
12	" Buenos Aires	1.090.141.01	1.038.213.06	○	3.7	2.545.78
13	" El Recuerdo	1.091.065.67	1.038.586.75	○	3.1	2.542.92
14	Susa El Cerro	1.096.626.37	1.030.152.10	○	3.5	2.546.68
15	Guachetá; Ticha	1.091.000	1.039.000	⊖	-	
16	" San Francisco	1.090.103.86	1.039.839.10	○	3.5	2.542.49
17	" Escuela	1.090.278.75	1.041.274.31	⊖	-	2.545.79
18	" Punta de Peña	1.091.640	1.040.950	○	3	
19	" Punta de Peña	1.091.559.94	1.040.963.65	○		2.544.62
20	" Esc. Tagua	1.092.574.79	1.040.606.49	○	2.9	2.545.10
21	" Miñá	1.090.181.23	1.041.608.20	⊖	-	2.547.05
22	" Miñá	1.090.523.81	1.042.045.34	○	2.4	2.547.67
23	" Miñá	1.090.566.63	1.042.540.57	○	2.1	2.548.27
24	" La Pepita	1.090.802.59	1.042.764.93	○	2.6	2.550.52
25	" Miñá	1.090.724.49	1.043.194.66	○	3	2.574.48
26	" Casa de Teja	1.092.991.05	1.040.440.53	○	2.0	2.557.62
27	" Diamante	1.093.030	1.040.400	⊖	-	
28	" Tagua	1.093.519.53	1.039.983.34	⊖	-	2.540.35
29	" Tagua	1.093.814.97	1.040.190.22	○	3.5	2.540.54
30	" Tagua	1.093.750	1.040.750	⊖	-	
31	Guachetá; El Recuerdo	1.094.708.68	1.041.096.02	○	1.9	2.542.50
32	" Casa Pública	1.094.656.47	1.041.433.54	⊖	-	2.555.64
33	Ráquira; El Oratorio	1.097.042.12	1.040.841.36	○	1.5	2.544.73
34	" San Cayetano	1.097.580	1.040.900	○	1.0	
35	" San Cayetano	1.097.557.25	1.041.048.72	○	0.9	2.544.25

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantia. 	Profundidad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 IV A						
36	Ráquira;La Puntica	1,098,970	1,040,820	O	0,5	
37	Susa ;San Luis	1,096,695,13	1,033,828,53		-	2,552,86
38	" San Luis	1,096,788,59	1,033,638,92		-	2,548,35
39	" Punta de Cruz	1,096,946,52	1,033,687,44	O	2,3	2,540,43
40	" Punta de Cruz	1,096,850	1,033,500	O	1,6	
41	" Punta de Cruz	1,096,925,90	1,033,421,83	O	1,6	2,549,04
42	" Punta de Cruz	1,097,050,95	1,033,490,56	O	1,5	2,544,44
43	" Los Angeles	1,097,055,34	1,033,016,27		50	2,540,54
44	" La Mana	1,096,731,92	1,032,824,15		45	2,549,05
45	" El Rosal	1,096,984,81	1,032,666,55		78	2,540,25
46	" Isla Cabachoyo	1,097,700	1,033,000	O	1,5	
47	" Delicias	1,096,987,77	1,031,930,65			2,540,71
48	" Los Angeles	1,096,900	1,033,050	O	5,9	
49	" Punta de Cruz	1,096,210,11	1,031,771,16	O	5,0	2,544,71
50	" Puente Joaquín	1,096,530	1,013,100	O	5,2	
51	" Delicias	1,096,569,74	1,031,604,02	O	2,1	2,541,70
52	" Roberto Moya	1,095,523,33	1,031,748,12		-	2,549,79
53	" La Patera	1,096,424,09	1,030,733,92		44,5	2,542,93
54	" El Cerro	1,097,230	1,100,320		-	
55	" La Estación	1,096,537,76	1,030,287,29	O	2,3	2,544,25
56	" La Estación	1,097,692,52	1,030,564,88	O	1	2,541,19
57	" La Estación	1,097,691,27	1,030,518,75	O	4,2	2,542,58
58	" La Holanda	1,099,186,31	1,031,213,59		54,3	2,539,91
59	" Campo Alegre	1,096,125,82	1,030,702,66	O	1,4	2,543,04
60	" El Llano	1,095,449,41	1,031,358,75		-	2,547,12
61	Fúquene;Chinzaque	1,093,834,71	1,034,166,39	O	7	2,541,74
62	Susa; El Llano	1,095,070,78	1,030,841,64	O	0,9	2,547,11
63	" El Cerrito	1,094,900	1,030,740		-	
64	" Chequio	1,094,866,57	1,030,604,05	O	0,6	2,546,04
65	" Cascadas	1,094,680	1,030,360	O	0,5	
66	San Miguel;La Peñita	1,099,300	1,034,180	O	3,0	
67	Guachetá ; Ticha	1,090,061,33	1,039,620,48		-	2,543,46
68	" Portones 1	1,090,278,80	1,040,406,53		136	2,541,14
69	" Portones 2 A	1,090,278,80	1,040,406,53		136	2,541,14
70	" Miñá	1,090,512,55	1,043,197,66	O	3	2,583,89
71	Simijaca; El Pantano	1,099,890,41	1,030,613,79		80	2,539,75

