De los 35 municipios candidatos, 20 municipios fueron clasificados en el grupo que no manifestó grandes deseos por el desarrollo de nuevas fuentes de agua, ni voluntad de cubrir los costos de O/M, y 15 municipios fueron clasificados en el grupo que manifestaron grandes deseos por el desarrollo de nuevas fuentes. Estos últimos, en su mayoría, enfrentan actualmente una seria escasez de agua, tal como se muestra en los Cuadro 5.2.3 y 5.3.1.

El Cuadro 5.3.1 muestra la clasificación de los 35 municipios candidatos según el grado de requerimiento de agua proyectado en el año 2010: A (más de 100 lit./hab.día), B (entre 50 y 100 lit./hab.día) y C (menos de 50 lit./hab.día). Los 35 municipios se clasifican en los siguientes grupos:

A (151.69-100.69 lit./hab./día)	12 municipios
B (54.63-94.81 lit./hab./día)	15 municipios
C (0.13-43.24 lit./hab./día)	8 municipios

De los 12 municipios clasificados en el grupo A, 2 son Patzún y Patzicía, donde cuentan con suficiente capacidad de suministro de agua hasta el año 2010, mientras se mantenga el nivel de servicio actual aunque resulte insatisfactorio.

Los 2 municipios, San Pedro la Laguna y San Francisco el Alto, se localizan en las áreas donde resultaría difícil hidrogeológicamente desarrollar los manantiales y las aguas subterráneas. Estos cuatro municipios no podrían ser priorizados si se consideran los diferentes factores, aunque las condiciones del requerimiento sean evidentes.

5.3 Clasificación según Potencial de Desarrollo de las Fuentes de Agua

Desde el punto de vista hidrogeológico, el potencial de desarrollo de nuevas fuentes de agua en los 35 municipios se clasifica en los 3 grupos siguientes:

Grupo I:

Los siguientes 5 municipios fueron clasificados en el grupo con alto potencial de desarrollo de aguas subterráneas:

Gu 1	Santa Catarina Pinula
Ch 3	San Martín Jilotepeque
Gu 9	San Juan Sacatepéquez
Qu 3	Olintepeque
Qu 7	Cajolá

Grupo II:

Los siguientes 18 municipios fueron clasificados en el grupo con potencial de desarrollo de aguas subterráneas relativamente alto:

Gu 2	San José Pinula
Gu 3	San José del Golfo
Gu 6	San Pedro Ayampuc
Gu 5	San Pedro Sacatepéquez
Sa 11	Santa María de Jesús
Ch 9	Patzicía
So 1	Sololá
So 4	Santa Lucía Utatlán
So 5	Nahualá
To 5	Momostenango
Ch 2	San José Poaquil
Ch 4	San Juan Comalapa

Ch 7	Patzún
Qu 4	San Carlos Sija
Qu 18	San Francisco la Unión
Qu 22	Flores Costa Cuca
Qu 24	Palestina
Qu 21	Génova

Grupo III:

Los siguientes 12 municipios se clasifican en el grupo de bajo potencial de desarrollo de aguas subterráneas por medio de pozos profundos, pero que presenta un probable potencial de desarrollo del acuífero poco profundo, con excepción de 2 municipios que son Chuarrancho (Gu 11) y San Antonio Palopó (So 12):

So 7	Santa Clara La Laguna
So 12	San Antonio Palopó*
So 14	Santa Cruz la Laguna
So 15	San Pablo la Laguna
So 16	San Marcos la Laguna
So 17	San Juan la Laguna
So 9	San Andrés Semetabaj
So 11	Santa Catarina Palopó
To 3	San Francisco el Alto
Qu 15	Huitán
Sa 9	Santa Lucía M. Altas
Gu 11	Chuarrancho*

* Chuarrancho (Gu 11) utiliza, actualmente, las aguas superficiales, pero INFOM recomienda elaborar un plan de desarrollo de las aguas subterráneas en el área municipal de San Raymundo, aproximadamente a 12 km. al suroeste de Chuarrancho.

* San Antonio Palopó (So 12) está utilizando las aguas del manantial, y un nuevo manantial ha sido desarrollado por INSIVUMEH, a 5 km. aprox. al este de la cabecera municipal.

5.4 Clasificación para la Formulación de Estrategia de Desarrollo de Fuentes de Agua

Basándose en los resultados de clasificación descritos anteriormente, así como en la situación actual de las fuentes existentes, se efectuó la siguiente categorización con el fin de elaborar la estrategia de desarrollo de nuevas fuentes de agua:

Grupo A: Utilización de agua superficial

Aunque la contaminación de las aguas superficiales ha venido agravándose en todo el Area de Estudio, los siguientes 5 municipios gozan de las aguas fluviales relativamente limpias. Si bien no sea posible desarrollar nuevas fuentes de aguas superficiales, se recomienda utilizar efectivamente las aguas de los ríos tomando las debidas medidas contra la contaminación:

Gu	11	Chuarrancho
Ch	2	San José Poaquil
So	5	Nahualá
Gu	4	San Carlos Sija
Gu	7	Cajolá

Grupo B: Utilización de aguas de manantiales

Los manantiales son las fuentes más importantes y económicas en el Area de Estudio, y un total de 30 municipios de los 35, están utilizando las aguas de los manantiales como fuentes públicas de

agua; de éstos 21 dependen totalmente de ellos. Debido a que los manantiales han sido casi totalmente explotados, el desarrollo de nuevas fuentes podría resultar difícil en el futuro. Como un caso excepcional, una nueva fuente de manantial ha sido desarrollado recientemente en San Antonio Palopó por INSIVUMEH.

Grupo C: Desarrollo del acuífero poco profundo

Se incluyen en este grupo, 10 municipios con un potencial relativamente alto de desarrollo de acuífero poco profundo mediante perforación de pozos.

Grupo D: Desarrollo de aguas subterráneas

Un total de 24 municipios fueron categorizados en este grupo. Estos, a su vez, fueron clasificados en los tres subgrupos siguientes, según las condiciones socioeconómicas, el grado de requerimiento de agua y las condiciones de desarrollo de nuevas fuentes de agua.

* Clase I: 6 municipios con potencial de desarrollo de aguas subterráneas relativamente alto, y con fuertes deseos de desarrollo de nuevas fuentes:

Gu 2	San José Pinula
Gu 8	San Pedro Sacatepéquez
Gu 18	San francisco La Unión
So 1	Sololá
To 5	Momostenango
Sa 11	Santa María de Jesús

* Clase II: 9 municipios con potencial de desarrollo de aguas subterráneas relativamente alto, pero los deseos por el desarrollo de nuevas fuentes no son tan fuertes:

Gu 3	San José del Golfo
Ch 3	San Martín Jilotepeque
Ch 4	San Juan Comalapa
So 4	Santa Lucía Utatlán
So 5	Nahualá
Qu 4	San Carlos Sija
Qu 7	Cajolá
Qu 21	Génova
Qu 22	Flores Costa Cuca

* Clase III: 9 municipios con potencial de desarrollo de aguas subterráneas relativamente alto, y con capacidad suficiente para suministrar el agua hasta el año 2010, en el caso de mantenerse el nivel de servicio actual. Por lo tanto, los deseos por el desarrollo de nuevas fuentes no son tan fuertes:

