

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE  
GUATEMALA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA  
POR

**ENRIQUE VELASQUEZ MONZON**

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1995

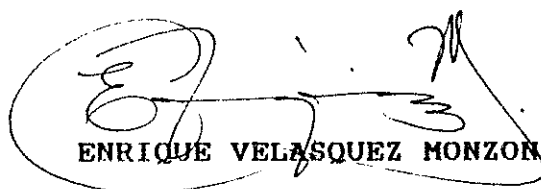
08  
T(3629)  
C.4

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de agosto de 1994.

  
**ENRIQUE VELASQUEZ MONZON**

UNIVERSIDAD DE LA AMERICA CENTRAL  
Escuela de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO:	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO:	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO:	BR. FERNANDO WALDEMA DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO:	BR. PEDRO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR:	ING. ANIBAL RODAS MAZARIEGOS
EXAMINADOR:	ING. HENRY DE JESUS LOPEZ LOPEZ
EXAMINADOR:	ING. CARLOS ROBERTO GARCIA SANDOVAL
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

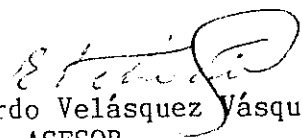
Guatemala, 19 de septiembre de 1995

Señor Ingeniero  
Marco Tulio Ventura Roldán  
Coordinador Area de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil  
Universidad de San Carlos

Señor Coordinador:

Por este medio me es grato dirigirme a usted, para comunicarle que he revisado y se han efectuado las correcciones del caso, del trabajo de tesis titulado "ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE GUATEMALA", elaborado por el estudiante Enrique Velásquez Monzón, por lo cual me complace aprobarla.

Agradeciendo de antemano la atención a la presente, me suscribo de usted muy atentamente,

  
Ing. Estuardo Velásquez Yásquez  
ASESOR

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 31 de octubre de 1995

Ingeniero  
Jack Douglas Ibarra  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

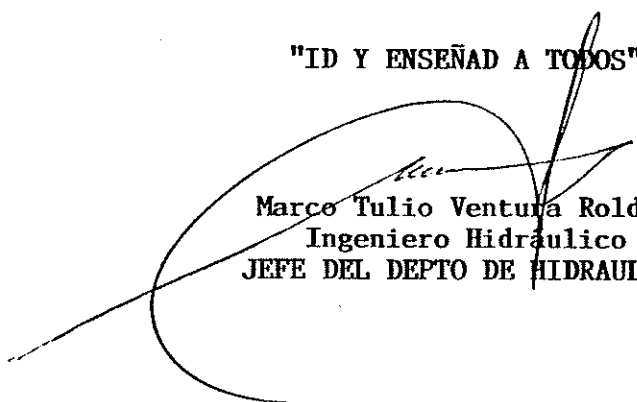
Señor Director:

Después de haber analizado el trabajo de tesis titulado **"ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE GUATEMALA"**, del estudiante universitario ENRIQUE VELASQUEZ MONZON, con carnet número 88-12009 y actuando como Jefe del Departamento de Hidráulica, le informo que el mismo ha llenado todos los requisitos de índole técnica en forma satisfactoria y a cabalidad.

Es de hacer notar que el presente trabajo de tesis será de gran utilidad para la explotación del agua subterránea en proyectos futuros de abastecimiento de agua a la Ciudad de Guatemala.

Atentamente,

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Marco Tulio Ventura Roldán  
Ingeniero Hidráulico  
JEFE DEL DEPTO DE HIDRAULICA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Estuardo Velásquez Vásquez y del Jefe del Departamento de Hidráulica Ing. Marco Tulio Ventura Roldán, sobre el trabajo de tesis del estudiante Enrique Velásquez Monzón, titulado ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, noviembre de 1,995.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis ESTUDIO DE LOS NIVELES FREATICOS EN EL VALLE DE GUATEMALA, del estudiante Enrique Velásquez Monzón, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Julio Ismael González Pedezueck  
DECANO



Guatemala, noviembre de 1, 1995

/hbdeb.

**ACTO QUE DEDICO A:**

- MIS PADRES:** Enrique Velásquez Vásquez  
Sabina Imelda Monzón de Velásquez
- MIS ABUELOS:** Enrique Velásquez Mendizabal (Q.E.P.D.)  
Carmen Vásquez Vda.de Velásquez  
Egidio Monzón Pérez  
Maria C. Oliva de Monzón (Q.E.P.D.)
- MIS HERMANOS:** Sabina Mayarí Velásquez de Tenas  
Carmen Isabel Velásquez Monzón  
Sergio Orlando Tenas Galindo  
Rafael Asterio Reyes Durán  
Mario Leopoldo Zea G.
- MIS SOBRINOS:** Sergio Carlos, Emilio Eduardo y Sofía  
Mayarí Tenas Velásquez.
- MIS FAMILIARES:** Especialmente a la Familia Velásquez  
Melgar.



AGRADECIMIENTO:

- A Dios, que me dió la vida, e iluminó mi camino para lograr los éxitos alcanzados.
  
- Al Ingeniero Estuardo Velásquez Vásquez, por la colaboración que me brindó con su asesoría y apoyo en la realización del presente trabajo.
  
- A los Ingenieros Roberto Balizón, Plutarco R. Vásquez M. y al Señor Juan Chacón, por la colaboración desinteresada en la realización del presente trabajo.
  
- A la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), al Departamento de Aguas Subterráneas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), y a las Municipalidades de los Municipios del Valle de Guatemala, que me brindaron la información necesaria para la realización del presente trabajo.

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (INSIVUMEH)  
CALLE DE LA PAZ, C. A. 10010, GUATEMALA, GUATEMALA

**INDICE**

## INDICE

INTRODUCCION .....	I
OBJETIVOS .....	II
GLOSARIO .....	III

### Capítulo 1

<b>DEFINICION DEL AREA DE INVESTIGACION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción General del Area .....	3
1.2. Rasgos Morfológicos, Hidrográficos e Hidrogeológicos .....	3
1.3. Condiciones Generales del Agua Sub- terránea en el Valle de Guatemala .....	9
1.4. Red de Pozos de Observación .....	10
1.4.1. Red Cuenca Norte .....	10
1.4.2. Red Cuenca Sur .....	11
1.4.3. Areas de Influencia del Valle de Guatemala .....	11

### Capítulo 2

<b>USO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA .....</b>	<b>14</b>
2.1. Aprovechamiento del Agua Subterránea .....	16
2.1.1. Usuarios del Recurso .....	16
2.1.2. Régimen del Uso y Aprovechamiento .....	17
2.1.3. Interferencias en el Uso y Apro- vechamiento .....	18

### Capítulo 3

<b>CARACTERISTICAS DEL AGUA SUBTERRANEA .....</b>	<b>19</b>
3.1. Profundidad .....	19
3.2. Condiciones de Presión .....	21
3.3. Fluctuación del Nivel Freático .....	25
3.4. Análisis de la Variación de los Niveles del Agua Subterránea .....	26
3.5. Sentido del Escurrimiento Subterráneo .....	27

### Capítulo 4

<b>BALANCE DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA .....</b>	<b>33</b>
4.1. Descripción del Sistema .....	33
4.2. Cuantificación del Balance .....	36
4.3. Posibles Areas de Recarga en el Valle de Guatemala .....	39
4.4. Proyección del Trabajo de Investigación .....	40

## Capítulo 5

<b>CONSERVACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL VALLE DE GUATEMALA</b> .....	42
5.1. Principios de Protección de las Aguas Subterráneas .....	42
5.2. Control de Explotación de Aguas Subterráneas .....	47
5.2.1. Disposiciones Administrativas y Legales .....	47
CONCLUSIONES .....	51
RECOMENDACIONES .....	53
BIBLIOGRAFIA .....	55
ANEXOS .....	57
Anexo 1 .....	57
Anexo 2 .....	60
Anexo 3 .....	63

## INTRODUCCION

El conocimiento del recurso hídrico en el Valle de Guatemala es de suma importancia, lo cual requiere de una actualización permanente; específicamente, en lo referente a los recursos de aguas subterráneas, ya que éstos son prácticamente los únicos disponibles en la cuenca para el abastecimiento de agua de la Ciudad Capital, ya que los existentes se están utilizando en su mayoría, y los que podrían estar disponibles, se encuentran totalmente contaminados.

Asimismo, tomando en cuenta que en la actualidad el crecimiento urbano de las ciudades principales hace que las demandas de agua se incrementen constantemente, caso específico es la ciudad capital, donde gran porcentaje del abastecimiento proviene de aguas subterráneas a través de la perforación de pozos.

Sumado a lo anterior, el mal aprovechamiento que se tiene de las aguas subterráneas, ya que existe una explotación sin ningún control en cantidad y calidad; y la poca área de recarga que tiene el Valle de Guatemala.

Disponer del conocimiento actualizado de la variación de los niveles de agua subterránea es vital y de suma importancia para planificar el uso de dichas aguas de una manera racional. También es necesario dicho conocimiento para seleccionar las medidas necesarias que se deben tomar para su protección, conservación y el control de la explotación de dicho recurso.

**OBJETIVOS**

## OBJETIVOS

### GENERAL:

El objetivo del presente trabajo es actualizar la información de los niveles del agua subterránea que se encuentran en el Valle de Guatemala, para que esta información sirva de base en la planificación y control de la explotación del agua subterránea, tomando en cuenta que cada día se perforan más pozos, el porcentaje de explotación de este recurso se incrementa sustancialmente y las variaciones de los niveles muestran un descenso continuo.

### ESPECIFICOS:

- Conocer la variación de los niveles del agua subterránea en la cuenca de estudio, para determinar que cantidad se ha explotado en el área del Valle de Guatemala.
- Conocer las áreas más críticas donde el nivel del agua subterránea ha descendido más.
- Conocer en forma general los principios de protección y control de la explotación que se pueden aplicar para la conservación de las aguas subterráneas.

# GLOSARIO



## GLOSARIO:

- ACUIFERO:** Formación de roca permeable, o subsuelo a través del cual se mueve el agua subterránea más o menos libremente. (12).
- Se denomina acuífero a aquel estrato o formación geológica que permitiendo el almacenamiento y circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades. (6).
- AGUA SUBTERRANEA:** La que ocupa los espacios de los poros del manto rocoso y de la roca sólida de la superficie del suelo. Se llama también aguas subalveas o freáticas. (6).
- ALUVION:** Cualquier tipo de detritus depositados por corrientes. (6).
- ANDESITA:** Roca ígnea, compuesta esencialmente de minerales y/o constituyentes ricos en hierro y magnesio. (5).
- DETRITUS:** Acumulaciones procedentes del desgaste o desintegración de rocas preexistentes. (6).
- FALLA:** Fractura a lo largo de la cual los lados opuestos se ven desplazados relativamente. (5).
- GEOLOGIA:** Es la ciencia que da razón de los fenómenos que continuamente se observa en la superficie terrestre, utilizando para ellos los recursos de otras ciencias auxiliares (12).
- Ciencia que estudia todos aquellos fenómenos naturales, excepto los de tipo biológico, así como el origen e interrelaciones mutuas, que se producen en el planeta tierra, ya sea bajo la superficie terrestre, o en ella misma. (14)

- HIDROGEOLOGIA:** Conjunto de fenómenos de erosión; transporte y sedimentación, producidos por agentes acuosos. (5).
- HIDROGEOLOGIA SUBTERRANEA:** Parte de la hidrología que corresponde al almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en la zona saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre. (5).
- HIDROGRAFIA:** La que estudia los cursos de agua sobre la superficie terrestre, distribución de los lagos, su régimen y sus variaciones. (4).
- INFILTRACION:** Introducción lenta de un líquido entre los poros de un sólido; referido al agua, el paso dentro de ésta a través de los pequeños espacios del suelo y del subsuelo. (14).
- KARSTIFICACION:** El término "Karst" es sinónimo de aquellas formaciones geológicas constituidas por rocas sedimentarias consolidadas, cuyos poros o fisuras han sido ensanchados por la acción disolvente de las aguas subterráneas, hasta formar grandes conductos y cuevas que dan lugar a unas características geomorfológicas típicas. (5).
- MORFOLOGIA:** Estudio de las formas del relieve terrestre, origen de las mismas y su evolución. (4).
- PIROCLASTICO:** Término aplicado a materiales volcánicos que han sido eruptados explosivamente al aire desde un cráter volcánico. (5).

**RELLENO PIROCLASTICO:**

Depósitos formados por una gran acumulación de fragmentos de rocas, depositadas por distintas erupciones. (5).

**PRECIPITACION:**

Agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida cae sobre la superficie de la tierra. (4).

**SEDIMENTOS:**

Depositos de material rocoso de organismos muertos, sustancias químicas y de otros materiales. (2).

Depositos de origen detrítico, químico y orgánico, fruto de la destrucción mecánica o de la alteración de las rocas, de las precipitaciones de elementos disueltos en el agua o de la acumulación de materia orgánica en un medio continental o marino. (14).

**TECTONICA:**

Rama e la geología que estudia los rasgos estructurales de la tierra. (5).

***DEFINICION DEL AREA DE  
INVESTIGACION***

**CAPITULO 1**

## DEFINICION DEL AREA DE INVESTICACION

Las necesidades de abastecimiento de agua potable de la ciudad capital cada día se incrementan, debido fundamentalmente al crecimiento demográfico de la población.

por el contrario, las fuentes de agua disponible cada día son menores, sumando el factor de contaminación que está sufriendo nuestro recurso.

En este sentido, el presente trabajo de tesis se ha enfocado en un marco físico más amplio que la Ciudad Capital, el cual incluye parte de otros municipios, lo cual ha sido definido en base a las cuencas del Valle de Guatemala. (Ver figura 1).

Estas cuencas son la del Río Michatoya, localizada al sur del área metropolitana y que pertenece a la vertiente del Pacífico; y la cuenca del Río las Vacas, localizada al norte del área metropolitana, que desemboca en el río Motagua, en la vertiente del Atlántico.