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantia. 0	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
Nº.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 IV C						
1	Ubaté;Novilleros	1,080,960	1,031,680	0	4	
2	" Cabuyas	1,080,193,09	1,032,175,10	0	> 4,5	2,548,63
3	" Cabuyas	1,080,263,92	1,032,953,81	+	28,7	2,547,39
4	" Cabuyas	1,081,119,01	1,032,910,55	+	57,7	2,544,99
5	" Cabuyas	1,080,900	1,032,860	+	48,3	
6	" Cabuyas	1,080,590	1,033,000	+		
7	" Cabuyas	1,080,510	1,032,560	+	56	
8	" Cabuyas	1,080,510	1,032,550	+	56,3	
9	" La Alsacia	1,081,525,04	1,032,807,36	+	70	2,545,34
10	" La Alsacia	1,081,485,78	1,033,370,95	+	70	2,544,65
11	" Agropec.La Libertad	1,082,030	1,033,010	+	80	
12	" La Libertad	1,082,395,60	1,033,498,27	+	70	2,544,59
13	" El Berbenal	1,080,370	1,033,340	+	50	
14	" El Berbenal	1,080,385	1,033,330	+	60	
15	" El Berbenal	1,080,327,56	1,034,181,51	+	> 48	2,543,50
16	" Valsora	1,080,160,52	1,034,099,29	+	66	2,548,77
17	" El Berbenal	1,080,524,58	1,033,487,95	+	> 60	2,544,37
18	" El Berbenal	1,080,840	1,033,690	+		
19	" El Berbenal	1,080,253,13	1,033,417,02	0	-	2,546,24
20	" Portón Verde	1,080,251,18	1,034,328,29	+	54,7	2,543,66
21	Lenguazaque;Cochera	1,080,462,62	1,034,631,31	0	2,3	2,545,66
22	Guachetá;Las Manas	1,080,920	1,034,890	0	-	
23	" Las Manas	1,080,940,98	1,034,941,30	0	-	2,587,30
24	" Piedra Gorda	1,081,359,38	1,034,458,70	0	-	2,561,86
25	" Pensilvania	1,082,228,21	1,034,179,90	0	1,1	2,543,19
26	" Las Juntas	1,082,900	1,033,870	+	63	
27	" Las Juntas	1,028,920	1,033,900	+	65	
28	" Piedra Gorda	1,081,520	1,034,400	+	66	
29	" La Selva	1,081,813,19	1,034,741,56	0	-	2,543,72
30	" La Selva	1,081,940	1,037,710	0	4	
31	" Hato Viejo	1,081,790	1,034,890	0	14	
32	" El Llano	1,081,915,51	1,034,830,07	0	3,9	2,548,98
33	" El Refugio	1,082,620	1,035,890	0	-	
34	" Santa Helena	1,082,676,60	1,036,149,60	0	-	2,545,22
35	" Santa Helena	1,082,740	1,036,270	0	-	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantial	Profundidad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 IV C						
36	Guachetá; Santa Helena	1,082,685,37	1,035,808,13	0	0,5	2,540,64
37	" Santa Helena	1,082,650	1,035,590	⊕		
38	" El Recuerdo	1,082,795,88	1,036,308,61	⊕	-	2,547,46
39	" La Hondura	1,083,332,84	1,036,901,82	⊕	-	2,544,52
40	" La Hondura	1,083,380	1,036,990	⊕	-	
41	" Villa Sandra	1,083,882,60	1,036,977,55	0	1,8	2,558,93
42	" Villa Sandra	1,083,860	1,036,880	0	1,8	
43	" Villa Sandra	1,083,870,33	1,036,887,49	0	1,6	2,549,12
44	" El Gólgota	1,084,027,09	1,036,916,25	0	0,9	2,538,00
45	" El Arrayán	1,084,748,69	1,036,390,66	⊕	-	2,546,23
46	Fúquene; Bautista	1,087,294,71	1,033,348,24	0	3,3	2,547,54
47	" San Francisco	1,087,352,31	1,034,044,64	0	3	2,539,83
48	" San José	1,087,480	1,034,090	0	4,3	
49	" Lucerna	1,089,245,75	1,036,261,48	⊕	27,9	2,541,61
50	" Lucerna	1,089,233,03	1,036,297,86	⊕	58,5	2,541,70
51	" Lucerna	1,089,130	1,036,290	⊕		
52	" Yerbabuena	1,089,055,93	1,035,803,54	⊕	76,5	2,540,67
53	" San José	1,087,820	1,033,990	⊕		
54	" San José	1,087,673,40	1,033,824,51	0	1,8	2,541,75
55	" La María	1,087,985,37	1,033,938,14	⊕	-	2,542,99
56	" La María	1,087,934,73	1,033,963,41	0	5	2,540,93
57	" El Recuerdo	1,088,170	1,034,020	0		
58	" Santa Bárbara	1,088,431,50	1,033,942,93	0	5,3	2,548,89
59	" La Comunidad	1,088,600,43	1,034,351,40	0	4,3	2,542,76
60	" San Luis	1,088,490	1,034,310	0	4,6	
61	" La Florida	1,088,820	1,034,370	0	1	
62	Guachetá ; San Luis	1,089,636,28	1,036,715,96	⊕	34,3	2,540,56
63	" La Aldea	1,089,407,15	1,037,409,69	⊕	120	2,542,09
64	" La Aldea	1,089,233,33	1,037,303,48	⊕	2,3	2,556,59
65	Fúquene ; Urbano	1,089,520	1,034,600	⊕	10	
66	Lenguazaque; La Balsa	1,080,330	1,035,000	⊕	-	
67	" Lucitania	1,080,330	1,035,070	⊕	-	
68	Guachetá ; La Playa	1,080,486,00	1,035,107,41	0	2,3	2,547,00
69	" Siatama	1,081,763,95	1,036,803,87	⊕		2,548,52
70	Lenguazaque ; El Retazo	1,081,032,67	1,038,012,38	⊕	55	2,548,48