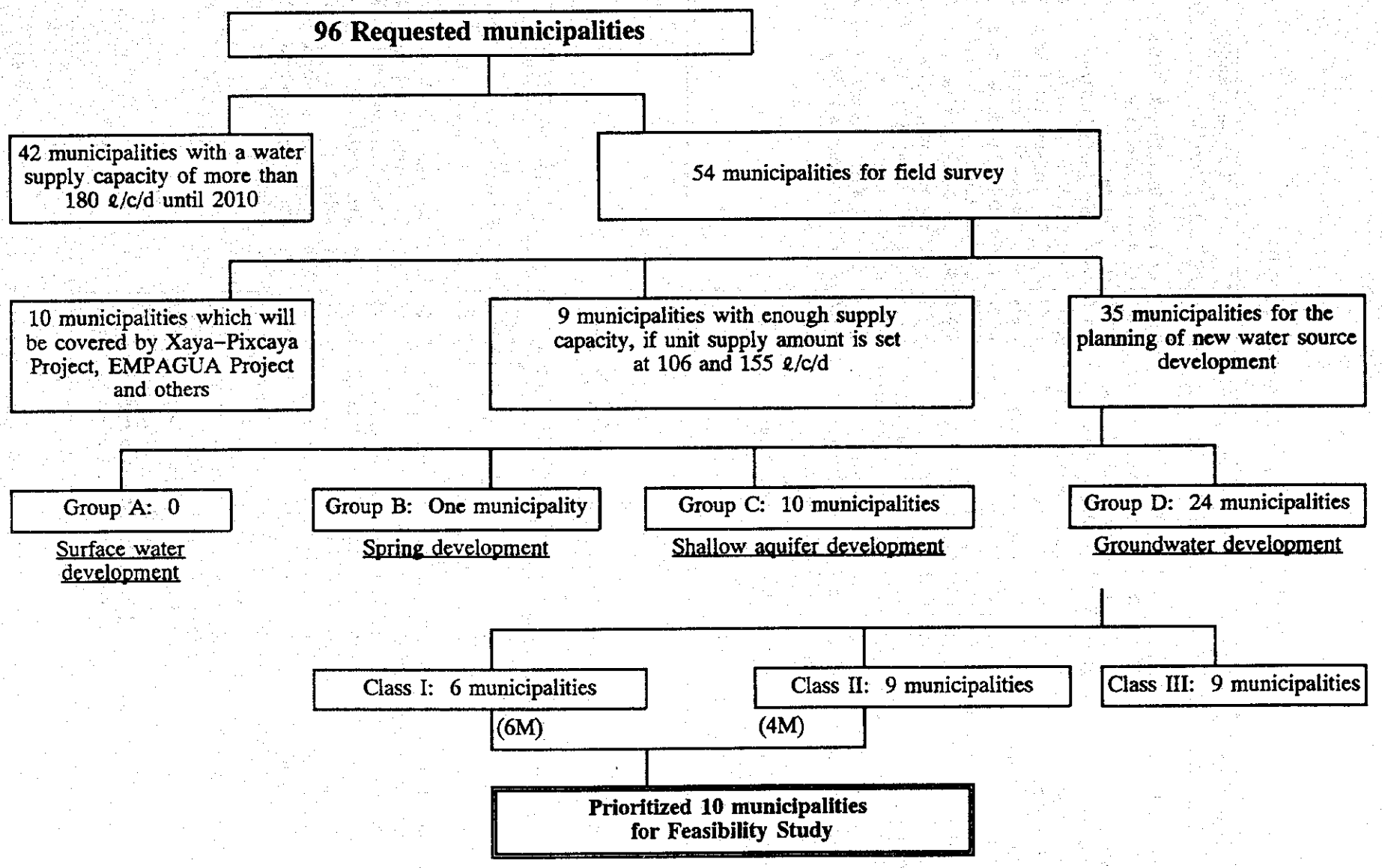
Gu 1	Santa Catarina Pinula
Gu 6	San Pedro Ayampuc
Gu 9	San Juan Sacatepéquez
Gu 11	Chuarrancho
Ch 2	San José Poaquil
Ch 7	Patzún
Ch 9	Patzicía
Qu 3	Olintepeque
Qu 24	Palestina

5.5 Priorización de los 10 Municipios para el Estudio de Factibilidad

De los 15 municipios que fueron clasificados como Clase I y Clase II del Grupo D de los párrafos anteriores, el Equipo de Estudio e INFOM decidieron ejecutar el Estudio de Factibilidad en los siguientes 10 municipios:

Gu	2	San José Pinula
Gu	8	San Pedro Sacatepéquez
Sa	11	Santa María de Jesús
Ch	3	San Martín Jilotepeque
Ch	4	San Juan Comalapa
So	1	Sololá
So	4	Santa Lucía Utatlán
To	5	Momostenango
Qu	18	San Francisco la Unión
Qu	21	Génova

Los resultados finales de "la Categorización de los Municipios Candidatos" están resumidos en el diagrama siguiente:


96 Requested municipalities
42 municipalities with a water supply capacity of more than 180 ℓ/c/d until 2010
54 municipalities for field survey
10 municipalities which will be covered by Xaya–Pixcaya Project, EMPAGUA Project and others
9 municipalities with enough supply capacity, if unit supply amount is set at 106 and 155 ℓ/c/d
35 municipalities for the planning of new water source development
Group A: 0
Surface water development
Group B: One municipality
Spring development
Group C: 10 municipalities
Shallow aquifer development
Group D: 24 municipalities
Groundwater development
Class I: 6 municipalities
(6M)
Class II: 9 municipalities
(4M)
Class III: 9 municipalities
Prioritized 10 municipalities for Feasibility Study

Cuadro 5.1.1 Categorización de la Población (2010)

A (More than 10,000)			B (5,000 - 10,000)			C (Less than 5,000)		
No.	Municipality	Popul.	No.	Municipality	Popul.	No.	Municipality	Popul.
Gu14	Villa Nueva	65,653	Qu17	Colomba	9,191	Sa 7	San Bartolome M. Altas	4,980
So 1	Solola	30,960	Gu10	San Raymundo	8,779	Qu 4	San Carlos Sija	4,872
Gu 7	Mixco	29,994	Qu11	Cpcion. Chiquirichapa	8,762	Qu 7	Cajola	4,775
Sa 2	Jocotenango	21,885	Gu 6	San Pedro Ayampuc	7,770	So 4	Santa Lucia Utatlan	4,773
Sa12	Ciudad Vieja	20,739	Sa 9	Santa Lucia M. Altas	7,545	Gu 3	San Jose del Golfo	4,185
Gu 2	San Jose Pinula	19,970	So 5	Nahuala	7,494	So 6	Sta. Catarina Ixtahuacan	3,569
Ch 4	San Juan Comalapa	19,408	Qu22	Flores Costa Cuca	7,378	So12	San Antonio Palopo	3,243
Ch 7	Patzun	19,398	Qu21	Genova	7,267	Sa16	Santa Catarina Barahona	3,219
To 3	San Francisco el Alto	18,740	Qu24	Palestina	7,192	Qu15	Huitan	3,053
To 5	Momostenango	16,740	So17	San Juan la Laguna	6,965	So 9	San Andres Semetabaj	2,603
Ch 9	Patzicia	16,164	Gu11	Chuarrancho	6,927	Qu18	San Francisco la Union	2,561
Qu13	Almolonga	15,227	So 7	Santa Clara la Laguna	6,862	So11	Sta. Catarina Palopo	2,540
Sa11	Santa Maria de Jesus	14,890	Sa10	Magdalena Milpas Altas	6,580	Gu 5	Chinautla	2,438
Gu 1	Santa Catarina Pinula	14,134	Gu15	Villa Canales	5,865	So16	San Marcos la Laguna	1,972
Gu 9	San Juan Sacatepequez	13,948	Ch 2	San Jose Poaquil	5,704	So14	Santa Cruz la Laguna	812
Ch16	El Tejar	13,617	Qu 3	Olintepeque	5,704			
Ch15	Zaragoza	12,024	Sa15	San Antonio Aguas Cal.	5,702			
Ch 3	San Martin Jilotepeque	11,986	To 4	San Andres Xecul	5,663			
So15	San Pablo la Laguna	10,189	Qu12	San M. Sacatepequez	5,274			
Gu 8	San Pedro Sacatepequez	10,140						

Cuadro 5.1.2 Volumen Faltante de Agua (2010)