La selección del área de estudio, fué basada en el "Estudio del Agua Subterránea en el Valle de Guatemala", realizada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Metereología e Hidrología (INSIVUMEH); el

# *LOCALIZACION DEL VALLE DE GUATEMALA*

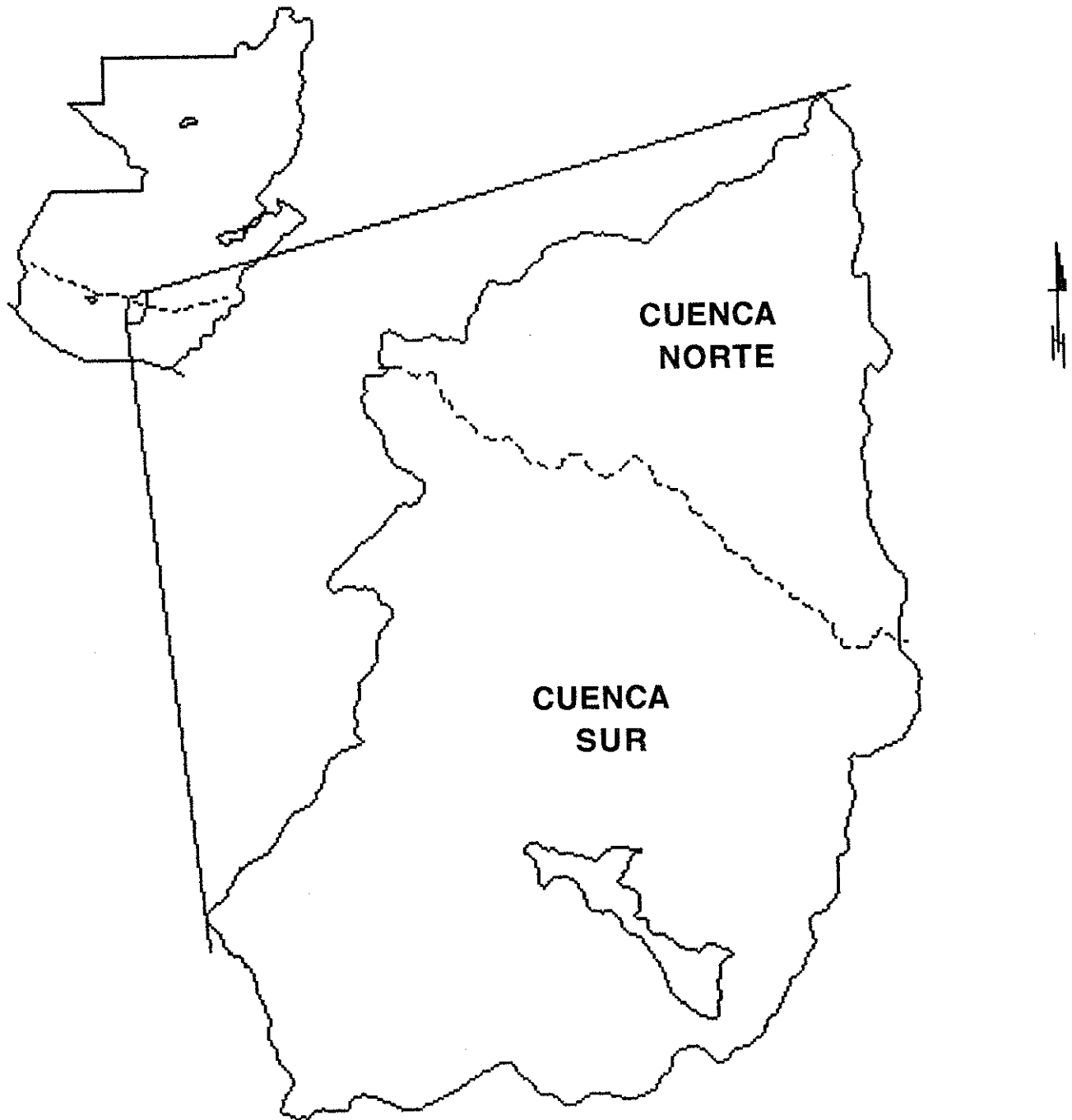


FIGURA No. 1

Instituto Geográfico Nacional (IGN); y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); en 1978. Dicho trabajo definió el área de estudio tomando como base las cuencas hidrográficas, a partir de las estaciones de aforo "Palin" en el río Michatoya y la estación de "San Antonio las Flores" en el Río las Vacas, con una área total de 806.00 kilómetros cuadrados.

#### 1.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL AREA:

El Valle de Guatemala, está localizado en la parte central del departamento de Guatemala, que cubre parte de los municipios de Guatemala, Mixco, San Lucas Sacatepequez, Santa Catarina Pinula, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán.

Dentro del área de estudio se encuentra la divisoria continental de aguas que atravieza la Ciudad de Guatemala siguiendo aproximadamente la dirección de la calzada San Juan-Trebol-Puerta Parada.(Ver figura 2).

#### 1.2.- RASGOS MORFOLOGICOS, HIDROGRAFICOS E HIDROGEOLOGICO

Entre los principales agentes que han variado la topografía de las cuencas hidrográficas de los rios Michatoya

# DESCRIPCION GENERAL DEL VALLE DE GUATEMALA

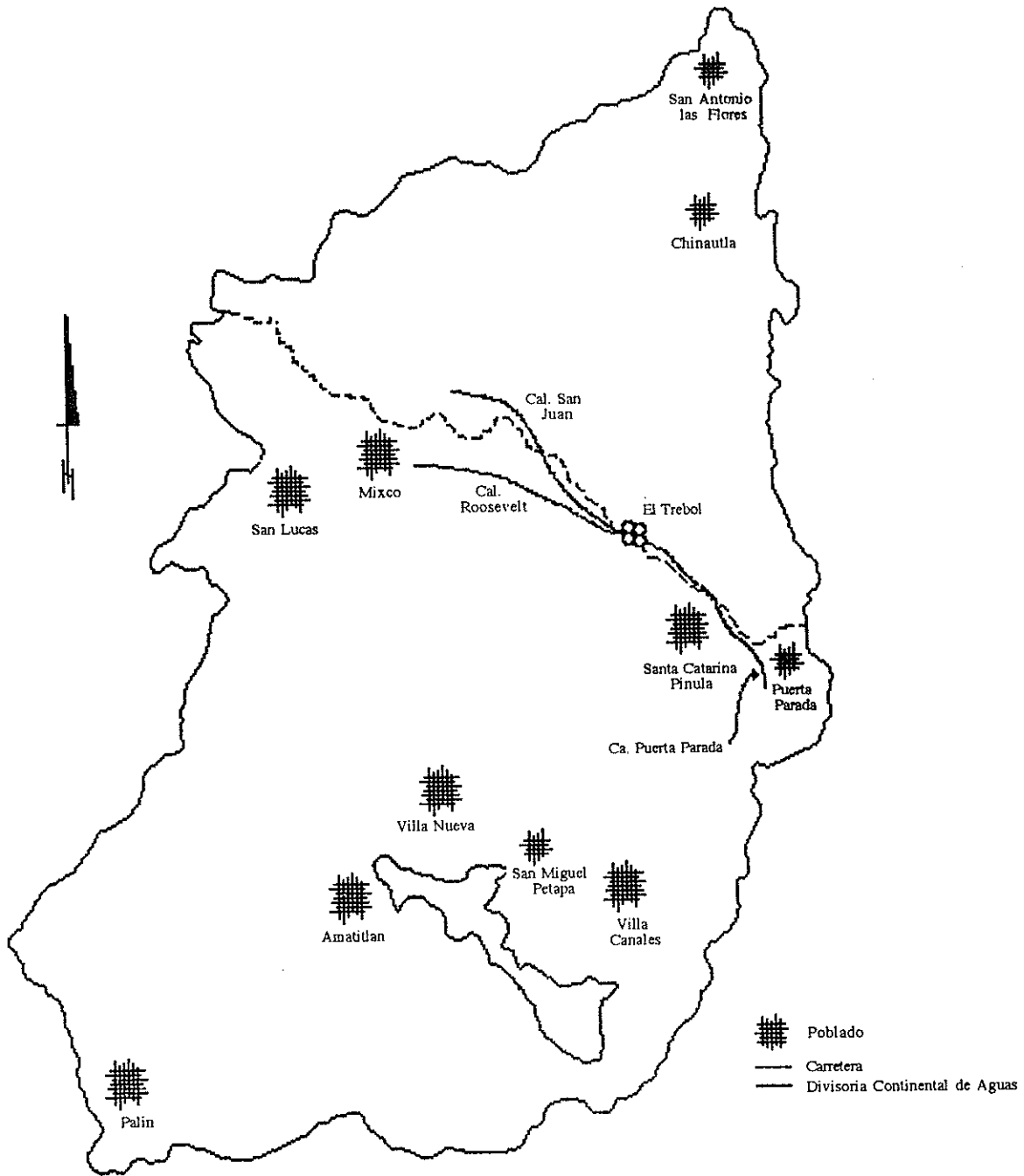


FIGURA No. 2



y las Vacas se encuentra la erosión fluvial, los movimientos tectónicos y la actividad volcánica.

El estudio de aguas subterráneas, realizado por el INSIVUMEH, determinó algunos parámetros importantes que caracterizan las cuencas del Valle de Guatemala, a saber:

- **Cuenca del Rio Michatoya:**

En dicho estudio se observa que con una frecuencia del 60 % se presentan pendientes que oscilan entre 0 y 0.2 m/m, mientras que las pendientes altas se presentan con una frecuencia del 8 % oscilando de 0.7 a 0.8 m/m.

- **Cuenca del Rio las Vacas:**

En esta cuenca un 75 % las pendientes oscilan entre 0 y 0.4 m/m; el 40 % oscilan entre 0.3 a 0.4 m/m, y el 25 %, oscilan entre 0.4 a 0.9 m/m.

El desarrollo del área metropolitana ha limitado considerablemente las áreas de recarga. Actualmente las áreas de recarga importantes se encuentran en los alrededores del área metropolitana, localizadas en donde existe poca densidad de población, así como en áreas verdes o áreas con buena cobertura vegetal o boscosa, por ejemplo se tiene al norte de los municipios de Palín y San Vicente Pacaya, la parte

oriente del municipio de San Lucas Sacatepequez, y la parte oeste de las montañas que rodean a San José Pinula.

El sistema hidrográfico de la cuenca del Río las Vacas hasta donde fué definida la cuenca tiene una longitud aproximadamente de 30 kilometros, además de sus afluentes principales como los ríos de Chinautla, Tzajjá, y Zapote.

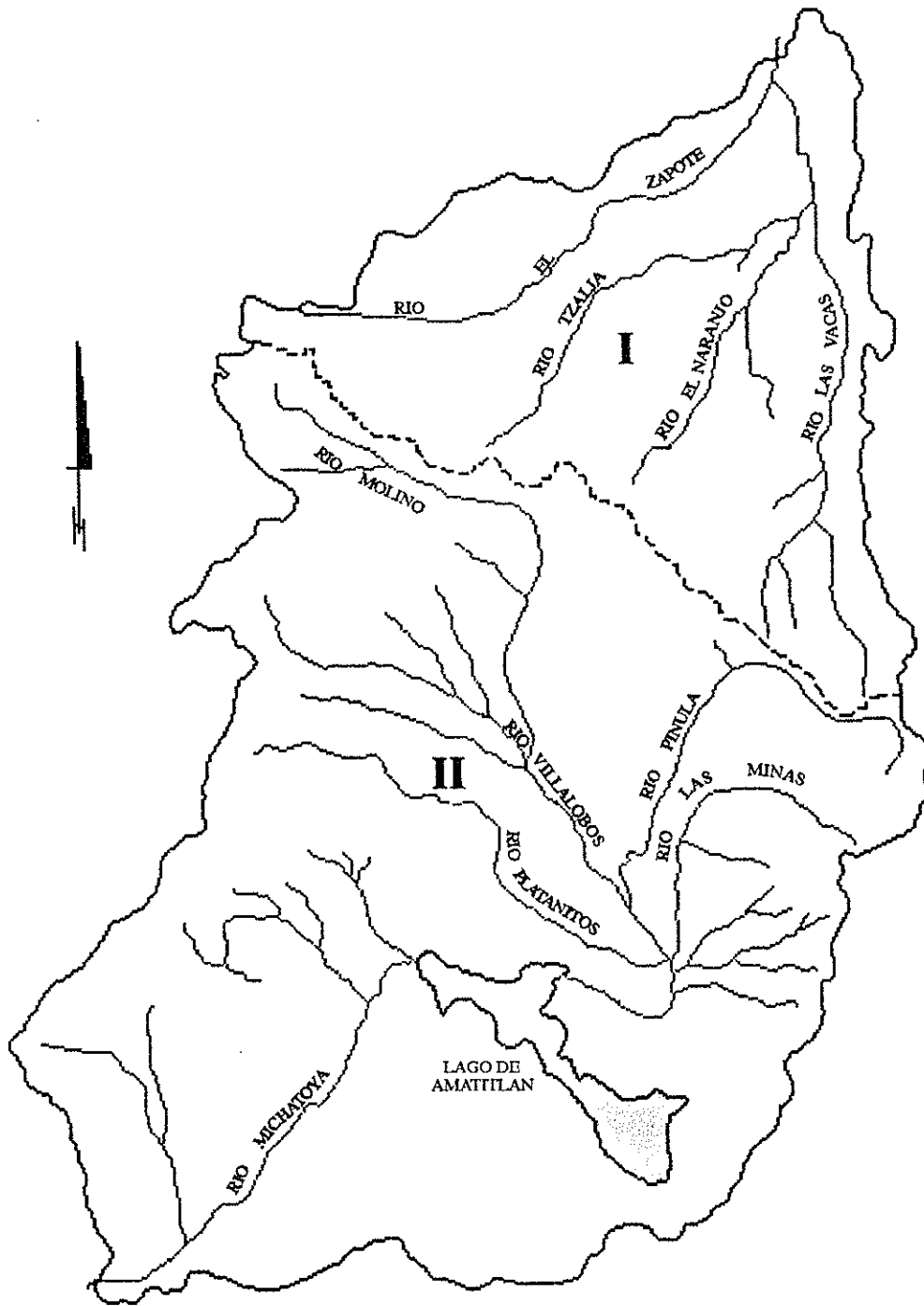
Con respecto a la cuenca del Río Michatoya, donde la longitud del cauce principal, tomada desde la estación "Palín" es aproximadamente de 63 kilómetros, que incluye los ríos de Michatoya y Villa Lobos. Entre estos dos ríos se encuentra el lago de Amatitlán. Sus afluentes más importantes son los ríos: San Lucas, Parrameño, Pinula, Las Minas, Tuluja, el Bosque, y Platanito. (Ver figura 3).

En lo que respecta a los rasgos hidrogeológicos, éstos se basan en los estudios geológicos realizados por el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH. De acuerdo a dicho estudio, las características hidrogeológicas permiten distinguir las siguientes unidades:

- **Depósitos Volcanicos Cuaternarios:**

Estos depósitos están formados por una gran acumulación de fragmentos de rocas resultantes depositados por distintas

# SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA CUENCA DEL VALLE DE GUATEMALA



----- DIVISORIA CONTINENTAL DE AGUAS

I Cuenca del Rio las Vacas

II Cuenca del Rio Michatoya

FIGURA No. 3

erupciones, (relleno piroclástico) y diversos flujos de ceniza.

- **Sedimentos Fluvio-Lacustres Cuaternarios:**

Estos se encuentran distribuidos dentro de los flujos de ceniza y los depósitos de caída de ceniza, se ubican principalmente al sur de la divisoria continental de aguas (Definida por el estudio de Aguas Subterráneas en 1978, realizado por el INSIVUMEH, IGN, PNUD); sobre todo en las cercanías de Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva y Amatitlán.

Los depósitos más recientes forman parte de los lechos de los ríos, formados por gravas, arenas, limos y arcillas.

- **Lavas Volcanicas del Terciario:**

Son coladas de lava de variada composición mineralógica generalmente fracturadas, tipo andesitas, riolitas y basaltos. Estas afloramientos de rocas se encuentran distribuidos en todo el Valle de la Ciudad Capital.

- **Calizas del Cretácico:**

Estas rocas se encuentran localizadas principalmente en la región norte de la cuenca del Río las Vacas. Los

afloramientos existentes muestran una intensa fracturación y en algunos casos presentan indicios de karstificación. Se considera que gran parte del basamento en la parte norte está formado por dichas rocas.

### **1.3.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL VALLE DE GUATEMALA:**

Dentro de las condiciones generales del agua subterránea en el Valle de Guatemala, se tiene que los niveles freáticos han variado desde el último estudio hecho por el INSIVUMEH. En pocos casos el nivel tuvo un ascenso, mientras que en la mayor parte se registró un descenso considerable de más de 1.00 mt. Esto se observa en los hidrogramas donde existe un descenso continuo del nivel en algunos pozos del Valle de Guatemala. Esto ha sido provocado por la disminución del área de recarga que existe en el Valle, debido al rápido crecimiento de la población, al incremento de la demanda y al uso desordenado del agua, lo que provoca que cada día sea más grande la problemática de escasez de agua.