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantia. O	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 IV C						
71	Lenguaza; Rancho Alegre	1.080.910	1.038.660	Ø	-	
72	" El Espino	1.081.420	1.039.170	Ø	-	
73	" Hda. Bosquecito	1.081.299.93	1.038.983.75	O	2.2	2.552.73
74	" Rabanal	1.081.858.78	1.040.268.05	Ø	-	2.558.61
75	" Rabanal	1.082.027.09	1.040.613.34	Ø	-	2.556.02
76	Lenguazaque	1.081.194.05	1.041.738.84	Ø	-	2.562.75
77	" El Tejar	1.081.920	1.041.060	⊕		
78	" El Tejar	1.081.450	1.041.410	⊕		
79	" El Tejar	1.081.579.74	1.041.649.19	O	8.7	2.561.17
80	" El Tejar	1.081.903.00	1.041.246.72	⊕	>300	2.559.19
81	" El Tejar	1.082.410.50	1.041.108.98	O	7.2	2.559.11
82	Guachetá; El Rincón	1.083.126.96	1.041.483.63	Ø	-	2.576.96
83	" Manitas	1.083.786.46	1.041.697.37	Ø	-	2.682.22
84	" La Manguita	1.084.810	1.041.030	O	3.5	
85	" La Manguita	1.084.856.32	1.041.014.84	O	2.5	2.555.48
86	" Frente Escuela	1.085.101.14	1.040.743.82	O	1.7	2.563.97
87	" La Cajita	1.084.910	1.040.350	Ø	-	
88	" La Fragua	1.084.600	1.039.900	Ø	-	
89	" La Fragua	1.084.630.55	1.039.853.65	Ø	-	2.559.15
90	" Estac. del Tren	1.083.270	1.038.220	O	2.7	
91	" Estación	1.083.210.81	1.038.250.78	O	1.5	2.551.30
92	" El Nopal	1.083.483.78	1.038.372.54	O		2.552.39
93	" El Nopal	1.083.313.21	1.038.500.69	Ø	-	2.550.23
94	Fúquene; La Cascajera	1.086.282.85	1.033.227.34	Ø	-	2.543.91
95	" El Recuerdo	1.086.090	1.033.190	Ø	-	
96	" La Planada	1.085.691.84	1.033.181.91	Ø	-	2.543.88
97	" Hda. Guatancuy	1.084.739.29	1.032.527.87	Ø	-	2.546.00
98	" Hda. La Albaida	1.084.280	1.032.080	O	7.5	
99	" La Fragua	1.084.366.21	1.032.505.18	⊕	45.5	2.543.68
100	" La Mina	1.084.101.80	1.032.013.60	O	8.8	2.548.11
101	" La Albaida	1.083.499.68	1.032.234.99	⊕	90	2.544.61
102	Ubaté ; El Timbo	1.080.995.87	1.036.198.49	⊕	15	2.546.25
103	" Hato Viejo	1.080.238.02	1.036.863.46	⊕	35	2.547.54
104	" San Antonio	1.080.145.61	1.030.443.55	O	2.7	2.551.11