A (More than -100 l/c/d)			B (-100 ~ -50 l/c/d)			C (Less than -50 l/c/d)		
No.	Municipality	Water Shortage l/c/d	No.	Municipality	Water Shortage l/c/d	No.	Municipality	Water Shortage l/c/d
So15	San Pablo la Laguna	-151.69	So12	San Antonio Palopo	-94.81	Gu 3	San Jose del Golfo	-43.24
Gu 8	San Pedro Sacatepeque	-126.01	Qu15	Huitan	-80.25	So16	San Marcos la Laguna	-42.83
To 3	San Francisco el Alto	-124.11	So17	San Juan la Laguna	-75.24	Gu 1	Santa Catarina Pinula	-39.31
Ch 7	Patzun	-117.36	So 9	San Andres Semetabaj	-74.47	Gu11	Chuarrancho	-36.59
To 5	Momostenango	-116.77	Qu 7	Cajola	-72.71	Qu24	Palestina	-22.57
Gu 2	San Jose Pinula	-114.04	So 4	Santa Lucia Utatlan	-71.97	So14	Santa Cruz la Laguna	-18.93
Ch 3	San Martin Jilotepequ	-111.78	So 1	Solola	-70.16	So11	Sta. Catarina Palopo	-17.56
Sa11	Santa Maria de Jesus	-108.59	So 7	Santa Clara la Laguna	-66.72	Qu 3	Olintepeque	-7.47
Qu21	Genova	-106.00	So 5	Nahuala	-65.99			
Qu18	San Francisco la Unio	-106.00	Sa 9	Santa Lucia M. Altas	-60.19			
Ch 9	Patzicia	-105.34	Ch 2	San Jose Poaquil	-59.35			
Ch 4	San Juan Comalapa	-100.69	Qu22	Flores Costa Cuca	-57.94			
			Qu 4	San Carlos Sija	-56.34			
			Gu 9	San Juan Sacatepequez	-55.89			
			Gu 6	San Pedro Ayampuc	-54.63			

Cuadro 5.2.1 Categorización de la Población (2010)

	No.	Municipality	2010				
			Population	ℓ/c/d	Demand m3/day	Water	
						m3/day	ℓ/c/d
*	So 1	Sololá	30,960	155	4,799	-2,172	-70.16
*	Gu 2	San José Pinula	19,970	155	3,095	-2,277	-144.04
*	Ch 4	San Juan Comalapa	19,408	155	3,008	-1,954	-100.69
	Ch 7	Patzun	19,398	155	3,007	-2,277	-117.36
	To 3	San Francisco el Alto	18,740	155	2,905	-2,326	-124.11
*	To 5	Momostenango	16,740	155	2,595	-1,955	-116.77
	Ch 9	Patzicía	16,164	155	2,505	-1,703	-105.34
*	Sa 11	Santa María de Jesús	14,890	155	2,308	-1,617	-108.59
	Gu 1	Santa Catarina Pinula	14,134	155	2,191	-556	-39.31
	Gu 9	San Juan Sacatepéquez	13,948	155	2,162	-780	-55.89
*	Ch 3	San Martín Jilotepeque	11,986	155	1,858	-1,340	-111.78
	So 15	San Pablo la Laguna	10,189	155	1,579	-1,546	-151.69
*	Gu 8	San Pedro Sacatepéquez	10,140	155	1,572	-1,278	-126.01
	Gu 6	San Pedro Ayampuc	7,770	106	824	-424	-54.63
	Sa 9	Santa Lucía M. Altas	7,545	106	800	-454	-60.19
	So 5	Nahuala	7,494	106	794	-495	-65.99
	Qu 22	Flores Costa Cuca	7,378	106	782	-427	-57.94
*	Qu 21	Génova	7,267	106	770	-770	-106.00
	Qu 24	Palestina	7,192	106	762	-162	-22.57
	So 17	San Juan la Laguna	6,965	106	738	-524	-75.24
	Gu 11	Chuarrancho	6,927	106	734	-253	-36.59
	So 7	Santa Clara la Laguna	6,862	106	727	-458	-66.72
	Ch 2	San José Poaquil	5,704	106	605	-339	-59.35
	Qu 3	Olintepeque	5,704	106	605	-43	-7.47
	Qu 4	San Carlos Sija	4,872	106	516	-275	-56.34
	Qu 7	Cajola	4,775	106	506	-347	-72.71
*	So 4	Santa Lucía Utatlán	4,773	106	506	-344	-71.97
	Gu 3	San José del Golfo	4,185	106	444	-181	-43.24
	So 12	San Antonio Palopó	3,243	106	344	-307	-94.81
	Qu 15	Huitan	3,053	106	324	-245	-80.25
	So 9	San Andres Semetabaj	2,603	106	276	-194	-74.47
*	Qu 18	San Francisco la Unión	2,561	106	271	-271	-106.00
	So 11	Santa Catarina Palopó	2,540	106	269	0.3	0.13
	So 16	San Marcos la Laguna	1,972	70	138	-84	-42.83
	So 14	Santa Cruz la Laguna	812	70	57	-15	-18.93

Cuadro 5.2.2 Categorización de Municipios según Voluntad de Pago y Magnitud de Población

Request for NWSD/Willingness to Pay O/M Costs

Population (2010)	A	B	C
A	Gu 2 San José Pinula Gu 8 San Pedro Sacatepéquez Sa 11 Santa María de Jesús So 1 Sololá To 5 Momostenango	Ch 3 San Martín Jilotepéque Ch 4 San Juan Comalapa	Gu 1 Santa Catarina Pinula Gu 9 San Juan Sacatepéquez Ch 9 Patzicía Ch 7 Patzún So 15 San Pablo La Laguna To 3 San Francisco el Alto
B		So 5 Nahuala Qu 21 Génova Qu 22 Flores Costa Cuca	Gu 6 San Pedro Ayampuc Gu 11 Chuarrancho Sa 9 Santa Lucía M. Altas Ch 2 San José Poaquil So 7 Santa Clara la Laguna So 17 San Juan la Laguna Qu 3 Olitepéque Qu 24 Palestina
C	Qu 18 San Francisco la Unión	Gu 3 San José del Golfo So 4 Santa Lucía Utatlán Qu 4 San Carlos Sija Qu 7 Cajola	So 9 San Andres Semetabaj So 11 Sta. Catarina Palopo So 12 San Antonio Palopo So 14 Santa Cruz la Laguna So 16 San Marcos la Laguna Qu 15 Huitan

Cuadro 5.2.3 Categorización de Municipios según Voluntad de Pago y Volumen Faltante de Agua

Request for NWSD/Willingness to Pay O/M Costs

Water Shortage	A	B	C
A	Gu 2 San José Pinula To 5 Momostenango Sa 11 Santa María de Jesús Gu 8 San Pedro Sacatepéquez Qu 18 San Francisco la Unión	Qu 21 Genóva Ch 3 San Martín Jilotepeque Ch 4 San Juan Comalapa	To 3 San Francisco el Alto Ch 7 Patzún Ch 9 Patzicía So 15 San Pablo la Laguna
B	So 1 Sololá	So 5 Nahuala So 4 Santa Lucía Utatlán Qu 4 San Carlos Sija Qu 7 Cajola Qu 15 Huitan Qu 22 Flores Costa Cuca	Gu 6 San Pedro Ayampuc Ch 2 San José Poaquil Gu 9 San Juan Sacatepéquez So 7 Santa Clara la Laguna Sa 9 Santa Lucía M. Altas So 9 San Antonio Palopó So 17 San Juan la Laguna
C		Gu 3 San José del Golfo	Gu 11 Chuarrancho Gu 1 Santa Catarina Pinula So 11 Sta. Catarina Palopó So 14 Santa Cruz la Laguna So 16 San Marcos la Laguna Qu 3 Olintepeque Qu 24 Palestina

Cuadro 5.2.4 Categorización según Volumen Faltante de Agua (2010)