Sumando a lo anterior, el riesgo que existe de contaminación de las aguas subterráneas, ya que muchas veces son utilizadas las aguas superficiales como conducción de desechos líquidos y sólidos, y por ende estas aguas sirven como recarga de las aguas subterráneas, lo que provoca un riesgo continuo de que se contaminen las aguas subterráneas.

#### **1.4.- RED DE POZOS DE OBSERVACION:**

La red de los pozos de observación utilizado para este estudio consiste principalmente en los pozos de las municipalidades que se encuentran dentro del Valle, principalmente los pozos de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA). La red se completó con pozos municipales de Santa Catarina Pinula, Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Amatitlán, Mixco, la empresa privada de agua de Ciudad San Cristobal, así como los pozos de observación del Instituto de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

La totalidad de los pozos que fueron observados es de 112, todos ellos perforados. Estos pozos están distribuidos en las dos cuencas divididas por la divisoria continental de aguas, siendo éstas las cuencas norte y sur.

##### **1.4.1.- RED DE LA CUENCA NORTE:**

La información base de la cuenca norte consiste en la red de pozos perforados por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), que consta de 51 pozos, localizados en la parte norte de la Ciudad Capital. (ver cuadro 1) (ver mapa 1).

#### 1.4.2.- RED DE LA CUENCA SUR:

En lo referente a la cuenca sur la red la constituyen 61 pozos perforados; dicha red fué estudiada en los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, los pozos perforados del lado sur de Mixco y los pozos de Ciudad San Cristobal, además de los pozos de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), quienes brindaron todas las facilidades necesarias para que los pozos pudieran ser observados. (ver cuadro 2) (ver mapa 1).

#### 1.4.3.- AREAS DE INFLUENCIA DEL VALLE DE GUATEMALA:

Básicamente las áreas de influencia que afectan la recarga del agua subterránea en el Valle de Guatemala, están definidas por las áreas limitrofes del este y oeste de las cuencas, donde por efectos topográficos, asociados con la estructura tectónica del valle de Guatemala, las convierten en zonas de un futuro desarrollo, al mismo tiempo que se consideran como zonas de recarga. Estas áreas cubren parte de los municipios de San Lucas Sacatepequez y San José Pinula. Además, el área del lado oriente del Volcán de Agua y occidente del Volcán de Pacaya, que tienen influencia en el movimiento del agua subterránea que desemboca en el valle del Michatoya. (ver mapa 3).

No	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACION	PROFUNDIDAD	DIAMETRO	NIVEL DEL AGUA			NIVEL DEL AGUA
			U	M	metros	metros	pulgadas	N.D.	N.E.	FECHA	(msnm)
1	Brigada I	Guatemala	1620.33	761.02	1610.88	312.40	8				
2	Brigada II	Guatemala	1620.55	761.17	1610.87	182.93	8				
3	Brigada III	Guatemala	1620.52	761.25	1615.44	231.70	8		112.20 mts.	17/1/95	1503.24
4	Brigada IV	Guatemala	1620.46	761.17	1607.22	152.44					
5	Brigada V	Guatemala	1620.28	761.17	1614.72	278.35	10				
6	Brigada VI	Guatemala	1620.44	761.22	1615.03	310.98	8				
7	Filtros Brigada I	Guatemala	1620.02	761.59	1589.11	289.73	8				
8	Filtros Brigada II	Guatemala	1619.99	761.64	1590.34	314.94	8		77.56 mts.	17/1/95	1512.78
9	Belen I	Guatemala	1620.84	759.13	1657.77	246.95	8				
10	Belen II	Guatemala	1620.91	759.10	1659.49	245.43	8		112.44 mts.	17/1/95	1547.05
11	Belen III	Guatemala	1620.12	759.12	1659.38	259.15	8		62.00 mts.	17/1/95	1597.38
12	Salazar	Guatemala	1614.16	768.76	1505.00	198.20	8		63.26 mts.	3/1/95	1441.74
13	Reforma	Guatemala	1615.48	767.57	1505.00	246.65	8		65.55 mts.	19/5/94	1439.45
14	Ciudad Vieja I	Guatemala	1616.40	768.40	1491.03	304.87	15.5		57.88 mts.	17/1/95	1433.15
15	Ciudad Vieja II	Guatemala	1616.06	767.89	1500.00	213.40	8	14.00 psi		3/1/95	
16	Maestro	Guatemala	1614.92	769.79	1500.00	213.40	8	45.00 psi		3/1/95	
17	Santa Luisa	Guatemala	1617.60	772.57	1560.00	213.40	8		45.00 mts.	enero/95	1494.45
18	Jardines de la Asunción	Guatemala	1618.50	769.98	1478.60	274.30	10		60.00 mts.	enero/95	1429.52
19	Navidad	Guatemala	1620.60	769.80	1472.00	304.90	8		73.65 mts.	enero/95	1398.35
20	Pueblo Belice	Guatemala	1621.38	771.68	1482.14	274.39	10	35.00 psi		enero/95	
21	Juana de Arco	Guatemala	1621.40	772.28	1515.00	274.39	8	44.00 psi		enero/95	
22	San Antonio	Guatemala	1621.82	770.69	1466.20	277.44	10				
23	Proyecto 4-3 I	Guatemala	1623.56	770.88	1467.60	236.58	10	36.00 psi		enero/95	
24	Proyecto 4-3 II	Guatemala	1623.54	770.76	1478.12	274.39	12				1478.12
25	Proyecto 4-4	Guatemala	1622.48	770.20	1451.43	278.35	12		193.00 mts.	enero/95	1258.43
26	Proyecto 4-10	Guatemala	1622.90	770.82	1453.30	290.55	12	194.80 mts.		enero/95	1258.45
27	Ciudad Nueva	Guatemala	1623.04	770.53	1450.58	219.51	8				1450.58
28	Jocotales II	Guatemala	1622.70	771.02	1450.00	274.39	18	44.00 psi		enero/95	
29	Duraila	Guatemala	1622.22	769.90		228.66	8				
30	Primera y tercera	Guatemala	1620.70	767.65	1495.39	229.30	8		51.75 mts.	5/10/92	1443.64
31	Primera y primera	Guatemala	1620.82	767.22	1497.80	230.45	8				1497.80
32	Santo Domingo	Guatemala	1619.49	768.58	1489.08	139.02	8	60.00 psi		enero/95	
33	Colon I	Guatemala	1619.78	768.45	1487.79	201.02	8		51.79 mts.	3/2/95	1436.00
34	Pinares del Norte JICA	Guatemala	1622.25	766.34	1410.00	305.00	12		114.64 mts.	enero/95	1295.36
35	Rodriguez JICA	Guatemala	1623.12	778.15	1285.00	300.00	12		74.72 mts.	enero/95	1210.28
36	Canalitos JICA	Guatemala	1617.54	775.30	1536.92	300.00	12	107.20 mts.		enero/95	1429.72
37	Jocotales I	Guatemala	1624.73	770.43	1470.00	199.69	8		75.90 mts.	11/1/95	1394.10
38	Diagonal VI	Guatemala	1614.90	768.61	1501.96	228.66	8		55.70 mts.	18/12/94	1446.26
39	Lourdes	Guatemala	1618.50	771.80	1505.00	225.97	8		103.70 mts.	13/10/93	1401.30
40	Canalitos INSIVUMEH	Guatemala	1617.17	774.57	1500.00	316.50	8		121.60 mts.	enero/95	1378.40
41	Pinares del norte civiza	Guatemala	1622.53	776.33	1378.00	280.49	12				
42	J.A. Salazar II	Guatemala	1614.20	768.77	1505.00	274.39	12		65.08 mts.	3/1/95	1439.92
43	Colon II	Guatemala	1619.71	768.50	1490.00	243.90	10				
44	Vista Hermosa	Guatemala	1615.59	769.80	1475.00				11.50 mts.	3/1/95	1463.50
45	Maya I	Guatemala	1623.39	773.73	1505.00	168.60	8		98.00 mts.	10/8/94	1407.00
46	Maya II	Guatemala	1622.60	773.42	1490.00	243.47	12		49.00 mts.	enero/95	1254.60
47	Barrio Colombia	Guatemala	1622.68	774.70	1490.00	335.28	12		228.70 mts.	11/3/94	1261.30
48	TP2 - I	Guatemala	1620.13	764.13	1540.00	304.88	8		77.24 mts.	27/1/93	1462.76
49	TP2 - II	Guatemala	1620.11	764.03	1555.00	335.36	12		112.41 mts.	enero/95	1442.59
50	San Gaspar	Guatemala	1616.15	772.42	1575.00	268.90	10		98.72 mts.	enero/95	1476.28
51	Ciudad Nueva	Guatemala	1622.41	768.93	1460.00	426.83	8		97.06 mts.	enero/95	1362.94

NE = Nivel Estático

ND = Nivel Dinámico

Psi = Libras por pulgada cuadrada, (medida con línea de aire).

NOTA: El pozo, cuando fué observado, se encontró en operación, y solo se obtuvo el nivel dinámico.

Cuadro No. 1



No.	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACION ( mts.)	PROFUNDIDAD (mts)	DIAMETRO pulgadas	NIVEL ESTÁTICO			NIVEL DEL AGUA (msnm)
			U	M				N.D.	N.D. (mts.)	FECHA	
1	El Pajón	Santa Catarina Pinulá				152.40	8		51.82	1993	
2	Municipalidad	Santa Catarina Pinulá	1612.25	769.65	1574.29	195.07	10		76.20	1,994	1498.09
3	El Rosario (Piedra parada)	Santa Catarina Pinulá				152.40	8		42.67	1,994	
4	Puerta parada	Santa Catarina Pinulá	1611.10	772.70	1800.00	63.70	10.5		74.64	1992	1725.36
5	Santa Teresita	San Miguel Petapa	1604.55	762.54	1458.00	182.88	8		96.00		1362.00
6	Los Alamos	San Miguel Petapa	1616.08	764.91	1219.00	164.59	8		4.27	1992	1214.73
7	1 calle 1-09 zona 1	San Miguel Petapa	1604.40	763.10	1350.00	256.03	8			1992	
8	El Calvario	Amatitlán	1602.05	756.00	1234.44	111.25	8		35.97		1198.47
9	San Nicolas	Amatitlán	1602.89	756.41	1244.00	111.25	8		36.58	1974	1207.42
10	Slowino	Amatitlán	1603.03	757.07	1234.00	48.77	6		12.19	4/1/95	1221.81
11	Cementerio	Amatitlán	1602.20	755.44	1254.00	106.68	8		31.70	1985	1222.30
12	Estadio municipal	Amatitlán	1602.76	757.03	1234.00	137.16	10		23.47	13/5/91	1210.53
13	El Rosario	Amatitlán	1601.44	756.10	1234.00	82.30	6		36.58	25/6/92	1197.42
14	Finca Santa Teresa	Villa Canales	1602.10	766.04	1255.00	76.20	8		50.50	9/9/87	1204.50
15	El Porvenir	Villa Canales	1608.96	769.02	1449.00	155.45	8		50.50	1983	1398.50
16	8a. calle 1-66 zona 2	Villa Canales	1611.31	757.54	1398.00	152.40	8		21.79	23/5/80	1376.21
17	San José el Tablón	Villa Canales	1601.41	767.30	1400.00	179.83	6		42.67	10/8/81	1357.33
18	Colonia Venecia II	Villa Nueva	1606.11	757.39	1310.00	243.84	8		152.40	10/10/93	1157.60
19	Carretera Barcenás	Villa Nueva	1607.82	758.74	1400.00	232.56	10		138.07	7/8/92	1261.93
20	Parque Central	Villa Nueva	1607.00	760.23	1350.00	182.88	8		158.50	1987	1191.50
21	Colonia Prados Monte Mari	Villa Nueva	1612.79	762.34	1450.00	262.13	8		170.69	1994	1279.31
22	Colonia Eterna Primavera	Villa Nueva	1603.94	759.56	1420.00	188.37	8		146.30	10/12/94	1273.70
23	Colonia San Miguelito	Villa Nueva	1607.03	760.87	1320.00	179.83	10		76.68	14/7/84	1243.32
24	San Antonia zona 5	Villa Nueva	1605.14	762.48	1250.00	176.78	8		68.58	12/10/84	1181.42
25	Colonia Enriqueta zona 5	Villa Nueva	1606.86	761.39	1300.00	152.40	8		60.96	Oct-94	1239.04
26	Colonia los planes zona 5	Villa Nueva	1606.03	762.02	1292.00	182.88	8		97.54	1993	1194.46
27	Colonia Taboncito zona 1	Villa Nueva	1606.88	760.54	1320.00	219.46	8		91.44	15/7/84	1228.56
28	San Francisco zona 4	Villa Nueva	1606.11	759.39	1310.00	188.98	8		121.92	Apr-83	1188.08
29	Tuluja	Villa Canales	1602.78	766.41	1298.00	246.89	8		32.00	1993	1266.00
30	9a. ave. zona 1 Mixco	Mixco	1618.77	757.71	1731.26	243.84	8		148.66	1990	1581.60
31	Diamante I	Guatemala	1607.03	762.06	1247.90	158.54	12		28.90	18/1/95	1219.00
32	Diamante II	Guatemala	1607.02	763.00	1247.91	121.95	8		27.78	18/1/95	1220.13
33	Diamante III	Guatemala	1607.10	768.00	1248.08	158.54	12		93.05	18/1/95	1155.03
34	Diamante IV	Guatemala	1607.14	762.48	1248.08	268.29	16		24.80	18/1/95	1223.28
35	Diamante V	Guatemala	1606.96	762.96	1245.01	312.80	16		19.84	18/1/95	1225.17
36	Diamante VI	Guatemala	1616.97	763.00	1245.01	310.90	16		17.20	18/1/95	1227.81
37	Diamante VII	Guatemala	1607.04	762.84	1244.78	310.37	12		42.00	18/1/95	1202.78
38	Diamante VIII	Guatemala			1249.03	292.68	12		38.67	18/1/95	1210.36
39	Diamante IX	Guatemala	1607.06	763.02	1247.67	310.98	12				
40	Ojo de Agua I	Guatemala	1607.52	763.18	1260.00	274.39	12				
41	Ojo de Agua II	Guatemala	1607.74	763.09	1253.00	274.34	12		22.00	18/1/95	1240.20
42	Ojo de Agua III	Guatemala	1607.54	763.33	1246.66	274.40	12	62.79 mts.		18/1/95	1383.87
43	Ojo de Agua IV	Guatemala	1607.66	763.13	1248.23	265.85	20				
44	Ojo de Agua V	Guatemala	1607.70	763.23	1250.00	335.37	12	30.0 psi		18/1/95	
45	Ojo de Agua VI	Guatemala	1607.68	763.16	1260.00	338.41	20	52.0 psi		18/1/95	
46	Molino I	Guatemala	1618.88	758.68	1610.00	29.80					
47	Molino II	Guatemala	1618.90	758.72	1610.00	134.40	16		39.77	2/2/95	1570.23
48	Molino III	Guatemala	1618.90	758.76	1608.74	301.83	8		43.94	2/2/95	1564.80
49	Arco I	Guatemala	1614.85	767.10	1500.00	782.90	8		59.45	29/4/90	1440.55
50	Arco II	Guatemala	1614.80	767.24	1500.00	182.90	8		116.20	19/11/91	1383.80
51	Americas	Guatemala	1614.59	767.40	1504.00	185.98	8		69.50	12/7/91	1434.50
52	Hincapié I	Guatemala	1611.71	767.12	1315.00	213.40	8		56.50	17/1/95	1258.50
53	Hincapié II	Guatemala	1611.76	767.14	1315.00	306.88	12		38.00	17/1/95	1277.00
54	Ciudad Universitaria 1	Guatemala	1613.84	763.64	1482.10	134.15	4		86.42	24/11/82	1385.68
55	Ciudad Universitaria 2	Guatemala	1613.83	763.64	1481.33	146.34	6				
56	Cdad. San Cristobal III-4	Mixco	1615.13	759.57	1553.00	182.93	8		73.17	1994	1479.83
57	Cdad. San Cristobal II-1	Mixco	1615.62	759.60	1508.00	121.95	12		24.39	Mar-94	1483.61
58	Cdad. San Cristobal III-2	Mixco	1615.39	759.95	1450.00	121.95	12		21.04	Mar-94	1428.96
59	Cdad. San Cristobal II-3	Mixco	1616.48	459.03	1611.00	213.41	8		94.51	Oct-93	1516.49
60	Cdad. San Cristobal III-3	Mixco	1614.81	759.80	1535.00	182.93	8				
61	Cdad. San Cristobal II-2	Mixco	1616.31	758.96	1620.00	225.55	8				

NE = Nivel Estático

ND = Nivel Dinámico

Psi = Libras por pulgada cuadrada. (Medido con línea de aire)

NOTA: El pozo, cuando fué observado, se encontró en operación, y solo se obtuvo el nivel dinámico.