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo Aljibe Manantia. ⚡ O	Profundi- dad m.	Cota de la placa m.s.n.m.
No.	LOCALIZACION	N	E			
Plancha 190 IV C						
105	Guachetá	1,089,025	1,034,450	♂		
106	" Hacienda	1,089,761,93	1,040,156,55	○		2,543,33
107	Lenguazaque; Comunal	1,080,467,78	1,041,353,79	♂	-	2,569,32
108	" El Boquerón	1,080,867,08	1,041,795,81	♂	-	2,562,78
109	" Resguardo	1,080,625,78	1,042,690,07	♂	-	2,571,74
110	Guachetá; Portachuelo	1,089,515,64	1,044,058,82	○	1	2,659,48
111	" Portachuelo	1,089,419,72	1,044,225,80	♂	-	2,663,85
112	" Chapinero	1,088,952,87	1,043,900,63	○		2,655,69
113	" Laguneta	1,088,799,93	1,042,925,09	○		2,706,25
114	Fúquene; Capellanía	1,089,508,70	1,034,695,05	⚡	131,7	2,542,15
115	" Zona Urbana	1,089,620,93	1,031,222,18	⚡	172	2,853,11
116	Lenguazaque; Rabanal	1,082,896,88	1,039,938,32	⚡	152	2,551,54
117	Ubaté ; La Legua	1,082,330,73	1,031,373,36	○	5,1	2,548,26
118	" El Espino	1,082,122,04	1,031,309,61	♂	-	2,550,48
119	" Novilleros	1,082,248,50	1,032,266,11	⚡	150	2,546,09
Plancha 209 I B						
1	Ubaté ; El Ciral	1,077,381,44	1,029,217,38	○	5	2,552,77
2	" San Ignacio	1,077,140,27	1,029,198,89	○	4,8	2,551,02
3	" San Ignacio	1,076,896,82	1,029,535,22	○	4,5	2,549,60
4	Sutatausa; Lagunitas	1,073,045,01	1,029,832,53	○	2	2,544,52
5	" Lagunitas	1,072,910	1,029,840	♂	-	
6	" Las Acacias	1,072,834,22	1,029,212,50	○	2,5	2,548,47
7	Ubaté ; Las Mercedes	1,077,598,26	1,029,669,52	⚡	40	2,552,54
8	" Las Mercedes	1,077,359,07	1,029,658,76	⚡	40	2,550,80
9	" Los Potreritos	1,078,429,47	1,029,321,43	⚡	22	2,555,18
10	" La Estanciolita	1,078,579,08	1,029,586,83	⚡	36,6	2,554,01
11	" El Bujio	1,075,557,71	1,028,143,18	⚡	35	2,553,60
12	" Liceo Bolívar	1,079,515,21	1,029,069,97	⚡	128	2,558,65
13	" La Estanzuela	1,075,273,82	1,028,507,66	○	4	2,553,53

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo	Profundi-	Cota de
No.	LOCALIZACION	N	E	Aljibe Manantia.	dad m..	la placa m.s.n.m.
Plancha 209 I D						
1	Tausa ; Ingeominas 1	1,066,213,31	1,021,280,97	⊕	87	2,931,11
2	Tausa ; Ingeominas 2	1,065,985,44	1,021,375,75	⊕	116	2,958,89
Plancha 209 II A						
1	Cucunubá;La Laguneta	1,073,705,46	1,031,851,62	0	3,5	2,546,83
2	" Santa Inés	1,074,174,24	1,032,206,80	0	2,1	2,543,66
3	" Vda. Pueblo Viejo	1,073,001,91	1,032,406,38	⊕	140	2,546,82
4	" Buenos Aires	1,072,604,40	1,032,735,72	0	10,5	2,550,73
5	" El Peñón	1,072,510,13	1,032,771,51	0	3,4	2,551,37
6	" Cerca Peñón	1,072,370	1,032,570	δ	-	
7	" El Espino	1,072,330	1,032,450	δ	-	
8	" Vrda. Pueblo Viejo	1,072,170	1,032,290	δ	-	
9	" La Despensa	1,072,146,46	1,032,848,39	0	3,8	2,556,23
10	" La Planada	1,072,100	1,032,450	δ	-	
11	" San José	1,072,050	1,034,520	δ	-	
12	" La Puntica	1,072,550	1,033,950	δ	-	
13	" Santa Ana	1,071,650	1,032,250	δ	-	
14	" La Lomita	1,071,260	1,032,020	δ	-	
15	" Planagrande	1,071,110	1,031,890	δ	-	
16	" Casa Blanca	1,071,300	1,033,010	δ	-	
17	" Casa Blanca	1,071,250	1,032,980	δ	-	
18	" Casa Blanca	1,071,100	1,032,870	δ	-	
19	" El Hospital	1,072,320	1,032,670	δ	-	
20	" San Gil	1,072,584,49	1,033,984,02	0	3,4	2,552,95
21	" San Gil	1,072,957,49	1,033,158,59	0	6,9	2,550,35
22	" San Gil	1,073,298,92	1,033,186,09	0	4,5	2,547,56
23	" La Laguneta	1,074,315,65	1,032,904,66	0	6,2	2,546,62
24	" La Laguneta	1,074,385,50	1,032,833,65	0	12	2,545,49
25	" Vrda. La Ramada	1,074,473	1,032,880	δ	-	
26	" Huertas	1,075,100	1,032,970	δ	-	
27	Cucunubá	1,075,150	1,033,100	δ	-	
28	" El Halizal	1,073,800	1,033,760	δ	-	
29	" El Halizal	1,074,090	1,033,950	δ	-	
30	" El Dividivi	1,074,220	1,034,100	δ	-	