	No.	Municipality	2010				
			Population	ℓ/c/d	Demand m3/day	Water Shortage	
						m3/day	ℓ/c/d
	So 15	San Pablo la Laguna	10,189	155	1,579	-1,546	-151.69
*	Gu 8	San Pedro Sacatepéquez	10,140	155	1,572	-1,278	-126.01
	To 3	San Francisco el Alto	18,740	155	2,905	-2,326	-124.11
	Ch 7	Patzún	19,398	155	3,007	-2,277	-117.36
*	To 5	Momostenango	16,740	155	2,595	-1,955	-116.77
*	Gu 2	San José Pinula	19,970	155	3,095	-2,277	-114.04
*	Ch 3	San Martín Jilotepeque	11,986	155	1,858	-1,340	-111.78
*	Sa 11	Santa María de Jesús	14,890	155	2,308	-1,617	-108.59
*	Qu 18	San Francisco la Unión	2,561	106	271	-271	-106.00
*	Qu 21	Génova	7,267	106	770	-770	-106.00
	Ch 9	Patzicía	16,164	155	2,505	-1,703	-105.34
*	Ch 4	San Juan Comalapa	19,408	155	3,008	-1,954	-100.69
	So 12	San Antonio Palopó	3,243	106	344	-307	-94.81
	Qu 15	Huitan	3,053	106	324	-245	-80.25
	So 17	San Juan la Laguna	6,965	106	738	-524	-75.24
	So 9	San Andres Semetabaj	2,603	106	276	-194	-74.47
	Qu 4	Cajola	4,775	106	506	-347	-72.71
*	So 4	Santa Lucía Utatlán	4,773	106	506	-344	-71.97
*	So 1	Sololá	30,960	155	4,799	-2,172	-70.16
	So 7	Santa Clara la Laguna	6,862	106	727	-458	-66.72
	So 5	Nahuala	7,494	106	794	-495	-65.99
	Sa 9	Santa Lucía M. Altas	7,545	106	800	-454	-60.19
	Ch 2	San José Poaquil	5,704	106	605	-339	-59.35
	Qu 22	Flores Costa Cuca	7,378	106	782	-427	-57.94
	Qu 4	San Carlos Sija	4,872	106	516	-275	-56.34
	Gu 9	San Juan Sacatepéquez	13,948	155	2,162	-780	-55.89
	Gu 6	San Pedro Ayampuc	7,770	106	824	-424	-54.63
	Gu 3	San José del Golfo	4,185	106	444	-181	-43.24
	So 16	San Marcos la Laguna	1,972	70	138	-84	-42.83
	Gu 1	Santa Catarina Pinula	14,134	155	2,191	-556	-39.31
	Gu 11	Chuarrancho	6,927	106	734	-253	-36.59
	Qu 24	Palestina	7,192	106	762	-162	-22.57
	So 14	Santa Cruz la Laguna	812	70	57	-15	-18.93
	Qu 3	Olintepeque	5,704	106	605	-43	-7.47
	So 11	Sta. Catarina Palopó	2,540	106	269	0.3	0.13

6 ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE FUENTES DE AGUA POR CATEGORIZACION

La estrategia básica para el desarrollo de las nuevas fuentes de agua recomendada por INFOM puede resumirse en los siguientes términos:

(a) Se les dará la primera prioridad a las aguas de manantiales y ríos que serán conducidas a los tanques de almacenamiento por flujo natural.

(b) Se les dará la segunda prioridad a las aguas de los manantiales y ríos que serán elevadas desde las áreas de menor elevación y conducidas por medio de las bombas reforzadoras.

(c) Se le dará la tercera prioridad al bombeo de aguas subterráneas mediante construcción de pozos tubulares.

Esta estrategia se basa en los factores económicos de la operación y mantenimiento de los sistemas. La alternativa de desarrollar los pozos poco profundos será considerada en los lugares donde no se pueden construir pozos profundos.

6.1 Utilización de Agua Superficial

Los ríos y los manantiales que atraviesan o existen en la cercanía de los municipios son terciarios o tributarios pequeños. Comúnmente, el caudal es muy reducido en la época seca y seriamente contaminado por los desechos y basuras. Por lo tanto, la utilización de los ríos como fuentes de agua viene a ser cada vez más difícil en la mayoría de estas áreas.

Sin embargo, las siguientes áreas donde las aguas de los ríos

son relativamente limpias dependen aún de las aguas superficiales.

(a) Uso doméstico para el consumo, baño y lavado:
- Chuarrancho (Gu): conducidas mediante bombas reforzadas
- San José Poaquil (Ch): conducidas por gravedad

(b) Uso doméstico pero sólo para el baño y lavado:
- Nahualá (So)
- San Carlos Sija (Qu)
- Cajolá (Qu)

Las áreas circunvecinas del municipio de Chuarrancho se componen de rocas metamórficas, en las que el desarrollo de las aguas subterráneas resulta muy difícil. Además, no sólo el caudal fluvial es inestable, sino que la calidad es cada vez más deteriorada. Por lo tanto, el incremento del volumen de toma de las aguas de los ríos resultaría difícil en el futuro.

Debido a que en esta área resulta difícil desarrollar cualquier tipo de fuentes de agua, el servicio de suministro de agua consistirá en transmitir las aguas desde otras áreas cercanas, como por ejemplo, San Raymundo que se ubica a 12 km. aproximadamente al suroeste de Chuarrancho (Fig.7.2.1(1)), donde el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas es alto para la expansión del servicio.

El municipio de San José Poaquil depende, en gran medida, de las aguas superficiales para el uso doméstico y agrícola. En este municipio, se recomienda desarrollar una nueva fuente de agua en el futuro, ya que la contaminación de las aguas superficiales viene agravándose gradualmente.

Las aguas superficiales de los municipios de Nahualá, San Carlos

Sija y Cajolá son suficientemente buenas en calidad aún en la época seca. Sin embargo, la contaminación de las aguas superficiales en estas áreas, igualmente, vienen agravándose de tal manera que ya no pueden ser utilizadas como agua potable.

6.2 Utilización de Manantiales

De los 35 municipios candidatos, 30 están utilizando las aguas de manantiales como fuentes públicas de agua. Además, existen otros tantos manantiales en los terrenos privados o colectivos que son utilizados con fines domésticos y agrícolas.

Los manantiales utilizados como fuentes públicas de agua en estos 30 municipios suman un total de 90, y la descarga media de se calcula en 1.84 lit./seg. aproximadamente. Las aguas de los 78 de los 90 manantiales existentes son conducidas a los tanques de almacenamiento por sistema de gravedad, y las de los 12 manantiales restantes son conducidas a los tanques de distribución mediante bombas reforzadoras.

Los siguientes 21 municipios dependen totalmente de las aguas de los manantiales, que son utilizadas principalmente para fines domésticos:

Patzún (Ch):	3 manantiales	(16.90 lit./seg)*
Patzicía (Ch):	3 manantiales	(18.15 lit./seg)*
Sololá	4 manantiales	(30.40 lit./seg)
Santa Lucía Atetillan (So):	4 manantiales	(1.88 lit./seg)
Nahualá (So):	3 manantiales	(3.47 lit./seg)
San Andrés Semetabaj (So):	8 manantiales	(0.95 lit./seg)
Santa Catarina Palopó (So):	2 manantiales	(3.13 lit./seg)
San Antonio Palopó (So):	3 manantiales	(0.42 lit./seg)
Santa Cruz la Laguna (So):	4 manantiales	(0.80 lit./seg)
San Pablo la Laguna (So):	3 manantiales	(0.39 lit./seg)

San Marcos la Laguna (So):	1 manantial	(0.62 lit./seg)
San Juan la Laguna (So):	2 manantiales	(4.15 lit./seg)
Santa Clara la Laguna (So):	5 manantiales	(3.12 lit./seg)
San Francisco el Alto (To):	8 manantiales	(6.70 lit./seg)
Momostenango (To):	2 manantiales	(14.20 lit./seg)
San Carlos Sija (Qu):	3 manantiales	(2.8 lit./seg)
Cajolá: (Qu):	6 manantiales	(1.84 lit./seg)
Huitán (Qu):	2 manantiales	(0.91 lit./seg)
San Francisco la Unión (Qu):	1 nacimiento	(0.59 lit./seg)
Génova (Qu):	7 manantiales	(3.03 lit./seg)
Flores Costa Cuca (Qu):	1 nacimiento	(2.20 lit./seg)

* Las aguas son conducidas mediante bombas reforzadoras hacia los tanques de distribución.