***USO Y APROVECHAMIENTO  
DEL AGUA SUBTERRANEA***

**CAPITULO 2**

## USO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA

La cuenca del Valle de Guatemala se encuentra afectada por las condiciones del uso y aprovechamiento del agua que se ha hecho durante los últimos años. El movimiento del agua tanto superficial como el subterráneo, funcionan como una unidad, en la cual ambos son afectados por los fenómenos hidrológicos e hidrogeológicos, de acuerdo con las características geomorfológicas del área de estudio. Cualquier acción que involucre un cambio en cualquiera de los dos medios se refleja en el otro.

El movimiento del agua superficial en la cuenca sur lo constituye la red hidrográfica de la cuenca del Río Villa Lobos, la cuenca del Lago de Amatitlán y la cuenca del Río Michatoya. En la cuenca norte, el movimiento del agua superficial lo constituye la red hidrográfica del Río las Vacas.

En lo que se refiere al movimiento del agua subterránea, éste se encuentra enmarcado dentro de la estructura geológica de la región, donde su base está constituida por rocas volcánicas, principalmente formadas por la acumulación de depósitos de rocas provenientes de erupciones volánicas con diferente grado de compactación, conocido como el relleno de piroclásticos cuaternarios.

Tanto el sistema de agua superficial como el sistema de agua subterránea han sido alterados por las grandes concentraciones humanas, tales como la Ciudad Capital, Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, etc., que en conjunto causan un desequilibrio provocado por una alta tasa de demanda de agua.

De acuerdo al estudio de aguas subterráneas realizado por el INSIVUMEH, los usos más frecuentes dentro del área son:

- Derivación de las aguas superficiales para propósitos de riego, usos industriales, y en el caso del lago de Amatitlán y río Michatoya para la generación hidroeléctrica.
- La utilización de las aguas superficiales para la conducción de desechos líquidos y sólidos.
- Utilización del agua subterránea por medio de pozos para uso de agua potable, riego y uso industrial.

## 2.1.1.- USUARIOS DEL RECURSO:

El desarrollo urbano y el crecimiento demográfico han generado que la demanda de agua en el Valle de la Ciudad Capital cada día sea mayor.

Actualmente las necesidades de agua han sido satisfechas utilizando los manantiales existentes, aguas superficiales y últimamente las aguas subterráneas por medio de la excavación o perforación de pozos.

Entre los usuarios de las aguas subterráneas, los más importantes, por su cantidad de consumo, están identificados los siguientes:

- 1.- Agua municipal para satisfacer la demandas de agua para consumo humano.
- 2.- El aprovechamiento del agua en forma privada para uso de agua potable, industrial y comercial.
- 3.- El aprovechamiento del agua para la industria agrícola en pequeños y medianos proyectos de riego.

### **2.1.2.- REGIMEN DEL USO Y APROVECHAMIENTO:**

La relación que existe entre el régimen hidrológico y la explotación del agua subterránea, está definida por:

Un periodo de lluvias que se inicia en mayo y termina en octubre, donde gran parte de la demanda está cubierta por las aguas superficiales.

Un periodo de sequía que va de noviembre hasta abril, donde la demanda de agua alcanza su máximo valor. Para cubrir dicha demanda se utiliza en gran escala la explotación del agua subterránea a través de pozos perforados y excavados, distribuidos en todo el Valle de Guatemala.

Lo anterior, provoca un aprovechamiento desordenado, con una extracción de agua subterránea intensa; ocasionando, estas acciones, que los niveles de los acuíferos tengan variaciones importantes.

### **2.1.3.- INTERFERENCIAS EN EL USO Y APROVECHAMIENTO:**

El crecimiento urbano en forma desordenada que ha tenido la ciudad de Guatemala, ha provocado que los límites municipales hayan sido superados, lo que ha complicado el servicio público. Además, se puede observar que

se tiene una baja disponibilidad de agua por las condiciones de localización de la ciudad capital, además de las interferencias de calidad y cantidad del recurso hídrico disponible. Esto ha provocado que se produzcan interferencias, que se manifiestan de la siguiente manera:

- La perforación de pozos incontrolada, sin conocimiento de ninguna autoridad.
- La existencia de un desequilibrio hidrológico, ya que en ciertas zonas la extracción es mayor que la recarga.
- La utilización de la cuenca para descargar desechos y aguas servidas, lo que hace que las aguas superficiales sean contaminadas, y por ende estas aguas sirven como recarga a las aguas subterráneas, provocando el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

***CARACTERISTICAS DEL  
AGUA SUBTERRANEA***

**CAPITULO 3**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



## CARACTERISTICAS DEL AGUA SUBTERRANEA:

### 3.1.- PROFUNDIDAD:

La profundidad del agua subterránea está controlada por la topografía de la cuenca, por las distintas unidades geológicas existentes y por el sistema de escurrimiento del agua.

La topografía del área es muy variable, lo que provoca, en parte, que la profundidad del agua también sea muy variable. Dichas profundidades varían de algunas decenas de metros, en la parte sur de la cuenca; hasta valores que sobrepasan los 100 metros, en la parte norte de la cuenca.

La profundidad del agua subterránea es bastante conocida, excepción de aquellas áreas que ocupan las faldas del Volcán de Agua y el Volcán de Pacaya. Las menores profundidades se encuentran en el lado sur del área de estudio, en las áreas que ocupa el municipio de Amatitlán y San Miguel Petapa, y en la parte sur del municipio de Villa Canales, principalmente en las áreas aledañas de los ríos Villa-Lobos y Michatoya. En las inmediaciones del río Villa-Lobos se encuentran los campos de pozos de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Ojo de Agua y Diamante. Como se puede observar en la figura No. 4, se tiene que, en los campos de pozos de EMPAGUA, existe una profundidad que varia

de 4.00 a 30.00 metros, donde las profundidades más frecuentes oscilan entre los 20.00 y 30.00 metros, y las mayores profundidades se encuentran en el norte del Valle de Guatemala, donde se tiene que las profundidades varían de 50.00 mts. a profundidades mayores de 180.00 mts.

En la cuenca norte, según los datos obtenidos, el nivel del agua subterránea se puede encontrar en su mayor parte a más de 100.00 metros de profundidad. Como se puede observar en la figura No. 5, en el lado norte se encuentran las mayores profundidades, donde el nivel del agua está a una profundidad de 180.00 a 200.00 metros. En cambio en las áreas de la zona 15, se encuentran niveles a menor profundidad, del orden de los 50.00 metros.

En lo que respecta a la cuenca sur, como se puede observar en la figura No. 6, los pozos muestran que el nivel del agua subterránea se encuentra desde profundidades de los 4.00 metros hasta una profundidad mayor de los 170.00 metros. Según el estudio de Aguas Subterráneas realizado por el INSIVUMEH en 1978, se encontró una profundidad máxima de 335.00 metros en el área de Barcenas, en el presente estudio se localizó un pozo a la entrada de la carretera rumbo a Barcenas, donde el nivel del agua se encuentra a menor profundidad.

El nivel del agua menos profunda se ubica en los depósitos aluviales del Rio Villa-lobos, específicamente los pozos de EMPAGUA; El Ojo de Agua que consta de 6 pozos perforados y el campo de pozos del Diamante que consta de 9 pozos perforados.

Tomando toda el área de estudio, se encuentra que en un 70 % de los pozos observados la profundidad oscila entre 4.00 y 100.00 metros; en un 13 % oscila de 100.00 a 150.00 metros de profundidad y el 17 % restante de los pozos tienen un profundidad mayor de los 150.00 metros.

### 3.2.- CONDICIONES DE PRESION:

El agua subterránea se encuentra escurriendo en los materiales que constituyen el subsuelo, que en su mayor parte está formado por el relleno de piroclásticos cuaternarios. Desde el punto de vista de la explotación del agua subterránea, se pueden distinguir dos tipos de acuíferos. El primero está constituido esencialmente por depósitos piroclásticos y sedimentos aluviales. El otro que generalmente subyace al anterior, está constituido por lavas andesíticas, tobas soleadas y en la zona norte por calizas cretácicas. Ambos acuíferos por sus características geológicas tienen una buena conexión hidráulica entre sí.

# SECCION A-A'

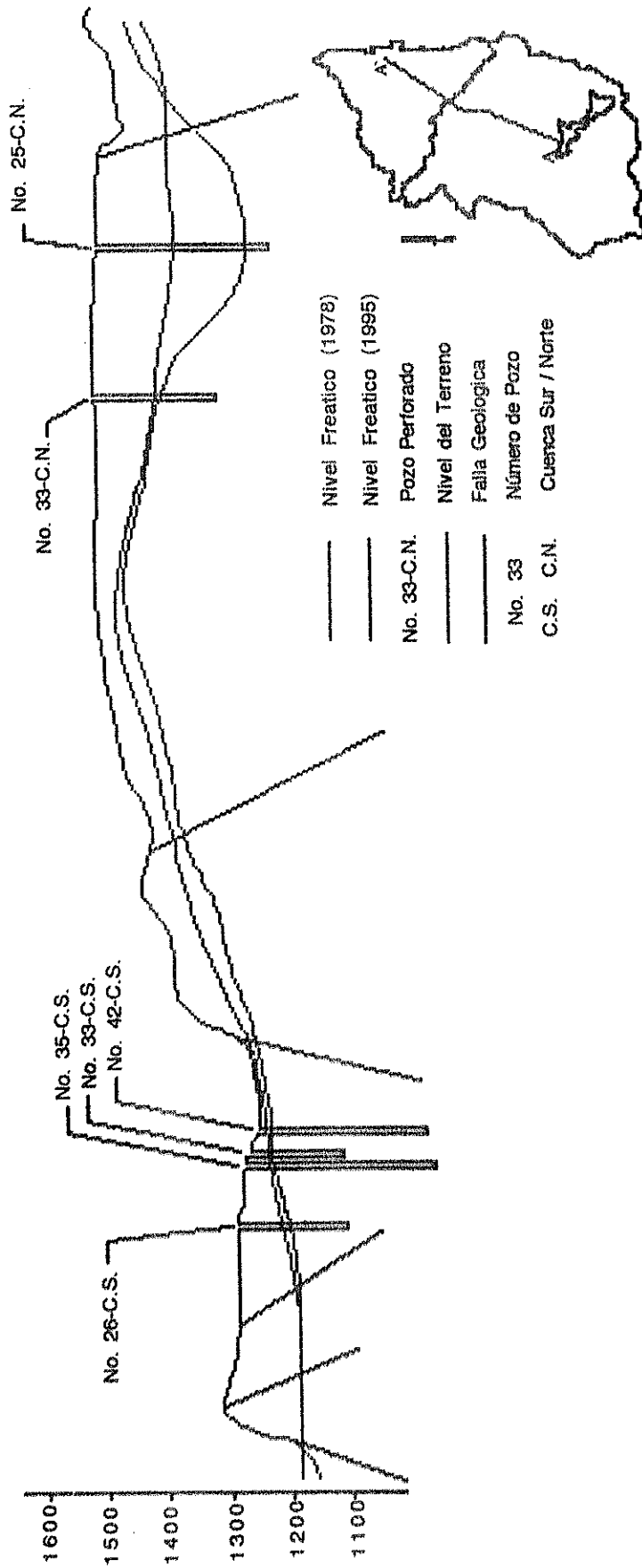
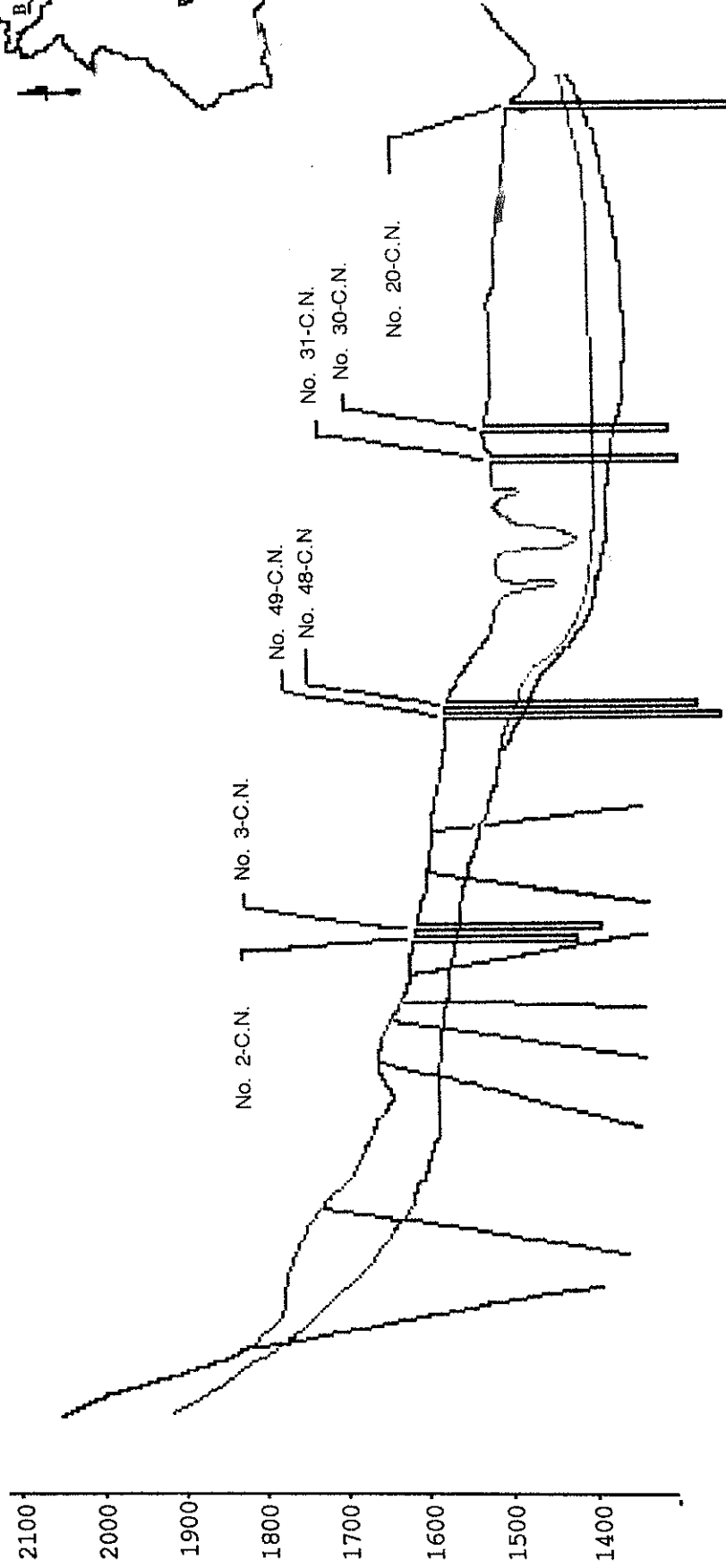
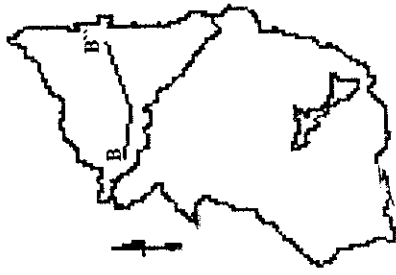