Continuación ANEXO 1		COORDENADAS		Pozo	Profundi-	Cota de
No.	LOCALIZACION	N	E	Aljibe Manantí.	dad m.	la placa m.s.n.m.
Plancha 209 II A						
31	Cucunubá;El Dividivi	1.074.430	1.034.250	Ø	-	
32	" El Halizal	1.074.330	1.033.910	Ø	-	
33	" El Porvenir	1.074.493.07	1.033.808.06	O	2	2.561.83
34	" La Loma	1.074.850	1.034.170	Mina		
35	" Piedecuesta	1.074.650	1.033.600	Ø	-	
36	" Piedecuesta	1.075.160	1.033.760	Mina		
37	" Manapunte	1.075.320	1.033.550	Ø	-	
38	" Plana de Perico	1.073.810	1.031.310	Ø	-	
39	Ubaté ; Altamira	1.077.275.92	1.030.543.03	⊕	48	2.546.70
40	" Altamira	1.077.381.73	1.030.551.52	⊕	42	2.547.47
41	" Rincón de Altamira	1.077.765.31	1.030.881.53	⊕	64	2.545.76
42	" Altamira	1.077.879.74	1.031.060.22	⊕	40	2.545.56
43	" Horizonte	1.078.059.89	1.031.012.16	⊕	15	2.546.04
44	" Horizonte	1.078.355.01	1.031.258.06	⊕	62	2.545.46
45	" Vereda La Patera	1.078.054.64	1.031.284.39	⊕		2.545.39
46	" Venecia	1.078.016.73	1.031.910.68	⊕	53	2.544.29
47	" Venecia	1.078.060	1.031.945	⊕		
48	" Esc.Santa Helena	1.078.684.65	1.031.350.53	O	4	2.545.59
49	" Horizonte	1.078.570	1.031.350	O	13	
50	" San José	1.078.420	1.030.950	⊕		
51	" Valsora	1.079.845.61	1.034.216.87	⊕		2.543.54
52	Lenguazaque;Picagüita	1.078.032.57	1.035.336.67	⊕	70	2.544.45
53	" Picagüita	1.077.817.35	1.034.981.30	⊕	120	2.547.13
54	" Picagüita	1.078.301.37	1.036.118.53	⊕	70	2.552.90
55	" Picagüita	1.078.403.20	1.036.043.27	⊕		2.550.32
56	" La Rivera	1.078.640	1.036.750	Ø	-	2.750
57	Ubaté;Punta de Vega	1.078.903.70	1.033.066.71	O	1.5	2.545.94
58	" El Papayo	1.072.312.00	1.031.895.27	⊕	30	2.551.52
59	" El Alumbre	1.072.549.76	1.031.708.20	⊕	80	2.554.04
60	" Sueca	1.074.587.09	1.031.024.65	O	3.5	2.543.63
61	" La Sueca	1.074.676.29	1.030.650.70	O	2.2	2.543.90
62	" La Primavera	1.078.935.05	1.030.153.34	O	4	2.550.65
63	" El Ceibo	1.078.726.13	1.030.152.72	O	3	2.550.11
64	" Picagüita	1.078.741.22	1.034.738.28	⊕	22	2.542.88
65	" Gibraltar	1.079.899.61	1.036.653.93	⊕	20	2.545.07
66	Lenguazaque;Vrda.Centro	1.078.180.84	1.041.013.49	Ø	-	2.586.25
67	"	1.079.375.43	1.040.658.97	Ø	-	2.591.83
68	Ubaté ; San Isidro	1.079.664.27	1.031.751.07	⊕	126	2.545.74
69	Lenguazaque;Zona Urbana	1.078.076.97	1.040.577.90	⊕	238	2.572.96

## ANEXO 2.

**NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AREA DE UBATE Y CHIQUINQUIRA  
EN METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR**

Número	Pozo ; Aljibe ; o	Profundidad del pozo o aljibe en m.	Febr. '80	Marzo '80	Abril '80	Julio '80
<b>190 I B</b>						
1	✧	40			2.566.74	2.552.97
2	o	1,5		2.656.05		
6	o	1,0		2.576.32		2.576.43
8	o	1,5		2.591.94		2.592.02
10	o	1,7		2.592.87		2.592.20
11	o	2,0		2.608.60		2.608.12
12	o	1,0		2.575.87		2.575.80
16	o	2,6		2.558.56		2.558.13
21	✧	102				2.540.85
22	o	2			2.556.78	2.556.53
23	o	2			2.567.55	2.566.84
<b>190 I D</b>						
3	✧	38	saltante			saltante
7	✧		2.557.23			2.557.96
10	o	1,0		2.617.63		2.617.73
37	o	5	2.566.46			2.566.38
41	✧	40	2.559.13			2.558.71
46	o	5,3	2.563.82			2.564.56
65	✧	65,8	saltante			2.541.13
66	o	5,7	2.539.64			2.538.67
69	o	2,3	2.540.21			2.539.77
76	o	7,1	2.545.49			2.544.99
78	✧		saltante			2.541.21
79	✧	73	saltante			2.541.79
82	✧		saltante			saltante
89	✧	50	2.542.22			2.541.92
92	✧	94	saltante			2.540.77
93	✧	96	2.540.25			2.539.95
95	✧	5	2.542.38			2.542.03
96	✧	25	2.544.76			2.544.76
97	✧			2.545.89		2.545.04
98	✧	15		2.551.19		2.547.94
99	✧	150				2.553.81
100	✧	73		2.554.46		2.554.76
<b>190 II A</b>						
1	o	2,0	2.567.97			2.566.93
2	o	1,3		2.573.15		2.572.97
4	✧			2.540.45		2.539.86
8	✧	25		2.540.37		2.539.91
11	✧	40	2.541.11			2.540.29
14	✧		2.540.86			2.540.72
17	o	2	2.572.02			2.571.10
19	o	1			2.544.34	2.544.26
24	o					2.574.74
25	o	7				2.564.18
28	o	5			2.540.90	2.540.55
29	o	3			2.541.18	2.541.04
32	o	5			2.549.69	2.549.53
37	o	6			2.561.72	2.561.10
42	o	1,5			2.546.94	2.546.91
44	o	1,5			2.547.78	2.547.69
47	o	1			2.561.38	2.561.28
54	o	1			2.611.21	2.611.15
55	o	3			2.601.27	2.601.36
56	o	2,5			2.598.47	2.598.23
62	o	6				2.540.04