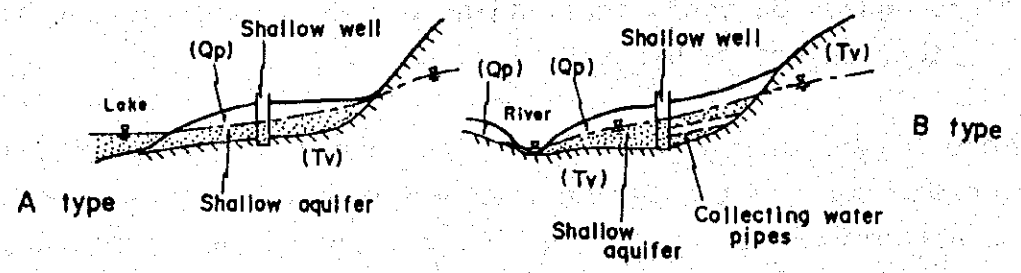
Como se mencionó anteriormente, las aguas de los manantiales constituyen las fuentes de agua más importantes y económicas en el Altiplano Central, y han sido casi totalmente explotadas y utilizadas por la comunidad local por mucho tiempo. Con el incremento de la población, sin embargo, el volumen de aquellos manantiales resulta, ahora, insuficiente para cubrir la demanda de agua, con la única excepción del municipio de San Antonio Palopó, donde recientemente fue desarrollado un nuevo manantial por INSIVUMEH en un lugar ubicado a unos 5 km. hacia el este de dicho municipio.

Los 20 municipios restantes que dependen totalmente de los manantiales son los lugares donde deben ser desarrolladas las aguas subterráneas como fuentes complementarias ya sea por pozos profundos o poco profundos.

6.3 Desarrollo del Acuífero poco Profundo

En los municipios donde la demanda de agua en 2010 es relativamente reducida y la construcción de pozos profundos resulta geofísicamente difícil debido a las condiciones hidrogeológicas desfavorables o caminos poco accesibles para el transporte de los equipos de perforación, se recomienda desarrollar los acuíferos poco profundos en los depósitos aluviales (Qa) y sedimentos de pómez (Qp).

El desarrollo del acuífero poco profundo consistirá en la construcción de los pozos con las características siguientes. Para el diseño básico, véase e Informe Suplementario.



Los municipios clasificados en esta categoría son los siguientes:

- Santa Catarina Palopó (So): Tipo A
- Santa Cruz la Laguna (So): Tipo A
- San Pablo la Laguna (So): Tipo A
- San Marcos la Laguna (So): Tipo A
- San Juan la Laguna (So): Tipo A
- Santa Clara la Laguna (So): Tipo B
- San Andrés Semetabaj (So): Tipo B

- San Francisco el Alto (To): Tipo B

- Huitán (Qu): Tipo B

- San Carlos Sija (Qu)*: Tipo B
- San Francisco la Unión (Qu)*: Tipo B

* El desarrollo del acuífero profundo podría ser también mediante la construcción de los pozos tubulares profundos.

6.4 Desarrollo de Aguas Subterráneas

En el Cuadro 6.4.1 se resumen los municipios para el desarrollo de las aguas subterráneas mediante la perforación de los pozos profundos según la "Categorización de los Municipios Candidatos". En este listado, sin embargo, no se incluyen los 10 municipios prioritarios donde se efectuará el Estudio de Factibilidad. La estrategia del desarrollo de las aguas subterráneas de estos 10 municipios están descritos en el Capítulo 7 (7.3.2), en base a los resultados de las pruebas de perforación y de bombeo, así como del análisis del balance hídrico.

Como se indica en el Cuadro 6.4.1, 5 municipios fueron clasificados en el Grupo D Clase I, y 10 municipios en el Grupo D Clase II.

En los 5 municipios del Grupo D, Clase I, se llevó a cabo el sondeo de resistividad eléctrica durante la Fase I del presente Estudio, y los sitios y profundidad de perforación recomendables fueron estudiados, aunque la prueba de perforación no fue ejecutada.

Cuadro 6.4.1 Estrategia de Desarrollo de Aguas Subterráneas (1)

Municipality (Classification)	Estimated Water Supply Shortage (ℓ/sec)	Estimated Conditions of Target Aquifer for G/W Development (Tv)	Presumable Potential of Water Production from One Well (ℓ/sec)	G/W Development Plan	
				Number of Wells	Drilling Length (m)
Gu 3 San José del Golfo (Group D – Class I)	2.10	Pyroclastic rocks with lava flow and weathered granitic rocks (Tv)	6.0	1	150
So 6 Nahualá (Group D – Class I)	5.73	Pyroclastic rocks with lava flow (Tv)	6.0	1	200
Qu 4 San Carlos Sija (Group D – Class I)	3.18	Fractured andesitic lava flow (Tv)	7.5	1	200
Qu 7 Cajola (Group D – Class I)	4.02	Pumice sediments (Qp) and fractured andesitic lava flow (Tv)	7.5	1	200
Qu 22 Flores Costa Cuca (Group D – Class I)	4.95	Pyroclastic & volcanic mud flow (Qv)	9.0	1	180
Gu 1 Santa Catarina Pinula (Group D – Class II)	6.44	Pumice sediments (Qp) and pyroclastic rocks with lava flow (Tv)	10.0	1	200
Gu 6 San Pedro Ayampuc (Group D – Class II)	4.91	Pyroclastic rocks with fractured lava flow (Tv)	5.0	1	200
Gu 9 San Juan Sacatepéquez (Group D – Class II)	9.03	Fractured andesitic lava flow (Tv)	12.0	1	200

Cuadro 6.4.1 Estrategia de Desarrollo de Aguas Subterráneas (2)

Municipality (Classification)	Estimated Water Supply Shortage (ℓ/sec)	Estimated Conditions of Target Aquifer for G/W Development (Tv)	Presumable Potential of Water Production from One Well (ℓ/sec)	G/W Development Plan	
				Number of Wells	Drilling Length (m)
Gu 11 Chuarrancho (Group D - Class II)	2.93	Pumice sediments (Qp), fractured lava flow (Tv) and weathered granitic rocks in San Raymundo	10.0	1	200
Sa 9 Santa Lucía M. Altas (Group D - Class II)	5.26	Pyroclastic rocks with fractured lava flow (Tv)	6.0	1	200
Ch 2 San José Poaquil (Group D - Class II)	3.93	Pyroclastic rocks with fractured lava flow (Tv) and fractured limestone	6.0 - 30.0	1	200
Ch 7 Patzún (Group D - Class II)	26.36	Pyroclastic rocks with lava flow and clastic sediments (Tv)	10.0	3	600 (200m x 3)
Ch 9 Patzicía (Group D - Class II)	19.71	Pumice sediments (Qp) and Pyroclastic rocks with lava flow and clastic sediments (Tv)	10.0	2	400 (200m x 2)
Qu 3 Olintepeque (Group D - Class II)	0.50	Pumice sediments (Qp) and fractured lava flow (Tv)	10.0	1	200
Qu 24 Palestina (Group D - Class II)	1.88	Pyroclastic rocks with fractured lava flow	13.0	1	200

7. Desarrollo de las Aguas Subterráneas

7.1 Estudio Hidrológico

El objetivo de la investigación hidrológica es evaluar el potencial de las aguas subterráneas basado en el cálculo del balance hídrico en el Area de Estudio.