FIGURA No. 4

# SECCION B-B'



- Nivel Freatico (1978)
- Nivel Freatico (1995)
- Pozo perforado
- Falla Geologica
- Nivel del Terreno
- No.02
- C.N.
- Número de pozo
- Cuenca Norte

**FIGURA No. 5**

# SECCION C-C'

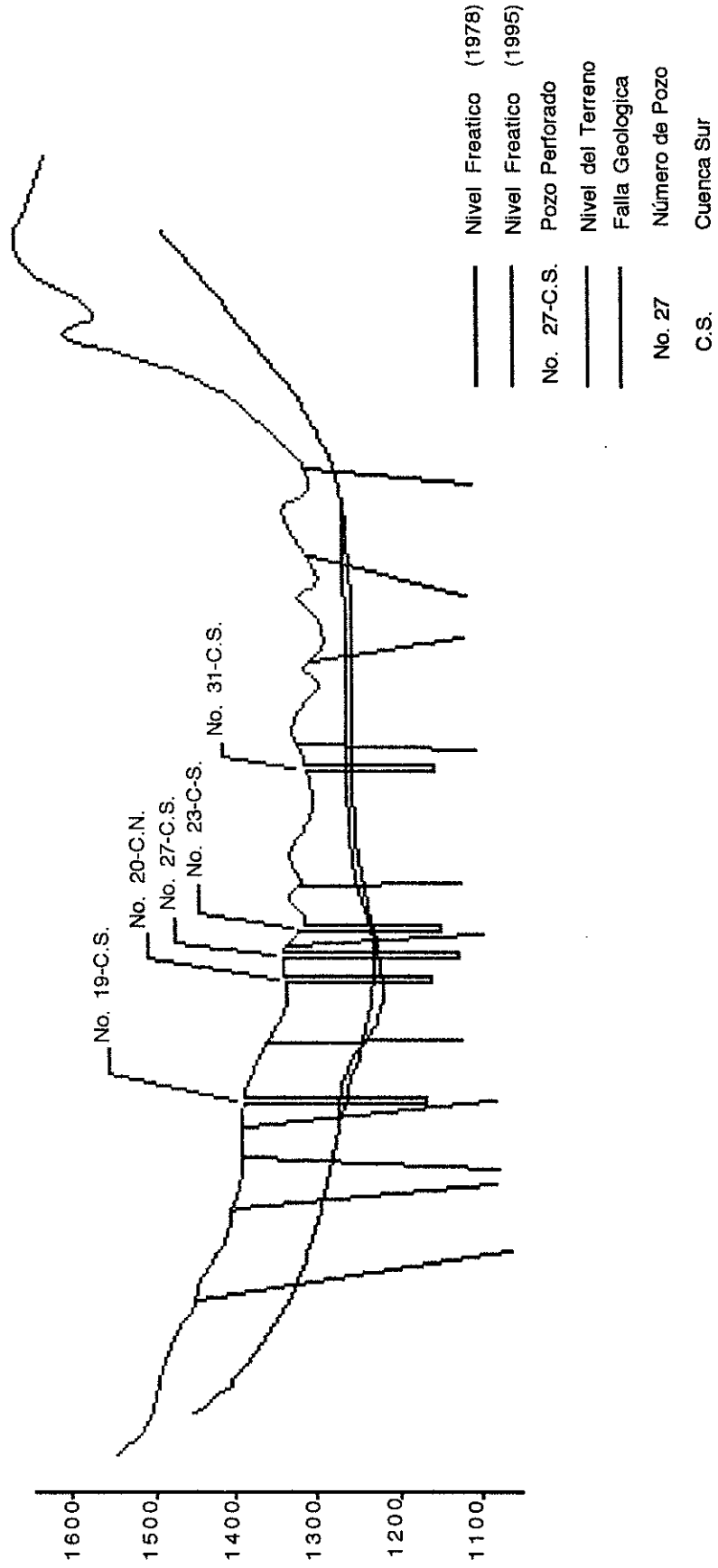
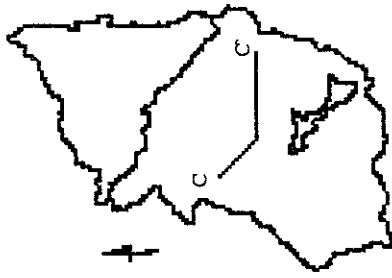


FIGURA No. 6

En lo que respecta a las condiciones de presión, en general el acuífero superior formado por el relleno de piroclásticos se encuentran bajo condiciones libres, en cambio, en algunos casos, el acuífero inferior se puede considerar como semiconfinado.

### **3.3.- FLUCTUACION DEL NIVEL FREÁTICO:**

Las fluctuaciones de los niveles de agua subterránea se ha obtenido a través de las medidas hechas en los pozos de observación que fueron seleccionados. Como se podrá observar en el cuadro 1, algunos pozos estuvieron afectados por la recarga durante el periodo de lluvias, mientras que en otros, a pesar de encontrarse en este periodo, sus niveles siguen en continuo descenso. Por ejemplo, para el caso de los pozos afectados por la recarga, se encuentra el pozo # 51 (Ciudad Nueva) en la cuenca norte, que, actualmente, no se encuentra en explotación. En enero de 1994 el agua se encontraba a un nivel de 101.52 metros mientras que en enero de 1995 el nivel del agua se encuentra a 97.06 metros de profundidad; esto indica que tuvo una recuperación de 4.46 metros. Con respecto al caso, de los pozos cuyos niveles siguen en continuo descenso se tiene por ejemplo el pozo # 50 (San Gaspar), que no se encuentra en explotación y está localizado en la cuenca norte. En mayo de 1994 el agua se encontraba a un nivel de 74.08 metros, mientras que en enero de 1995 el agua se encuentra a un nivel de 98.72 metros de profundidad, lo que

muestra que después de siete meses el nivel del agua bajó 24.64 metros.

### **3.4.- ANALISIS DE LA VARIACION DE LOS NIVELES DEL AGUA SUBTERRANEA:**

Observando los resultados de la investigación, la variación de los niveles del agua subterránea en los pozos estudiados, (Ver cuadros 1 y 2), se puede establecer un equilibrio temporal, ya que algunos de ellos se recargan en cierta época del año, específicamente en la época de lluvia; esta recuperación depende del tipo de acuífero y de la profundidad del nivel del agua subterránea.

En el análisis de los pozos, se puede observar que existe un descenso continuo del nivel (Ver cuadros 1 y 2), que a pesar de recibir la recarga en algunos casos, dicho nivel no se recupera totalmente; es probable que esto sea debido a la intensa explotación del agua subterránea en dicha zona, ocasionada por la gran demanda de agua que existe en la actualidad. Este mismo caso se observó en la mayor parte del área metropolitana, donde el agua desciende en una forma constante, provocado por una explotación sin control.

Al analizar los hidrogramas, se pudo establecer que en el área metropolitana existe un descenso continuo. Por ejemplo, el pozo Salazar II (No. 42) de la cuenca sur, (Ver

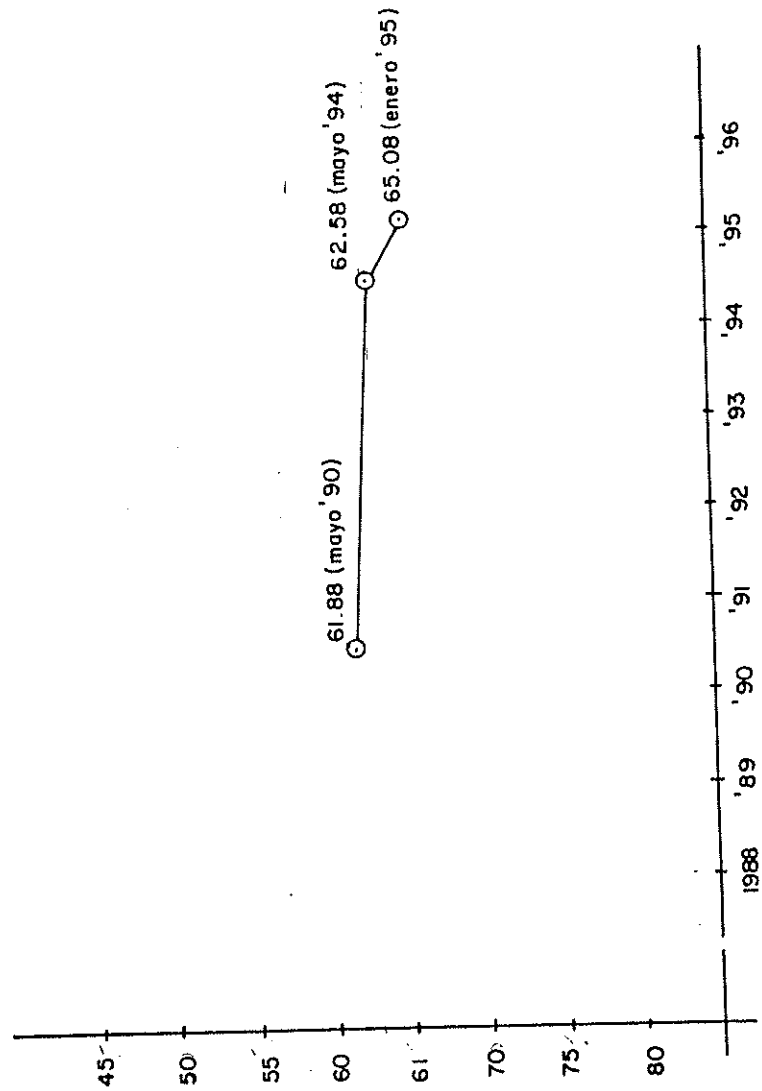


figura 7), tuvo un descenso de mayo de 1990 a mayo de 1994 de 0.17 mts. anuales, en cambio de mayo de 1994 a enero de 1995 existió un descenso mayor, que fué de 2.5 mts. anuales. Observando el hidrograma del pozo Proyecto 4-4 (No. 25) de la cuenca norte, (Ver figura 8), se tienen que de enero de 1983 a noviembre de 1988 tuvo un descenso de 1.40 mts. anuales, y de noviembre de 1988 a enero de 1995 tuvo un descenso de 2.10 mts anuales. También se puede observar el hidrograma del pozo Rodriguez (No. 35) localizado en la cuenca norte, (Ver figura 9), donde de marzo de 1986 a diciembre de 1988 tuvo un descenso de 2.60 mts por año, en cambio de diciembre de 1988 a enero de 1995 su descenso fué de 1.00 metro anual.

### **3.5.- SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO:**

De acuerdo a la información obtenida del estudio del agua subterránea del Valle de Guatemala realizada por el INSIVUMEH, el escurrimiento del agua subterránea está condicionado por la forma de la superficie freática, que en general tiene una forma similar a la superficie del terreno. Parte del flujo del agua subterránea del área, se dirige a algunos cauces superficiales, para formar los caudales bases de los ríos que escurren en el Valle de Guatemala.

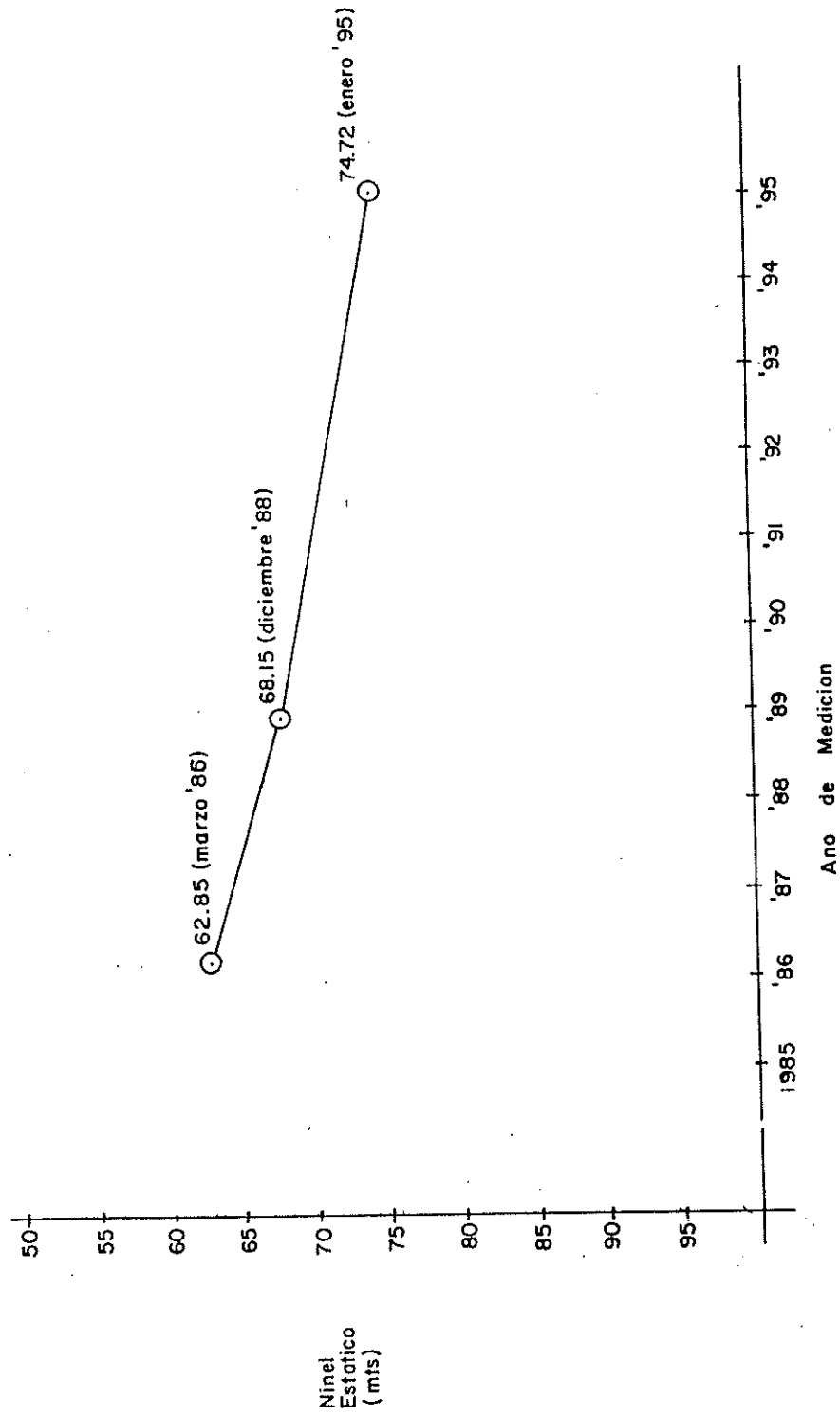
POZO No. 42 Cuenca Sur  
SALAZAR II



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

FIGURA No. 7

**POZO No. 35 Cuenca Norte**  
**RODRIGUEZ JICA**



**FIGURA No. 9**

En el caso específico de la cuenca sur, el agua subterránea escurre desde los extremos oriental y occidental del área y desde la divisoria continental hacia el lago de Amatitlán. Para el caso de las aguas subterráneas que escurren en el lado oriental del Volcán de Agua, en el lado occidental del Volcán de Pacaya y la descarga subterránea del lago de Amatitlán fluyen en dirección del valle del Río Michatoya.