Número	Poso o Aljibe	Profundidad del poso o aljibe en m.	Oct. '79	Nov. '79	Febr. '80	Marzo '80	Abril '80	Julio '80
190 II A								
65	o	6					2.542.81	2.542.37
67	o	5					2.541.75	2.541.40
70	o	1,5						2.555.03
71	+					2.540.70		2.539.40
72	+	200				2.539.46		2.538.93
73	o	8					2.567.28	2.566.70
75	+	40						2.539.05
190 II C								
2	o	0,7		2.549.99				2.544.38
3	o	1,8						2.573.72
4	o	1,5		2.600.37				2.599.30
8	+							2.538.46
9	+	50						2.544.47
12	+							saltante
14	+	54,3	saltante					2.540.48
15	o	1,8						2.539.59
16	+	98						2.540.18
17	+	75	saltante					2.540.32
19	o	1,5	2.544.40					2.543.88
20	+	49	saltante					2.539.28
22	o	0,6	2.540.95					2.540.70
24	+	35,7	saltante					2.539.03
25	o	1,5	2.541.41					2.540.51
29	o	0,5	2.546.93					2.546.65
33	o	1,3	2.547.13					2.546.92
38	o	1,5						2.543.83
40	o	1,5	2.559.20					2.558.85
42	o	0,5	2.544.16					2.543.36
44	o	3,0						2.542.92
45	o	2,0		2.543.60				2.543.71
47	o	0,4		2.541.37				2.541.27
48	o	2,0		2.546.46				2.546.28
51	o	3,0			2.655.18			2.656.07
54	o	0,6			2.568.25			2.567.70
55	+	40						saltante
56	+	80						saltante
58	+	> 20						saltante
60	o	3,7				2.540.13		2.540.23
61	+	30				saltante		saltante
64	+	2,9		2.539.91				2.539.31
65	+	3,6		2.540.30				2.539.72
66	o	1,9		saltante				2.546.12
68	o	1,8		2.551.51				2.549.81
72	o	0,8		2.542.25				2.542.08
73	o	1,3		2.541.34				2.541.06
75	o	4		2.540.05				2.539.50
76	o	1,0		2.542.68				2.542.31
78	o	0,7		saltante				2.542.27
79	+	16,5		2.541.35				2.540.59
80	+	88						2.538.73
82	o	1,4		saltante				2.558.74
83	o	1,3		saltante				2.544.68
88	o	2,5			2.545.71			2.545.51
91	o	2,0			2.612.79			2.612.91
96	o				2.543.98			2.544.07
98	+	153						saltante

Número	Poso : $\nabla$ Aljibe: o	Profundidad del pozo o aljibe en m.	Abril '79	Julio '79	Agosto '79	Sept. '79	Oct. '79	Febr. '80	Julio '80
190 III B									
2	o	0,5				2.566.98			2.566.51
5	o	3,2							2.551.92
9	$\nabla$	53,2					2.539.59		
10	o	5,5					2.540.08		2.540.09
11	o	9,3					2.543.96		2.543.63
17	o	1,8					2.545.43		2.545.40
19	o					2.547.26			2.547.11
20	$\nabla$	186,5							2.546.55
190 IV A									
1	o	4,1			2.539.82				2.540.38
2	o	3,4			2.544.90				2.545.55
3	o	2,5			2.541.62				2.541.77
4	o	4			2.539.37				2.539.60
10	$\nabla$	20							2.541.40
11	o	2,9		2.541.26					2.539.38
12	o	3,7		2.542.57					2.543.04
13	o	3,1		2.540.17					2.540.34
14	o	3,5				2.545.38			2.544.51
16	o	3,5		2.539.49					2.539.27
20	o	2,9							2.544.18
22	o	2,4		2.546.71					2.546.56
23	o	2,1		2.547.21					2.547.78
24	o	2,6		2.549.67					2.549.67
25	o	3			2.574.08				2.573.78
26	o	2,0							2.556.90
29	o	3,5				2.540.29			2.540.54
31	o	1,9				2.540.97			2.540.98
33	o	1,5				2.544.48			2.544.35
35	o	0,9				2.543.85			2.543.76
39	o	2,3				2.539.30			2.538.48
41	o	1,6				2.547.94			2.547.70
42	o	1,5				2.543.12			2.543.25
49	o	5,0				2.541.08			2.540.17
51	o	2,1							2.540.61
53	$\nabla$	44,5							2.541.93
55	o	2,3				2.543.65			2.543.50
56	o	1				2.540.91			2.540.99
57	o	4,2				2.540.78			2.540.63
58	$\nabla$	54,3				2.538.73			2.538.52
59	o	1,4				2.541.96			2.541.68
61	o	7						2.539.25	2.539.05
62	o	0,9				2.546.21			2.545.96
64	o	0,6				2.545.44			2.545.27
69	$\nabla$	136							saltante
70	o	3			2.581.94				2.582.19
190 IV C									
2	o	> 4,5			2.548.38				2.548.28
3	$\nabla$	28,7			2.543.46				2.543.14
4	$\nabla$	57,7			saltante				2.545.19
9	$\nabla$	70			2.545.14				2.545.13
10	$\nabla$	70			saltante				2.545.05
12	$\nabla$	70			saltante				2.544.84
15	$\nabla$	> 48	saltante						2.543.80
16	$\nabla$	66	2.545.41						2.545.33
17	$\nabla$	> 60			saltante				2.544.87