Se llevó a cabo la revisión y el análisis de los registros de precipitación y de descarga de los ríos obtenidos por INSIVUMEH, además de revisarse los informes relacionados con el Area de Estudio.

Las encuestas fueron realizadas en los 54 municipios seleccionados para el estudio detallado, con excepción de unos pocos lugares que no fueron visitados.

7.1.1 Precipitación

Las principales estaciones meteorológicas en el Area de Estudio están distribuidas tal como se muestra en la Figura 7.1.1. El número de las estaciones en operación se ha visto reducido desde 1980; y los últimos "Datos Meteorológicos de las Cabeceras Departamentales, INSIVUMEH" publicados en 1992 muestran únicamente las informaciones de 16 estaciones en 6 Departamentos.

La estación que se ubica a una elevación más baja es la de Potrero (a 1,120 m.s.n.m) mientras que la más alta es la Estación de Labor Ovalle (a 2,380 m.s.n.m.).

La época de lluvia abarca, generalmente, los meses de mayo a octubre. La precipitación mensual alcanza dos puntos máximos en junio y septiembre. Como un ejemplo representativo, la Estación

San Martín Jilotepeque registró una precipitación media anual de 1,200 mm. en el período 1928-1989. La precipitación mensual más alta ocurre en septiembre con 263 mm. y la segunda mayor precipitación ocurre en julio con 253 mm. Las informaciones sobre precipitación mensual se anexan en el Libro de Datos.

La isoyeta anual ha sido confeccionada en base a la precipitación media anual registrada en estas estaciones y en otras que se muestran en la Fig. 7.1.1. Se llegó a la conclusión de que no existe una variación significativa en precipitación anual a mediano plazo en las estaciones INSIVUMEH, San Jerónimo y Labor Ovalle.

Como se indican en las líneas isoyetas, la zona de intensa lluvia se localiza en las faldas del sur del Altiplano Central, a una elevación que oscila entre 1,000 y 2,000 m. de elevación. Este fenómeno se explica por el factor de humedad atmosférica que sopla desde el Océano Pacífico, y que se levanta a lo largo de las pendientes montañosas y las nubes húmedas producidas por el cambio de presión, provocan intensas lluvias en áreas limitadas.

Debido a la escasez de la red de observación meteorológica, es difícil estimar precisamente la distribución de precipitación en los municipios candidatos. Además, debido a los relieves topográficos complicados, la precipitación anual varía no sólo por elevación, sino también por las condiciones microclimáticas de cada una de las estaciones.

Con el fin de conducir el análisis del balance hídrico en los municipios propuestos, las informaciones sobre la precipitación anual en las estaciones meteorológicas más cercanas a cada municipio fueron seleccionadas como se muestra en el Cuadro 7.1.2.

7.1.2 Descarga Fluvial

(1) Agua superficial

- Ríos y Cuencas Fluviales

El territorio de Guatemala está dividido en tres vertientes principales:

- El Océano Pacífico
- El Mar Caribe
- El Golfo de México

La mayoría de los ríos en el Area de Estudio pertenecen a la cuenca del Océano Pacífico y los ríos que se originan en el Altiplano Central fluyen hacia el sur.

En el siguiente Cuadro se muestran las cuencas fluviales del Area de Estudio.

Cuenca	Ríos Principales/ Lagos	Observaciones
1.3	Río Naranjo	Océano Pacífico
1.4	Río Ocosito	Océano Pacífico
1.5	Río Samala	Océano Pacífico
1.6	Río Icon	Océano Pacífico
1.7	Río Nahualate	Océano Pacífico
1.8	Lago Atitlán	Océano Pacífico
1.9	Río Madre Vieja	Océano Pacífico
1.10	Río Coyolate	Océano Pacífico
1.12	Río Achiquate	Océano Pacífico
1.13	Río María Linda (Lago Amatitlán)	Océano Pacífico
2.2	Río Motagua	Mar Caribe
3.1	Río Cuilco	Golfo de México
3.7	Río Chixoy o Negro	Golfo de México

Los ríos a ser analizados en el estudio son secundarios, terciaros o tributarios más pequeños, por lo tanto, el caudal de éstos durante la estación seca es usualmente muy escaso.

En la Figura 7.1.3 se muestra la ubicación de las estaciones de aforo; la observación de la descarga de los ríos fue conducida por INSIVUMEH. Muchas de estas estaciones fueron instaladas en la década de los 1960 a fin de realizar observaciones periódicas, pero desafortunadamente la mayoría de ellas fueron clausuradas en los años de la década de 1980.

- Lagos

Los principales lagos dentro del Area de Estudio son el Atitlán y el Amatitlán. El lago Amatitlán se sitúa al sur de la ciudad de Guatemala, con una superficie de agua de aproximadamente 84 km2. Las aguas servidas de los municipios cercanos son directamente descargadas al lago produciendo la contaminación. Como contramedida, el Gobierno Central ha planeado construir plantas de tratamiento de las aguas lacustres.

El Lago Atitlán se sitúa en el departamento de Sololá y constituye un recurso natural muy importante para el turismo en Guatemala. La superficie del espejo de agua es de aproximadamente 125 km2, con un total del área de captación de 548 km2. Debido a que este lago no tiene ríos de salida, todos los sedimentos y materiales arrastrados de las cuencas fluviales se acumulan en el lago, por lo que es muy importante efectuar el tratamiento de las aguas residuales. Las informaciones sobre el nivel de agua del lago en el período 1948-1976 se anexan en el Libro de Datos.

(2) Análisis de la descarga fluvial

Pocas observaciones de descarga fluvial han sido realizadas en el Area de Estudio recientemente. Por lo tanto, para conocer las condiciones generales de los mismos, ha sido necesario revisar los registros de los años 1960-1980.

En el siguiente cuadro se presentan los rasgos generales de las principales estaciones de aforo existentes dentro del Area de Estudio o en las áreas adyacentes.

Estación	Río	Area de captación (km2)	Elevación (m.s.n.m.)
Cantel	Samalá	701.0	2,454
S.C. Ixtahuacán	Nahualate	144.7	1,670
Jaibal	Quiscab	146.5	1,550
Panajachel	Panajachel	51.7	1,600
Alotenango	Guacalate	328.5	1,350

En el Cuadro 7.1.4 se resume la descarga media mensual en el Area de Estudio. La descarga pico ocurre en los meses de septiembre y octubre, y la descarga mínima en los meses de febrero y marzo. Estos meses de descarga máxima y mínima corresponden a la variación de la precipitación mensual.

En la Figura 7.1.4 se muestra la descarga registrada en las estaciones Cantel y Candelaria. La estación Cantel tiene un área de captación de 700 km2., mientras que la Candelaria, aproximadamente de 850 km2., que corresponde a 1.2 veces más que la primera. Sin embargo, la descarga anual de Candelaria es casi el doble que la de Cantel. Esto se debe al hecho de que una parte del área de captación de la estación Candelaria está cubierta por una zona de intensa lluvia con un promedio anual de

3,000 mm. Desde este punto de vista, se sabe que aún el flujo base, que se considera que corresponde a la recarga de aguas subterráneas se refleja directamente en el volumen de precipitación anual, si la estructura hidrogeológica corresponde a la cuenca fluvial.

En la Figura 7.1.5 se muestra la descarga específica en cada una de las estaciones del Area de Estudio, a saber: Cantel, Nahualate, Jaibal, Alotenango y Panajachel. Estas estaciones se ubican aguas abajo desde los respectivos municipios, y los registros de descarga fueron observados en diferentes años, por lo que estos datos de descarga sólo reflejan la situación general.