Con respecto a la cuenca norte, el agua subterránea escurre desde la divisoria continental de aguas y de los extremos este y oeste, en dirección del Río las Vacas, siguiendo las características morfológicas y topográficas; en términos generales, la salida del agua subterránea en la subcuenca norte sigue la orientación del río las Vacas, (Ver figura 10).

# SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO

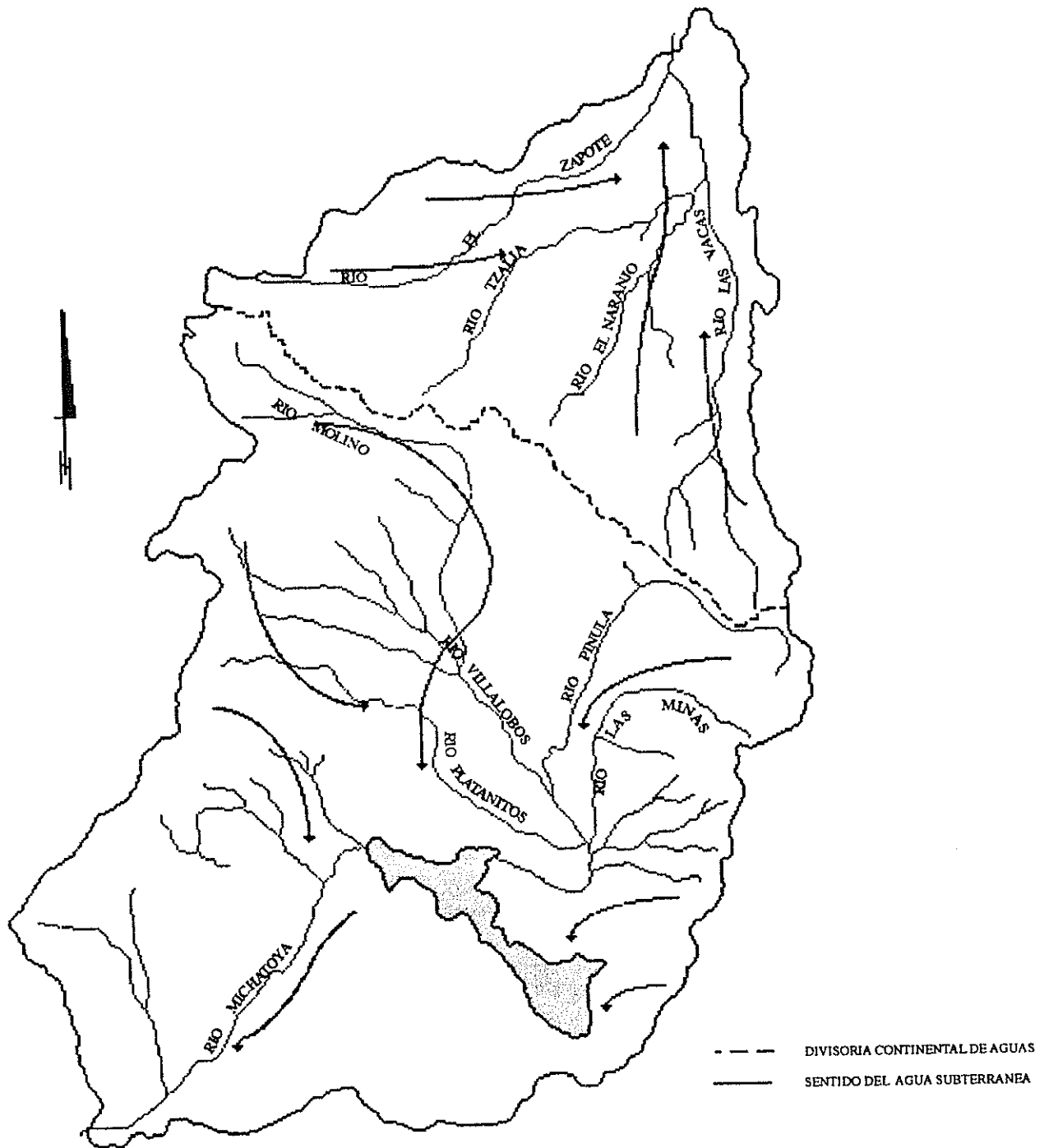


FIGURA No. 10

***BALANCE DEL SISTEMA DE  
AGUA SUBTERRANEA***

**CAPITULO 4**

## BALANCE DEL SISTEMA DE AGUA SUBTERRANEA

### 4.1.- DESCRIPCION DEL SISTEMA:

El balance del agua subterránea presentado en este trabajo está basado en la información existente en el estudio de aguas subterráneas elaborado por el INSIVUMEH en 1978.

Este estudio toma como base las condiciones que se establecieron en el Balance de dicho estudio y los datos que se presentan han sido calculados por la diferencia existente en el estudio del INSIVUMEH (1978), y las mediciones hechas durante 1995, sobre todo basados en la variación de los niveles del agua subterránea.

Para la descripción del sistema del balance se toma en cuenta lo siguiente. (Ver figura 11):

$$I) \quad E = S1 + S2 + Ca$$

En donde:

- **E** — Son las entradas de agua al sistema, formadas por el agua que se infiltra, que se origina de las precipitaciones, la cual llega a formar parte del flujo subterráneo.

**S1** — La constituyen las salidas naturales del sistema, que tiene los siguientes componentes:

$$S1 = Fb + Fs + Ev$$

En donde:

**Fb** — Flujo base superficial que sale fuera del área. En este caso las cuencas de los ríos Las Vacas y Villalobos.

**Fs** — Flujo subterráneo que sale del área.

**Ev** — Evapotranspiración del agua contenida en la parte superior del subsuelo.

**S2** — Salida artificial de agua del sistema, cuya cantidad se puede determinar a partir de la extracción artificial menos lo que regresa al sistema.

$$S2 = Ex - R$$

En donde:

**Ex** — Extracciones por medio de:

- a) Pozos perforados.
- b) Pozos excavados.
- c) Manantiales.
- d) Flujo base.
- e) Galerías de infiltración.



# BALANCE DEL AGUA SUBTERRANEA

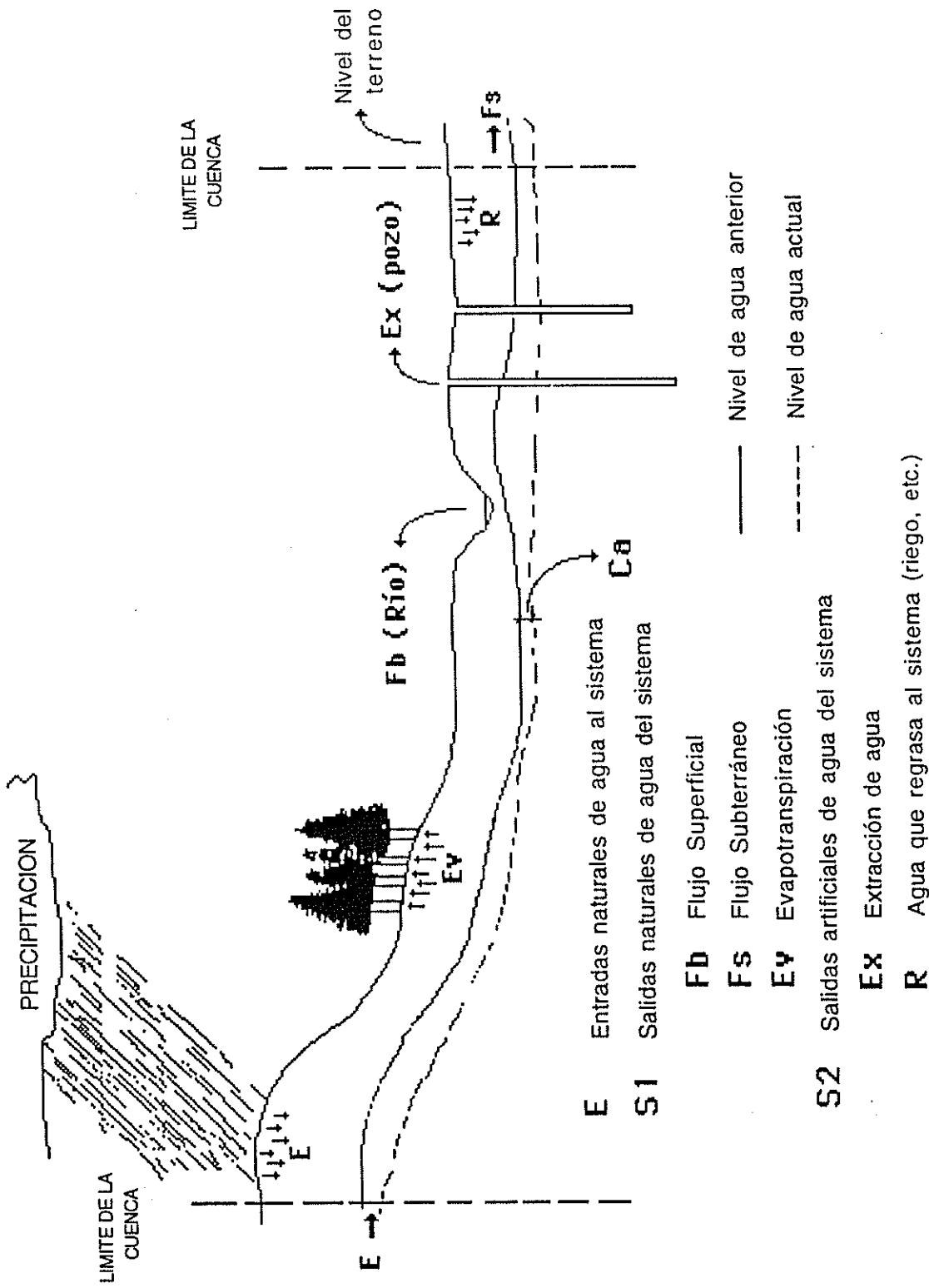


FIGURA No. 11

R — Cantidad de agua que después de ser utilizada regresa al sistema.

Ca — Pérdida o ganancia del embalse subterráneo, obtenida por la diferencia entre los niveles del agua subterránea, determinados en el estudio del INSIVUMEH y los datos obtenidos en el presente estudio en el año de 1995.

#### 4.2.- CUANTIFICACION DEL BALANCE.

En el presente estudio el balance fué calculado utilizando las pérdidas y ganancias del embalse subterráneo. Esta metodología se utilizó tomando como base que hay un periodo de 18 años y los valores que pudieron medirse son los niveles del agua subterránea. En este sentido, lo que se hizo fue comparar las curvas de igual nivel del agua subterránea y la diferencia es lo que se ha extraído de las reservas subterráneas. (Ver mapa 2).

Dicho balance fué calculado tanto en la cuenca sur como en la cuenca norte.

Para la cuenca sur se tomaron las aguas subterráneas que escurren hacia el Lago de Amatitlán, y que ingresan a éste por su lado norte; basandose en el estudio de Aguas Subterráneas hecho por el INSIVUMEH, en el año de 1978, el área de estudio que fué tomada es de 355.42 kms<sup>2</sup>., y en 1995, en esta investigación el área que se determinó, donde existen variaciones significaciones de los niveles freáticos, fué de 34.62 kms<sup>2</sup>. (Ver anexo 1).

En el balance que se hizo en el area sur en los años de 1975-1976, existió una pérdida del embalse subterráneo de 15.93 millones de mts<sup>3</sup>, que para el área de 34.62 kms<sup>2</sup>.; representa una pérdida de 1.55 millones de mts<sup>3</sup>.; para el siguiente año, donde se calculó el balance (1976-1977) existió una pérdida del embalse de 38.82 millones de mts<sup>3</sup>.; que representa 3.78 millones de mts<sup>3</sup> para el área de 34.62 kms<sup>2</sup>.

En esta investigación, tomando en cuenta que en el área de 34.62 kms<sup>2</sup>. la pérdida del embalse que existe es de aproximadamente 24.23 millones de mts<sup>3</sup>.(Ver anexo 2). Si se hace la comparación de ambos cálculos se puede observar que el embalse descendió un 5.55 % anualmente, lo que indica que existe un desequilibrio, que representa que sale más agua de la que entra. Esto significa que la descarga es mayor a la recarga.

En lo que respecta al área norte, se encuentra que para el estudio realizado por el INSIVUMEH en 1978, el área estudiada es de 223.31 kms<sup>2</sup>, y en 1995 en la presente investigación, el área que se determinó, donde existen variaciones significativas de los niveles freáticos, fue de 79.79 kms<sup>2</sup>. (Ver anexo 1). El balance que se hizo en el área norte en el año 1975-1976 dio una pérdida de 5.36 millones de mts<sup>3</sup>., lo que representa 1.91 millones de mts<sup>3</sup>, para un área de 79.79 kms<sup>2</sup>. En la actualidad el volumen extraído en esta cuenca es de 270.53 millones de mts<sup>3</sup>. (Ver anexo 2), durante los últimos 17 años, lo que indica que hubo un descenso de 5.55 % anualmente.

Lo anterior muestra que en ambas cuencas hay más descarga que recarga, sin embargo, este fenómeno es mayor en la cuenca norte.

El mapa 2 muestra las diferentes áreas donde el agua subterránea ha descendido considerablemente. En dicho mapa se localizaron las áreas que son más afectadas por el descenso. Por ejemplo, el área de 30.99 kms<sup>2</sup>. donde el agua subterránea tuvo un descenso de 25.00 mts., lo cual equivale a un volumen aproximado de 30.98 millones de mts<sup>3</sup>. Otra área de 22.22 kms<sup>2</sup>, donde el agua subterránea descendió de 25.00 a 50.00 mts., lo que equivale a un volumen de 66.66 millones de mts<sup>3</sup>. En la siguiente área, el agua subterránea tuvo un descenso que varió de 50.00 a 75.00 mts en una área de 10.56

kms<sup>2</sup>, equivalente a un volumen de descenso de 52.80 millones de mts<sup>3</sup>. La siguiente área de 8.10 kms<sup>2</sup>, donde el agua subterránea varió de 75.00 a 100.00 mts., lo que equivale a un volumen de descenso de 56.70 millones de mts<sup>3</sup>., y por último se localiza el área de 7.92 kms<sup>2</sup>., donde el agua subterránea tuvo un volumen de descenso de 63.36 millones de mts<sup>3</sup>.(Ver anexo 1 y 2).

Como se puede observar las áreas más críticas de descenso del nivel de agua se encuentran en el norte del área metropolitana, donde el nivel del agua se encuentra a más de 75.00 mts. de profundidad.