Número	Pozo	Profundidad del pozo o aljibe en m.	Abril '79	Mayo '79	Junio '79	Julio '79	Agosto '79	Junio '80	Julio '80
190 IV C									
20	+	54,7	saltante						2.543.83
21	o	2,3	2.544.52						2.545.21
25	o	1,1			2.542.48				2.542.60
32	o	3,9			2.548.63				2.548.32
36	o	0,5			2.540.24				2.540.34
41	o	1,8			2.558.73				2.558.69
43	o	1,6			2.548.72				2.548.77
44	o	0,9			2.537.85				2.536.56
46	o	3,3				2.547.21			2.547.05
47	o	3				2.538.65			2.538.91
49	+	27,9				2.539.57			2.539.99
50	+	58,5				2.541.40			
52	+	76,5				saltante			2.540.78
54	o	1,8				2.540.40			2.540.77
56	o	5				2.538.78			2.538.79
58	o	5,3				2.545.44			2.544.83
59	o	4,3				2.539.67			2.539.79
62	+	34,3				2.540.06			2.540.23
63	+	120							2.540.83
64	o	2,3				2.555.19			
68	o	2,3	2.545.63						2.546.30
70	+	55		2.548.17					2.547.22
73	o	2,2		2.552.52					2.552.38
79	o	8,7			2.557.49				2.557.85
80	+	>300			saltante				saltante
81	o	7,2	2.558.77						
85	o	2,5			2.555.08				2.555.05
86	o	1,7			2.562.69				2.563.16
91	o	1,5			2.551.05				2.550.93
92	o								2.551.09
99	+	45,5			2.543.48				2.543.43
100	o	8,8			2.547.29				2.547.39
101	+	90			2.544.61				2.544.51
102	+	15		2.546.35					2.546.32
103	+	35		2.547.49					2.547.24
104	o	2,7			2.549.70				2.548.32
106	o					2.542.10			2.542.18
110	o	1					2.659.23		2.658.86
112	o						2.655.39		2.655.34
113	o						2.705.85		2.705.81
114	+	132							2.541.50
115	+	172							saltante
116	+	152							saltante
117	o	5,1			2.547.52				2.547.28
209 I B									
2	o	4,8	2.550.67					2.548.76	
3	o	4,5	2.547.45					2.548.05	
4	o	2	2.544.17						
6	o	2,5	2.547.14					2.546.47	
11	+	35	2.553.42						
12	+	128						2.546.31	
13	o	4	2.552.69					2.551.66	

Número	Poso : Aljibe : o	Profundidad del poso o aljibe en m.	Abril '79	Mayo '79	Julio '79	Sept. '79	Junio '80	Julio '80
209 I D								
1	+	87				2.931.01		
209 II A								
1	o	3,5	2.546.24				2.545.61	
2	o	2,1	2.542.50				2.542.20	
3	+	140	2.546.68					
4	o	10,5	2.546.86					
5	o	3,4	2.549.22				2.549.26	
9	o	3,8	2.553.35					
21	o	6,9	2.544.21					
23	o	6,2	2.541.16				2.543.02	
24	o	12	2.544.81				2.543.69	
33	o	2			2.559.83		2.560.47	
40	+	42	2.546.65				2.545.72	
41	+	64	2.545.44				2.545.50	
42	+	40	2.545.56				2.545.82	
43	+	15	2.545.34					
44	+	62	saltante				2.545.29	
46	+	53	saltante				2.545.79	
48	o	4	2.544.59				2.544.11	
52	+	70					2.544.55	
57	o	1,5	2.545.12				2.545.54	
58	+	30	2.550.47				2.549.72	
59	+	80	2.553.72				2.554.04	
60	o	3,5	2.543.33				2.543.20	
61	o	2,2	2.543.30					
62	o	4	2.548.94				2.549.73	
63	o	3	2.547.96				2.548.81	
64	+	22	2.542.42					2.542.48
65	+	20		saltante				2.545.40
68	+	126						2.545.54

## ANEXO 3.

**PROFUNDIDADES Y ESPESORES DE LOS NIVELES ACUIFEROS EN EL RELLENO CUATERNARIO DE LA ANTIPLANICIE DE UBATE Y CHIQUINQUIRA**