La descarga máxima en la estación de lluvia oscila entre 35-45 lit./seg./km2 en las estaciones Ixtahuacán, Jaibal y Alotenango, mientras que entre 15-20 lit./seg./km2 en las estaciones Panajachel y Cantel. Dos picos que ocurren entre los meses junio/julio y otro en octubre fueron observados en las estaciones Jaibal y Panajachel. La diferencia entre las descargas máxima y mínima se da en menor porcentaje en Cantel y Panajachel. Esta descarga decrece desde noviembre hasta mayo. Los valores permanecen casi constantes entre los meses de febrero a mayo, alrededor de los 7 lit./seg./km2 en las estaciones Nahualate y Jaibal y de 4-5 lit./seg./km2 en el resto de las estaciones.

En el Cuadro 7.1.2 se describe el cálculo de escurrimiento en estos ríos. El coeficiente de escurrimiento es de 30-50% en las estaciones Jaibal y Panajachel; de 12-28% en Cantel y Candelaria; y, de 10-18% en Alotenango.

En el caso específico de las estaciones de Jaibal y Panajachel, un alto porcentaje de precipitación en la zona alta del área de captación es recargado al acuífero. Este basamento, compuesto de

toba soldado compacto y masivo es profundo desde la superficie del suelo aguas arriba y, es poco profundo aguas abajo y en el afloramiento de Sololá. La estación de Jaibal está ubicada en la zona baja, por lo que los valores de flujo son altos. En comparación con éstos, el coeficiente del resto de las estaciones es relativamente bajo, debido a que las áreas de captación presentan una alta permeabilidad, y el agua infiltrada recarga los ríos aguas abajo.

La mayoría de los municipios propuestos pertenecen a la segunda condición descrita. Las aguas de lluvia en el Area de Estudio son infiltradas hacia el acuífero y una pequeña parte se escurre superficialmente formando quebradas.

(3) Observación de Campo y Medición en Algunos Puntos

Las investigaciones de campo fueron llevadas a cabo de abril a mayo y de agosto a noviembre de 1994, con el fin de reconocer las condiciones generales de las cuencas fluviales.

A excepción de algunos municipios como San Raymundo y hacia el sur de Quetzaltenango, la mayor parte de la zona montañosa ha sido utilizada para fines agrícolas, lo que significa que la recarga se ha reducido y la erosión ha aumentado.

Las mediciones en puntos se realizaron en los sitios considerados importantes para evaluar la capacidad de las cuencas fluviales. En el Cuadro 7.1.6 se presenta un resumen de los resultados de descarga según ríos. En éstos, no se incluyen las aguas tomadas en la cuenca superior con fines de consumo humano y de irrigación.

La descarga en abril-mayo ha presentando un valor insignificante en muchos de los lugares. Una de las razones es que el nivel

freático es más bajo que el lecho del río en la época seca debido a las condiciones geológicas. Por ejemplo, las descargas en Jaibal y Panajachel, donde los puntos de medición son cubiertos por depósitos aluviales, fueron de 2.9 lit./seg./km2 y menos de 5.1 lit./seg./km2, respectivamente,

La medición de descarga en la época de lluvia fue conducida en los 10 municipios seleccionados, en agosto y noviembre de 1994. La descarga en la época de lluvia se estima de 2 a 6 veces mayor que en la época seca.

En las cuencas de los ríos de San José Poaquil, Cajolá y Nahualá, la investigación se centró en la posibilidad de utilizar el agua de los manantiales. Estos municipios fueron seleccionados entre los que usan actualmente las aguas tomadas de los manantiales y que cuentan con áreas de captación más extensas.

A continuación se presentan las observaciones relevantes sobre las condiciones actuales de campo.

- Muchas de las comunidades pequeñas se levantan aguas arriba de las cuencas y se abastecen de agua tomada de los manantiales o de quebradas para el consumo humano y uso doméstico. La población ha estado aumentando en los últimos años.

- Los terratenientes de la cuenca baja de Cajolá tienen el derecho de utilizar las aguas de manantiales dentro de su propiedad, mientras que los demás habitantes obtienen el derecho en las cuencas superiores.

- El agua de los manantiales y de las quebradas es para uso potable, doméstico y para la irrigación. El agua servida descargada después del lavado o la proveniente de la

escorrentía de las tierras agrícolas, probablemente con residuos de fertilizantes y de insecticidas, fluyen directamente hacia los ríos.

- La mayor parte del agua suministrada a San José Poaquil proviene de la corriente del río y una pequeña parte es obtenida de los manantiales. El caudal durante la estación seca es casi la mitad del de la estación lluviosa.

- Las cuencas de los ríos de San José Poaquil y de Cajolá no tienen suficiente agua superficial para cubrir la demanda. Para Nahualá se considerarán nuevas fuentes de agua superficial alrededor del área de "Paquix".

7.1.3 Manantiales

El Cuadro 7.1.4 muestra los resultados obtenidos por los estudios sobre las fuentes de agua ejecutados por INFOM en 1987 y por el equipo de estudio de JICA en 1994. Según el cuadro, las fuentes de agua fueron reemplazadas de manantiales a la combinación de manantiales y pozos en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango.

Los municipios del departamento de Sololá utilizan, actualmente, sólo manantiales, mientras que los municipios de Totonicapán y Quetzaltenango dependen en gran medida de los manantiales, al comparar con otros departamentos.

La Figura 7.1.6 muestra la distribución de los manantiales y el volumen de descarga respectivo. Los manantiales pequeños tienden a declinar en número, mientras que los manantiales grandes, como son los que se ubican en Sololá, Almolonga y San Juan Comalapa,a han sido desarrollados en los últimos 7 años.

7.1.4 Nivel Freático e Instalaciones de Monitoreo

Se instalaron los registros automáticos de precipitación y del nivel freático en los pozos de los tres municipios de San José Pinula, San Pedro Sacatepéquez y Comalapa.

El nivel freático en el pozo existente en San José Pinula ha sido medido periódicamente mediante el uso del medidor manual de nivel de auga desde junio de 1994. Este pozo ha sido perforado por el gobierno municipal hasta una profundidad de 213 m., pero posteriormente fue abandonado por la baja productividad (0.76 lit./seg.)

El registro automático de nivel freático fue instalado en este mismo pozo, y se recogieron los datos desde el 16 de noviembre de 1994. El nivel de aguas fue alrededor de 31.6 m. debajo del nivel de suelo desde junio a septiembre. Posteriormente, en octubre el nivel se ha visto incrementado.

Cuadro 7.1.1 Precipitación Anual Estimada

No.	Department	Municipality	A.RAIN (mm)	No.	Department	Municipality	A.RAIN (mm)
1	Guatemala	Chinautla	1135	28	Solola	Solola	1081
2		Chuarrancho	1063	29		Nahuala	1341
3		Mixco	1197	30		San Andres Semetabaj	1010
4		San Jose del Golfo	1063	31		San Antonio Palopo	1010
5		San Jose Pinula	1650	32		San Juan la Laguna	1010
6		San Juan Sacatepequez	1032	33		San Marcos la Laguna	1010
7		San Raymundo	1122	34		San Pablo la Laguna	1010
8		Santa Catarina Pinula	1342	35		Santa Catarina Ixtahuacan	1341
9		Villa Canales	1524	36		Santa Catarina Palopo	1010
10		Villa Nueva	1213	37		Santa Clara la Laguna	1010
11		San Pedro Ayampuc	1063	38		Santa Cruz la Laguna	1010
12		San Pedro Sacatepequez	1032	39		Santa Lucia Utatlan	1341
13	Sacatepequez	Ciudad Vieja	992	40	Totonicapan	Momostenango	1341
14		Jocotenango	1031	41		San Andres Xecul	843
15		Magdalena Milpas Altas	1031	42		San Francisco el Alto	1341
16		San Antonio Aguas C.	992				
17		San Bartolome M. Altas	1031	43	Quetzaltenango	Almolonga	1594
18		Santa Lucia M. Altas	1031	44		Colomba	3423
19		Santa Maria de Jesus	1229	45		Concepcion Chiquirichapa	2100
20		Santa Catarina Barahona	992	46		Cajola	1057
				47		Flores Costa Cuca	3640
21	Chimaltenango	Comalapa	1414	48		Genova	3640
22		El Tejar	1234	49		Huitan	936
23		Patzicia	1283	50		Olintepeque	843
24		Patzun	1283	51		Palestina de los Altos	1027
25		San Jose Poaquil	1272	52		San Carlos Sija	1027
26		San Martin Jilotepeque	1272	53		San Francisco la Union	843
27		Zaragoza	1283	54		San M. Sacatepequez	2100