#### **4.3.- POSIBLES AREAS DE RECARGA EN EL VALLE DE GUATEMALA:**

Las áreas de recarga del Valle de Guatemala, están localizadas donde existe poca densidad de población, así como en áreas verdes o áreas con buena cobertura vegetal o boscosa.

Estas áreas están localizadas al sur del valle de Guatemala, específicamente al norte de los municipios de Escuintla, Palín y San Vicenta Pacaya. Además, la parte oriente de las faldas del Volcan de Agua, la parte oriente del municipio de San Lucas Sacatepequez, así como el cerro

Alux; en la parte este del Valle de Guatemala se pueden mencionar las montañas que rodean a San José Pinula en su parte oeste. (Ver mapa 3).

#### 4.4.- PROYECCION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION:

Como es bien conocido la problemática del agua potable en la actualidad es muy grande, provocada por la explotación desordenada del recurso, especialmente al agua subterránea. Al comparar la información de hace 18 años contenida en el estudio del Valle de Guatemala, con la presente investigación en 1995, se puede observar que el agua subterránea ha descendido considerablemente. En el estudio realizado por el INSIVUMEH, en el área sur los recursos de agua subterránea tuvieron una pérdida de 3.78 millones de mts<sup>3</sup>. En la actualidad, después de 18 años, los recursos de agua subterránea han tenido una pérdida de 24.23 millones de mts<sup>3</sup>. Tomando en cuenta que los niveles descienden 5.55 %, y la población tiene un porcentaje de 3.1 % (1) de crecimiento anual, para el año 2015 se tendrá que la población actual se duplicará, por lo que el porcentaje de descenso de los niveles aumentará aproximadamente en una pérdida de 43.89 millones de mts<sup>3</sup>. (Ver anexo 3). Estos datos se refieren a la cuenca sur del Valle de Guatemala.

---

(1) Tasa de crecimiento, Obtenida del Departamento de Relaciones Públicas de la Asociación Pro-Bienestar de la Familia (APROFAM), del estudio de 1994.

En lo que respecta al área norte, se encuentra que es la zona más crítica de toda la cuenca, ya que se tiene que en 1977 los recursos tuvieron una pérdida de 1.91 millones de mts<sup>3</sup>. En la actualidad, se tiene que el recurso tuvo una pérdida de 270.53 millones de mts<sup>3</sup>, lo que representa el 5.55 % de pérdida anual. Con este porcentaje y basandose en crecimiento de la población de 3.1% anual, se tiene que en el año de 2015, representará una pérdida aproximadamente de 478.285 millones de metros cúbicos. (Ver Anexo 3).

Estos volúmenes de pérdida (43.89 millones de mts<sup>3</sup> de la cuenca sur, y 487.285 millones de mts<sup>3</sup> de la cuenca norte), son estimaciones para el futuro, lo cual representa que es indispensable tomar las medidas correctivas para lograr que los recursos de agua subterránea se puedan conservar en cantidad y calidad.

**CONSERVACION DEL AGUA  
SUBTERRANEA EN EL  
VALLE DE GUATEMALA**

**CAPITULO 5**



## CONSERVACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL VALLE DE GUATEMALA

### 5.1 PRINCIPIOS DE PROTECCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS:

Por la importancia que tiene en la actualidad el agua subterránea, tomando como base que es el principal recurso para el abastecimiento de agua en el Valle de Guatemala, se considera que es urgente implementar políticas para proteger dicho recurso ya que la excesiva e irracional explotación, y por lo tanto el deterioro de la misma, está ocasionando un riesgo permanente a la contaminación. Este fenómeno se presenta especialmente dentro y alrededor de las áreas urbanas de la capital, donde se encuentra que las captaciones están sometidas a una presión ambiental, provocada por el rápido desarrollo.

Si se hace la pregunta ¿Qué ha causado la situación actual del agua subterránea?, la respuesta se presenta en dos formas más específicas:

- a) Explotación excesiva, que lleva a una reducción a largo plazo del recurso (descenso del nivel freático).
- b) Deterioro de la calidad de agua, como resultado de contaminación por la actividad humana en la superficie del terreno.

Para enfrentar un mayor deterioro del estado actual del recurso, es necesario implementar una política de protección: Esta implementación tiene su costo, pero es necesario para evitar costos aun mayores en el futuro. Para la elaboración de dichas políticas, existen varias consideraciones técnicas y administrativas que se debe tomar en cuenta, tales como la incertidumbre que se presentan sobre la magnitud del recurso hídrico subterráneo; la incertidumbre sobre el riesgo de contaminación; y los problemas legales relacionados con captaciones subterráneas.

Se conoce que una de las causas que deteriora las aguas subterráneas, es la explotación irracional y excesiva, como se observa en los resultados del descenso continuo de los niveles, lo que trae como consecuencia el descenso de los niveles freáticos del acuífero.

Desafortunadamente, la sobreexplotación del recurso es un hecho frecuente en la zona urbana, provocada por la creciente y desordenada demanda del suministro de agua en las diferentes zonas del país.

El término de sobreexplotación se puede definir como cualquier condición donde la extracción del agua subterránea excede a la recarga en un periodo de tiempo dado. De manera que puede ocurrir un desequilibrio en el balance hidrológico del acuífero como efecto directo; pero también

puede provocar efectos colaterales negativos preocupantes, tales como:

- a) Disminución del rendimiento de pozos y el aumento en los costos de bombeo.
- b) Infiltración de aguas subterráneas contaminadas.
- c) Hundimiento del terreno ocasionado por extracción excesiva del agua.

La explotación excesiva de las aguas subterráneas se puede corregir controlando la extracción, o reduciendo las tasas de bombeo. Se debe considerar que no toda sobreexplotación es considerada como uso irracional, ya que si ésta es planificada con fines específicos y en la medida que las consecuencias negativas sean analizadas técnicamente y aceptable económicamente deja de serlo.

Otro de los problemas donde se debe proteger las aguas subterráneas es de la contaminación. Esta ocurre cuando los contaminantes se infiltran hasta el sistema acuífero. Frecuentemente esto ocurre como consecuencia de la descarga descontrolada al suelo de aguas negras. En la mayoría de los acuíferos, esta contaminación tiende a ser un proceso lento. Esto significa que puede tomar muchos años antes de que el

impacto de contaminación sea identificado; durante este periodo puede haber ocurrido un daño irreversible del acuífero.

La falta de implementación de medidas adecuadas de control de la contaminación puede ocasionar serias consecuencias tales como:

- a) El abandono de pozos y pérdida de inversión en el desarrollo de los recursos hídricos.
- b) La necesidad de introducir costosos procesos de tratamiento para las captaciones de agua subterránea.
- c) Costosos programas de largo plazo para rehabilitar los acuíferos (se ha demostrado que dicha descontaminación es problemática y los efectos pueden ser irreversibles, ocasionando la pérdida del recurso hídrico subterráneo).

La problemática de los pozos abandonados se ha venido observando, y el riesgo que existe en que éstos se utilizan de una manera inadecuada, particularmente en lugares industriales y domésticos.

Este es un problema serio que tiene que ser manejado acertadamente; por lo que es recomendable considerar dentro de las Estrategias para la Protección de Aguas Subterráneas el siguiente planteamiento:

- a) Mantener inventarios completos de pozos mediante un programa de inspección de campo e identificar aquellos en desuso.
- b) Sellar con tapones los pozos en desuso, dejando un pequeño agujero con tapón para permitir el monitoreo, y rellenarlos si hay evidencia de cualquier abuso.
- c) Iniciar campañas de concientización entre los propietarios y operadores de pozos de agua sobre los riesgos asociados con la descarga de aguas negras en pozos en desuso.

## 5.2 CONTROL DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS:

### DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS Y LEGALES:

Las disposiciones administrativas, reforzadas con normas legales, son necesarias en la explotación de aguas subterráneas, para evitar que sea irracional o excesiva.

En la actualidad, en Guatemala no existe ninguna disposición administrativa ni legal; en estas circunstancias es más difícil proteger las aguas subterráneas, ya que no se lleva un control de perforación de pozos y un control de la extracción de las aguas subterráneas, es por ello la necesidad de que exista una entidad reguladora como la Secretaria de Recursos hidráulicos, que dentro de sus funciones debe contemplar, el llevar control, tanto de la perforación, como de la extracción del recurso hídrico subterráneo. Esta entidad reguladora debe estar relacionada con toda institución ya sea pública o privada, que tenga interés en el recurso hídrico subterráneo, para intercambiar toda la información relacionada con la explotación de éste.

La formulación de una política adecuada en la explotación del recurso hídrico subterráneo, debe contener lo relacionado con la recarga de los acuíferos, que permitan definir el límite máximo de su explotación. El objetivo de una política de control de explotación es reducir una

explotación irracional y/o excesiva, para que en un futuro las consecuencias no sean tan graves, como la contaminación acelerada de los ríos de las cuencas del Valle de Guatemala (Río las Vacas y Río Villalobos).

Uno de los aspectos importantes que se debe tomar muy en cuenta en las disposiciones administrativas y legales, es llevar un control de todo lo referente al recurso hídrico subterráneo; como se sabe existen varias áreas en donde la demanda es muy elevada, por lo cual es necesario realizar un monitoreo del nivel piezométrico, para indicar la variación y el estado de los acuíferos.

El monitoreo continuo del comportamiento del acuífero, con una extracción conocida y el análisis de toda esa información, constituye el método más seguro y económico para la evaluación del recurso hídrico subterráneo. Esta información a medida que aumenta, es necesario archivarla y procesarla, ya que esto representa la base de información que permita hacer un estudio del comportamiento del acuífero en el futuro.

Para dicho monitoreo se hace necesario llevar un control de toda perforación y construcción de pozos: Cualquier compañía que desee perforar o excavar un pozo debe

obtener un permiso o autorización de la entidad reguladora, en este caso la autorización se debe obtener de la Secretaria de Recursos Hidráulicos. Esta proporcionará toda la información necesaria para su construcción.

Esta es la manera más fácil de asegurar que todos los pozos nuevos sean registrados con la entidad reguladora, y que cumplan con el diseño técnico conveniente. Además, el solicitante deberá entregar un informe técnico del pozo construido, incluyendo todos sus detalles.

Una vez construido el pozo, se hace necesario llevar un control de la extracción de las aguas subterráneas. Dicho control debe contener lo siguiente:

- a) La profundidad del pozo y su penetración en el acuífero.
- b) Tipo de bomba instalada.
- c) El diámetro del pozo.
- d) Horas de bombeo.
- e) Las tasas de extracción anual o mensual.

Para el caso de los acuíferos que ya están sobreexplotados se necesita adoptar medidas de control para reducir la extracción, ya sea disminuyendo los periodos de bombeo o cerrando selectivamente los pozos. Esto se logra



fácilmente si existe otra alternativa de abastecimiento. Ahora donde no existe dicha alternativa ya sea técnicamente o económicamente posible, será necesario concientizar a los usuarios a efecto de encontrar soluciones satisfactorias.

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- En la mayoría de los pozos observados el nivel de agua ha descendido en una forma constante, provocado por la disminución del área de recarga, que existe en el Valle de Guatemala, esto debido al rápido crecimiento de la población, al incremento de la demanda, y al uso desordenado del agua, lo que provoca que cada día sea más grande la problemática de la escasez de agua.
  
- La gran demanda de agua ha provocado que exista una perforación de pozos en una forma no controlada, provocando que el nivel del agua subterránea tenga un descenso en una forma continua, situación que es agravada por la poca área de recarga que existe en el Valle de Guatemala.
  
- El área más crítica se localizó en la parte central y norte de la ciudad capital, donde el descenso del nivel de las aguas subterráneas es de bastante consideración, provocada por mal uso y extracción desconsiderada.
  
- Existe dificultad para medir y controlar los niveles del agua subterránea, ya que tanto los pozos privados como las empresas perforadoras no proporcionan la información requerida. Esto es provocado por la falta de una autoridad del agua a nivel nacional.

- Existe un proceso de recuperación de los niveles de agua, que se inicia primero en los pozos con niveles de agua cercanas a la superficie, poco tiempo después del inicio del período de lluvias. Este efecto puede ser más tardío o no presentarse en los pozos que tienen el nivel de agua a mayor profundidad. De la misma manera, el descenso de los niveles de agua se inicia primero en los pozos con niveles más cercanos a la superficie y es más lento o no aparece en los pozos donde el nivel del agua es más profundo.
  
- En el desarrollo del presente trabajo de tesis, se observo que el nivel del embalse subterráneo tuvo un descenso considerable, lo cual provocará que en el futuro, el descenso sea más crítico, provocando una problemática aún mayor que la actual.
  
- La falta de un ente regulador, para controlar la perforación y extracción del agua subterránea, ha provocado que los niveles desciendan constantemente, sin que se puedan tomar medidas correctivas.

**RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES

- Se deben tomar medidas de control del agua subterránea, sobre todo en aquellas zonas críticas. Esto se puede realizar mediante la medición sistemática de una red de pozos de observación.
  
- Es necesario concientizar a los usuarios para el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos disponibles.
  
- Es necesaria la promulgación de una ley de aguas para que toda empresa y todo usuario cumpla con dicha ley y no se continúen explotando los acuíferos del Valle de Guatemala sin ningún control.
  
- Que las autoridades actuales o las creadas, a través de la ley de Aguas, dicten medidas de control sobre la explotación de los recursos de agua subterránea, así como que toda empresa de perforación de pozos contribuya con la información pertinente, para que en el futuro se pueda hacer un monitoreo y tener mejor control sobre el nivel de las aguas subterráneas, su uso y aprovechamiento.

- Se deben incrementar los esfuerzos para conservar las áreas verdes existentes y fomentar la creación de nuevas, los cuales, dentro del Valle de Guatemala servirán como áreas de recarga. Esto contribuirá a conservar el recurso de agua subterránea.
  
- Se debe tomar las medidas necesarias, para que en el futuro, el descenso del embalse subterráneo sea menos crítico y alarmante como en la actualidad, disminuyendo los problemas que existen actualmente, tales como la escasez de agua.

# BIBLIOGRAFIA



## BIBLIOGRAFIA:

- 1.- DA COSTA, JOSE A. Y FALCON LMORENO, EDUARDO. "Manual de Métodos Cuantitativos en el Estudio de las Aguas Subterráneas". 2a. edición, México, Editorial Limusa. 1966. 365 Pág.
- 2.- DE LEON CHAVEZ, EDGAR ROLANDO. "Metodología para Estudios Hidrológicos en Rocas Volcanicas", Guatemala, USAC. Facultad de Ingeniería, Tesis de Ingeniería Civil, 1989. 160 Pág.
- 3.- "Diccionario de Geología y Ciencias Afines", España, Ed. Labor S.A., 1957, 290 Pág.
- 4.- "Diccionario Enciclopedico Ilustrado SOPENA". España, Ed. Ramon Sopena S.A., 1981, 5 vol.
- 5.- E. CUSTODIO/MR LLAMAS, "Hidrología Subterránea". Barcelona España, Omega S.A., 1983, Tomo I y II.
- 6.- EMMOS, ALLISON, STANFFER, THIEL, "Geología: Principios y Proceso". España, McGraw-Hill, 1965, 315 Pág.
- 7.- FAIR, GORDON, MASKEW. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. "Abastecimiento de Aguas Subterráneas". México, Limusa, 1968, Volumen I. 800 Pág.
- 8.- FOSTER, ADAMS, MORALES, TENJO. Manual de "Estrategias para la Protección de Aguas Subterráneas", una guía para su implementación, Perú, O.M.S., 1992, 280 Pág.
- 9.- GIBSON, UBRIC. "Manual de los Pozos Pequeños", México, A.I.D., 1969, 207 Pág.
- 10.- Informe final del Estudio de Aguas Subterráneas en el Valle de Guatemala. Guatemala, INSIVUMEH, Sección de Aguas Subterráneas. 1978. 800 Pág.
- 11.- LINSLEY, KOLER, PAULUS. "Hidrología para Ingenieros". 2a. Edición, México, MacGraw-Hill, 1988, 280 Pág.