No. Sondeo	Profundidad y espesor en m.	No. Sondeo	Profundidad y espesor en m.	No. Sondeo	Profundidad y espesor en m.	No. Sondeo	Profundidad y espesor en m.	No. Sondeo	Profundidad y espesor en m.	
190IB- 1	15 - 25	190IIC- 1	8 - 60	190IIIB- 1	6,5 - 45	190IVA-14	38 - 78	190IVC-40	27 - 75	
- 3	14 - 25	- 2	4,3 - 100	- 2	9,5 - 50	-15	42 - 95	-41	35 - 60	
190ID- 6	4,8 - 38	- 3	4,3 - 100	- 3	5,5 - 50	-16	40 - 100	-43	25 - 70	
- 7	2,9 - 76	- 4	3,9 - 14,5	- 4	3,5 - 44	-17	26 - 78	-44	30 - 48	
- 8	8,1 - 62	- 5	4,9 - 60	- 5	6,5 - 50	-18	26 - 195	209IB- 1	17 - 70	
- 9	9,2 - 75	- 6	1 - 36	- 6	10 - 83	-19	30 - 90	- 4	4 - 35	
-10	4 - 105	- 7	10,5 - 120	- 7	7 - 45	-20	8 - 78	- 7	11 - 19	
-11	2,6 - 21	- 8	13 - 120	- 8	5,3 - 42	-22	41 - 85	- 8	2,3 - 30	
-12	13 - 50	- 9	1,8 - 60	- 9	8 - 44	-23	25 - 40	209IIA- 1	10 - 110	
-13	13 - 40	-10	2,1 - 78	-10	3 - 75	-24	4,2 - 22	- 2	25 - 80	
-14	17 - 50	-11	14 - 75	-11	1,6 - 49	-25	3,5 - 110	- 3	23 - 60	
-15	13 - 55	-12	8,8 - 78	-12	1,8 - 25	-26	6 - 35	- 4	15 - 80	
-16	10 - 85	-13	8 - 55	-13	5,9 - 25	-27	21 - 118	- 8	11 - 80	
-17	2,1 - 49	-14	2,4 - 30	-14	3,8 - 24	190IVC- 2	17 - 31	- 9	7,3 - 45	
-22	16 - 110	-15	2,4 - 32	-15	2 - 21	- 3	20 - 33	-10	38 - 43	
-23	8,5 - 60	-16	5,1 - 25	-16	5,8 - 25	- 7	3 - 30	-11	5,1 - 15	
190IIA- 1	17 - 63	-17	13 - 25	-17	8 - 50	- 8	9,9 - 14	40 - 65	-13	17 - 33
- 2	13 - 60	-18	1,2 - 30	-18	3 - 50	-13	22 - 45	-14	8,7 - 13	
- 3	17 -	-19	2 - 35	-19	7,5 - 21	-14	40 - 52	-18	35 - 72	
- 4	35 - 60	-20	1,5 - 26	-20	5,2 - 14	-15	35 - 100	-19	13 - 29	
- 5	15 - 48	-21	2 - 43	-21	5,3 - 42	-16	25 - 70	-20	26 - 90	
- 6	6 - 52	-22	4,1 - 20	-22	9,7 - 40	-17	1,6 - 175	-21	25 - 150	
- 7	7,2 - 58	-23	4 - 22	-23	2,9 - 23	-18	42 - 120	-22	20 - 48	
- 8	29 - 60	-24	1,8 - 18	-24	19 - 25	-19	45 - 60	-23	23 - 60	
- 9	19 - 25	-25	5 - 24	-25	21 - 45	-20	24 - 90	-24	16 - 50	
-10	6 - 25	-26	12,5 - 23	-26	4 - 16	-21	28 - 110	-25	31 - 150	
-11	11 - 27	-27	9,7 - 60	-28	10 - 35	-22	26 - 110	-26	19 - 75	
-12	6,3 - 35	-28	5,5 - 25	190IIID- 1	14,0 - 60	-24	29 - 89			
-13	8 - 36	-29	4,3 - 67	190IVA- 1	27 - 44	-25	32 - 135			
-14	6 - 92	-30	9,5 - 90	85 - 125						
-15	7,5 - 35	-31	10,5 - 115	- 2	36 - 115	-27	11 - 22			
-16	15 - 55	-32	1,4 - 30	- 3	10 - 26		34 - 90			
-17	2,9 - 53	-33	3,8 - 44	- 4	50 - 150	-28	27 - 97			
-18	2,3 - 35			- 4	17 - 75	-29	34 - 95			
-19	4,6 - 50			- 5	30 - 90	-30	38 - 88			
-20	1,5 - 35			- 6	41 - 125	-31	20 - 50			
-21	4,2 - 39			- 7	25 - 75	-32	36 - 62			
-22	14 - 527			- 8	22 - 100	-34	24 - 65			
-23	12,5 - 23			-10	21 - 100	-35	19 - 110			
				-11	31 - 60	-37	14 - 58			
				-12	30 - 42	-38	30 - 78			
				-13	43 - 90	-30	11 - 45			

Fuente: Datos según Carreño y Vásquez, 1981.