- 12.- MELENDEZ-FUSTER, "Geología", España, Ed. Paraninfo, 1978, 320 Pág.
- 13.- "Manual de saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos". México, Limusa, 1984. 180 Pág.
- 14.- VASQUEZ MENENDEZ, PLUTARCO RENE. "Reconocimiento Hidrológico en la Cuenca del Río Guacalate hasta la Estación San Luis las Carretas", Guatemala, USAC., Facultad de Ingeniería, Tesis de Ingeniería Civil, 1994, 110 Pág.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### Cálculo de Areas:

La medición de las áreas fué tomada de un plano a escala 1:50,000, y medida con un planimetro marca KEUFFEL & ESSER Co. (K+E) modelo 620,005, serie No. 51,370. Tomando las respectivas lecturas, y en base a la formula de:

$$L * E^2 = A$$

Donde

- A Area en centímetros cuadrados.
- L Lectura del planimetro en centímetros cuadrados.
- E Escala del plano.

### CUENCA NORTE:

#### Cálculo del Area 1:

Lecturas para el A1

$$L1=31.50 \text{ cms}^2; L2=31.80 \text{ cms}^2; L3=31.70 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $Lp=31.6666$   
Calculando el área:

$$\begin{aligned} A1 &= L * E^2 \\ A1 &= 31.6666 * (50,000)^2 \\ A1 &= 7.91665 * E^{10} \\ A1 &= 7,916,650.00 \text{ mts}^2 \\ A1 &= 7.916 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

#### Cálculo del Area 2:

Lecturas para el A2

$$L1=63.70 \text{ cms}^2; L2=64.20 \text{ cms}^2; L3=64.30 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $Lp=64.0666$   
Calculando el área:

$$\begin{aligned} A &= L * E^2 \\ A &= 64.0666 * (50,000)^2 \\ A &= 1.6016 * E^{11} \\ A &= 16,016,000.00 \text{ mts}^2 \\ A &= 16.016 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= A - A1 \\ A2 &= 16,016,000.00 - 7,916,650.00 \\ A2 &= 8,099,350.00 \text{ mts}^2 \\ A2 &= 8.099 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

**Cálculo del Area 3:**

Lecturas para el A3:

$$L1=104.9 \text{ cms}^2; L2=107.2 \text{ cms}^2; L3=106.9 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $Lp=106.3333 \text{ cms}^2$   
Calculando el área:

$$\begin{aligned} A &= L * E^2 \\ A &= 106.3333 * (50,000)^2 \\ A &= 2.6583 * E^{11} \text{ cms}^2 \\ A &= 26,583,333.33 \text{ mts}^2 \\ A &= 26.583 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A3 &= A - (A1 + A2) \\ A3 &= 26,583,333.33 - (7,916,650 + 8,099,350) \\ A3 &= 26,583,333.33 - 16,016,000.00 \\ A3 &= 10,567,333.33 \text{ mts}^2 \\ A3 &= 10.567 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

**Cálculo del Area 4:**

Lecturas para el A4:

$$L1=193.3 \text{ cms}^2; L2=195.8 \text{ cms}^2; L3=196.8 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $Lp=195.3 \text{ cms}^2$   
Calculando el área:

$$\begin{aligned} A &= L * E^2 \\ A &= 195.3 * (50,000)^2 \\ A &= 4.8825 * E^{11} \text{ cms}^2 \\ A &= 48,825,000.00 \text{ mts}^2 \\ A &= 48.825 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A4 &= A - (A1 + A2 + A3) \\ A4 &= 48,825,000 - (7,916,650 + 8,099,350 + 10,567,333.33) \\ A4 &= 48,825,000 - 26,583,333.33 \\ A4 &= 22,241,666.67 \text{ mts}^2 \\ A4 &= 22.241 \text{ Kms}^2 \end{aligned}$$

**Cálculo del Area 5:**

Lecturas para el A5:

$$L1=320.0 \text{ cms}^2; L2=319.9 \text{ cms}^2; L3=317.6 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $Lp=319.1666 \text{ cms}^2$   
Calculando el área:

$$A=L \cdot E^2$$

$$A=319.1666 * (50,000)^2$$

$$A=7.979166 * E^{11} \text{ cms}^2$$

$$A=79,791,666.67 \text{ mts}^2$$

$$A=79.791 \text{ Kms}^2$$

$$A5=A-(A1+A2+A3+A4)$$

$$A5=79,791,666.67-(7,916,650+8,099,350+10,567,333.33+22,241,666.67)$$

$$A5=79,791,666.67 - 48,825,000.00$$

$$A5=30,966,666.67 \text{ mts}^2.$$

$$A5=30.966 \text{ Kms}^2$$

**CUENCA SUR:**

Lecturas para el  $A_s$ :

$$L1=138.6 \text{ cms}^2; L2=139.3 \text{ cms}^2; L3=137.5 \text{ cms}^2$$

Donde la lectura promedio es  $L_p=138.466 \text{ cms}^2$

Cálculo del área:

$$A_s=L \cdot E^2$$

$$A_s=138.466 * (50,000)^2$$

$$A_s=3.46166 * E^{11} \text{ cms}^2$$

$$A_s=34,616,666.67 \text{ mts}^2.$$

$$A_s=34.616 \text{ Kms}^2$$

## ANEXO 2:

### CALCULO DE VOLUMEN:

En el cálculo del volumen de descenso del embalse subterráneo, donde se tomaron en cuenta los coeficientes de producción específica, que varía según la cuenca. En la cuenca sur el coeficiente que se utilizó fue del 14 % y en la cuenca norte se utilizó el 8 %.

Para dicho cálculo del volumen fue tomada la variación de niveles de profundidad de 0 -- 100 en intervalos de 25.00 mts., tomando el promedio entre cada intervalo. (Ver mapa 2)

**EJEMPLO:**           Altura1= 75.00 mts.  
                  Altura2= 50.00 mts.

$$\Delta h = \frac{(Altura1)-(Altura2)}{2} + (Altura2)$$
$$\Delta h = \frac{75-50}{2} + 50$$
$$\Delta h = \frac{25}{2} + 50$$
$$\Delta h = 12.5 + 50$$
$$\Delta h = 62.5 \text{ mts.}$$

**NOTA:**           Los coeficientes fueron tomados del Estudio de Aguas Subterráneas hecho por el INSIVUMEH, en la parte IV titulado Hidrogeología, de las paginas 283 y 287 respectivamente.

### CUENCA NORTE:

#### - Cálculo del Volumen 1:

$$V1=A1* \Delta h \text{ donde } \Delta h=100.00 \text{ mts.}$$
$$V1=7,916,650 * 100$$
$$V1=791,665,000.00 \text{ mts}^3.$$

#### Volumen de descenso:

$$Vd=V1*0.08 \quad \text{donde } 0.08 \text{ es el coeficiente de producción específica}$$

$$Vd=791,665,000 * 0.08$$
$$Vd=63.33 \text{ millones de mts}^3.$$

- Cálculo del Volumen 2:

$$\begin{aligned}V2 &= A2 * \Delta h \quad \text{Donde } \Delta h = 87.5 \text{ mts.} \\V2 &= 8,099,350.00 * 87.5 \\V2 &= 708,693,125.00 \text{ mts}^3.\end{aligned}$$

Volumen de descenso:

$$\begin{aligned}Vd &= V2 * 0.08 \\Vd &= 708,693,125.00 * 0.08 \\Vd &= 56.79 \text{ millones de mts}^3.\end{aligned}$$

- Cálculo de Volumen 3:

$$\begin{aligned}V3 &= A3 * \Delta h \quad \text{donde } \Delta h = 62.5 \text{ mts.} \\V3 &= 10,567,333.33 * 62.5 \\V3 &= 660,458,333.10 \text{ mts}^3.\end{aligned}$$

Volumen de descenso:

$$\begin{aligned}Vd &= V3 * 0.08 \\Vd &= 660,458,333.10 * 0.08 \\Vd &= 52.83 \text{ millones de mts}^3.\end{aligned}$$

- Cálculo de Volumen 4:

$$\begin{aligned}V4 &= A4 * \Delta h \quad \text{donde } \Delta h = 37.5 \text{ mts.} \\V4 &= 22,241,666.67 * 37.5 \\V4 &= 834,062,500.10 \text{ mts}^3.\end{aligned}$$

Volumen de descenso:

$$\begin{aligned}Vd &= V4 * 0.08 \\Vd &= 834,062,500.10 * 0.08 \\Vd &= 66.72 \text{ millones de mts}^3.\end{aligned}$$

- Cálculo de Volumen 5:

$$\begin{aligned}V5 &= A5 * \Delta h \quad \text{donde } \Delta h = 12.5 \text{ mts.} \\V5 &= 30,966,666.67 * 12.5 \\V5 &= 387,083,333.40 \text{ mts}^3.\end{aligned}$$

Volumen de descenso:

$$\begin{aligned}Vd &= V5 * 0.08 \\Vd &= 387,083,333.40 * 0.08 \\Vd &= 30.96 \text{ millones de mts}^3.\end{aligned}$$



La totalidad del volumen de descenso del embalse en la cuenca norte, durante los 18 años pasados, fué de 270.53 millones de mts<sup>3</sup>., en una área de 79.79 kms<sup>2</sup>.

**CUENCA SUR:**

- Cálculo del Volumen de la cuenca sur:

$$\begin{aligned} V_s &= A_s * \Delta h && \text{donde } \Delta h = 5 \text{ mts.} \\ V_s &= 34,616,666.67 * 5.00 \\ V_s &= 173,083,333.40 \text{ mts}^3. \end{aligned}$$

Volumen de descenso:

$$\begin{aligned} V_d &= V_s * 0.14 && \text{donde } 0.14 \text{ es el} \\ &&& \text{coeficiente de} \\ &&& \text{producción} \\ &&& \text{específica.} \\ V_d &= 173,083,333.40 * 0.14 \\ V_d &= 24.23 \text{ millones de mts}^3. \end{aligned}$$

En lo referente a la cuenca sur el volumen de descenso del embalse, durante los 18 años pasados fue de 24.23 millones de mts<sup>3</sup>., en un área de 34.62 kms<sup>2</sup>.

**ANEXO 3:**

**PROYECCION DE LA INVESTIGACION:**

En la proyección de la investigación se tomó como base la población en 1994, donde la densidad de población en el área metropolitana es de 1030 hab/km<sup>2</sup>.

**NOTA:** La base de la población fué recopilada del Departamento de Relaciones Públicas de APROFAM; información del año de 1994.

**CUENCA NORTE:**

Si el área es de 79.79 kms<sup>2</sup> y la densidad de población es de 1030 hab/km<sup>2</sup>, se tiene que:

$$1030 \text{ hab/km}^2 * 79.79 \text{ km}^2 = 82,184 \text{ habitantes.}$$

Tomando el volumen que descendió de 270.53 millones de mts<sup>3</sup>, y que los habitantes son 82,184, se puede obtener el consumo en mts<sup>3</sup>/hab. en 18 años recorridos:

$$\frac{270,530,000.00}{82,184} = 3,291.76 \text{ mts}^3/\text{hab.}$$

$$\frac{183 \text{ mts}^3/\text{hab} \cdot \text{año}}{365 \text{ días} \cdot \text{día}} = 0.501 \text{ mts}^3/\text{hab} \cdot \text{día}$$

Con lo anterior se puede considerar el consumo por año por habitante en metros cúbicos:

$$\frac{3,291.76 \text{ mts}^3/\text{hab.}}{18 \text{ años}} = 182.87 \text{ mts}^3/\text{hab} \cdot \text{año}$$

Basandose en la tasa de crecimiento anual de la población que es de 3.1 %, y con la población actual de 82,184 habitantes en una área de 79.79 kilómetros cuadrados, se puede proyectar el número de habitantes al año 2015:

$$(82,184) * (0.031) * (20) + (82,184) = 133,138 \text{ habitantes}$$

Y en base a esta población se puede calcular el volumen de descenso del embalse en dicho año, tomando en cuenta que el consumo por habitante por año no tiene variación:

$$Vd = (\text{consumo}) * (\text{tiempo}) * (\# \text{ habitantes})$$

donde:	Consumo	183 mts <sup>3</sup> /hab/año
	Tiempo	20 años
	# hab.	133,138 hab.

$$Vd = (183 \text{ mts}^3/\text{hab/año}) * (20 \text{ años}) * (133,138 \text{ hab})$$

$$Vd = 487.285 \text{ millones de metros cúbicos.}$$

El volumen de descenso del embalse subterráneo, para el área de 79.79 kilómetros cuadrados en el año 2015 será aproximadamente de 487.285 millones de metros cúbicos.

#### CUENCA SUR:

Siguiendo el mismo lineamiento de la cuenca norte, y tomando en cuenta que el área de estudio es de 34.61 kilómetros cuadrados, se consideró la densidad de población de 1030 hab/km<sup>2</sup>, se tiene que:

$$(1030 \text{ hab/km}^2) * (34.61 \text{ kms}^2) = 35,648 \text{ hab.}$$

Sabiendo que el volumen de descenso fué de 24.23 millones de metros cúbicos, y que el número de habitantes es de 35,648, se puede obtener el consumo en mts<sup>3</sup>/hab. en 18 años.

$$\frac{24,230,000.00 \text{ mts}^3}{35,648 \text{ hab}} = 679.70 \text{ mts}^3/\text{hab}$$

Se puede calcular el consumo en metros cúbicos por habitante por cada año:

$$\frac{679.70 \text{ mts}^3/\text{hab}}{18 \text{ años}} = 38.85 \quad 39 \text{ mts}^3/\text{hab/año}$$

$$\frac{39 \text{ mts}^3/\text{hab} \cdot \text{año}}{365 \text{ días/año}} = 0.11 \text{ mts}^3/\text{hab} \cdot \text{día}$$

Tomando que la tasa de crecimiento de población es de 3.1 % anual, y sabiendo la población actual de 34,648 habitantes, en un área de 34.61 kilómetros cuadrados, se puede encontrar aproximadamente la población en dicha área, para el año 2015:

$$(34,648) \cdot (0.031) \cdot (20) + (34,648) = 56,130 \text{ hab.}$$

Con la población calculada para el año 2015, se puede obtener aproximadamente el volumen del embase que descenderá en dicho año, tomando como base que no varió el consumo de cada habitante por cada año; se tiene:

$$V_d = (\text{consumo}) \cdot (\text{tiempo}) \cdot (\# \text{ hab.})$$

Donde:	Consumo	39.00 mts <sup>3</sup> /hab/año
	Tiempo	20 años
	# hab.	56,130 habitantes

$$V_d = (39.0 \text{ mts}^3/\text{hab}/\text{año}) \cdot (20 \text{ años}) \cdot (56,130 \text{ hab})$$

$$V_d = 43.78 \text{ millones de metros cúbicos.}$$

El volumen de descenso del embase subterráneo, en la cuenca sur para el área de 34.61 kilómetros cuadrados para el año 2015 será aproximadamente de 43.78 millones de metros cúbicos.