Cuadro 7.1.2 Cálculo de Escurrimiento

River Basin	Station	River Basin (km)	Year	Q (m3/sec)	Q x 1,000,000 (m3/year)	R (mm/year)	R x 1,000,000 (m3)	Q/R
Lago de Atitlan	Jaibal	147	66-67	2.412	76.1	1454	213.0	35.7
		147	66-68	1.804	56.9	763	111.8	50.9
	Panajachel	52	66-67	0.752	23.7	1454	75.1	31.6
Rio Samala	Cantel	701	77-78	4.94	155.8	932	653.3	23.8
		701	80-81	4.169	131.5	967	677.9	19.4
		701	81-82	6.822	215.1	1425	998.9	21.5
		701	82-83	4.592	144.8	1692	1186.1	12.2
		701	83-84	4.516	142.4	1316	922.5	15.4
		701	84-85	5.843	184.3	1325	928.8	19.8
	Candelaria	849	82-83	9.167	289.1	1692	1437.3	20.1
		849	83-84	8.734	275.4	1316	1117.9	24.6
		849	85-86	10.36	326.7	1332	1131.5	28.9
Rio Antiquate	Alotenango	329	73-74	1.29	40.7	1294	425.1	9.6
		329	74-75	1.53	48.3	961	315.7	15.3
		329	75-76	1.74	54.9	944	310.1	17.7
		329	76-77	1.24	39.1	868	285.1	13.7
		329	77-78	1.01	31.9	720	236.5	13.5
		329	78-79	1.25	39.4	900	295.7	13.3
		329	79-80	1.305	41.2	1165	382.7	10.8
		329	81-82	1.211	38.2	1104	362.7	10.5
		329	83-84	1.063	33.5	949	311.7	10.8
		329	84-85	1.329	41.9	1034	339.7	12.3
		329	85-86	1.137	35.9	1062	348.9	10.3

Cuadro 7.1.3 Resultados de la Medición de Descargas

No.	Department	Municipality	River	C.A.	Dry Season		Rainy Season	
					Q	S.D.	Q	S.D.
4	Guatemala	San Jose del Golfo	Queb. Agua Zarca	5.13	0	0.00	1.23	0.24
5		San Jose Pinula	Q. Las Anonas	5.65	45.7	8.09	107.84	19.09
			Rio El Bijague	20	26.2	1.31	9.64	0.48
			Rio El Pinula		6.6		20.62	
6		San Juan Sacatepequez	Rio Rastunya	4.62	1.2	0.26		
			Rio Santiago	12.94	4	0.31	205.4	15.87
			Rio Paxot		0.23			
12		San Pedro Sacatepequez	Rio El Miagro	3.4	3	0.88	18.2	5.35
			Rio El Miagro,	5.16	34.75	6.73	205.4	39.81
21	Chimaltenango	Comalapa	Rio Picaya	17.98	59	3.28		0.00
			Rio Coloya	12.42	99	7.97	139.77	11.25
26		San Martin Jilotepeque	Rio Frio	4.79	3	0.63	180	37.58
			Rio Cucuya	3.98	3	0.75	190.19	47.79
28	Solola	Solola	Rio Quiscab	135.2	390	2.88	1146	8.48
			Rio Quiscab	146.5	180	1.23	30.86	0.21
			Rio Cojolya	5.89	12	2.04	2.49	0.42
			Rio Rio Buenaventura	5.82	30	5.15	16.18	2.78
			Rio Panajachel	51.65	262	5.07	167.7	3.25
29		Nahuala	Rio Guatchojojcje	15.32	202	13.19	719	46.93
			Rio Nahualate	24.56	150	6.11	448	18.24
30		Santa Lucia Utatlan	Rio Flores	3.95	5	1.27		0.00
			Rio Pugualtui	35.3	104	2.95		0.00
			Rio Pamacha	4.2	25	5.95	104	24.76
			Rio Pamacha	5.89	33	5.60	84.5	14.35
52	Quezaltenango	San Carlos Sija	Rio Caquixa o Semala	53.6	22	0.41	1350	25.19
53		San Francisco la Union	Riachuelo Chinataren	6.46	15	2.32	272	42.11
54		San M. Sacatepequez	Rio Talcana	6.21	13	2.09		0.00

*** Legend

C.A. : Catchment Area (km2)

Q : Discharge (l/sec)

S.D. : Specific Discharge (l/s/km2)

Cuadro 7.1.4 Condiciones de Manantiales en 1987 y 1994(1)

No.	Municipality	INFOM Record in 1987				JICA Study in 1994			
		Type	No.	Q (l/s)	Q/No. (l/s/pc)	Type	No.	Q (l/s)	Q/No. (l/s/pc)
	Dept.: Guatemala								
1	Chinautla	NG1	3	2.6	0.87	N2,P1	2	0.05	0.03
2	Chuarrancho	NB	1	1	1.00	N1,RB1	1	0.01	0.01
3	Mixco	NG4,PB4	4	8.6	2.15	N9,P4	9	5.79	0.64
4	San Jose del Golfo	NG2,PB1	2	0.96	0.48	N1,P2	1	0.31	0.31
5	San Jose Pinula	NG2	2	9.8	4.90	P4	-		
6	San Juan Sacatepequez	NG2,PB1,RG2	3	2.8	0.93	N3,P5	3	10	3.33
7	San Raymundo	PB2,RGT1	-			P2	-		
8	Santa Catarina Pinula	NG2,PB1,RG3	2	1.1	0.55	N2,P2	2	8.67	4.34
9	Villa Canales	NB1,PB1	2	5.2	2.60	N1,P3	1	45	45.00
10	Villa Nueva	NG3,PB4,RGT1	with	Rio		N1,P5	1	4.98	4.98
11	San Pedro Ayampuc	NG1,PB1	1	0.6	0.60	N2,P2	2	2.03	1.02
12	San Pedro Sacatepequez	NG2,PB1	2	4.5	2.25	N3,P1	3	4.24	1.41
	Total		22	37.16			25	81.08	
	Av.			1.69				3.24	
	Dept.: Sacatepequez								
13	Ciudad Vieja	NG1,PB2	1	1.5	1.50	N1,P3	1	0.55	0.55
14	Jocotenango	NG1,PB3	1	7.6	7.60	N1,P3	1		0.00
15	Magdalena Milpas Altas	NG6	7	3.8	0.54	N4,P1	4	0.81	0.20
16	San Antonio Aguas C.	NG5	5	11.9	2.38	N4,P1	3	8.45	2.82
17	San Bartolome M. Altas	NG2,PB1	2	2.4	1.20	N2,P2	2	0.4	0.20
18	Santa Lucia M. Altas	PB1	-			P2	2	8	4.00
19	Santa Maria de Jesus	NG3,PB1	3	1.6	0.53	N2,P1	2	1.5	0.75
20	Santa Catarina Barahona	NG4	4	25.1	6.28	N4	4	25.12	6.28
	Total		23	53.9			19	44.83	
	Av.			2.34				2.36	
	Dept.: Chimaltenango								
21	Comalapa	NG11	3	7.8	2.60	NB2,P1	2	34	17.00
22	El Tejar	NG2,PB2	2	1.3	0.65	P3	-		
23	Patzicia	NG3,NB2,RG1	5	0.23	0.05	NB3	3	8.58	2.86
24	Patzun	NG3,NB1	4	10.8	2.70	NB3	3	16.9	5.63
25	San Jose Poaquil	NG1,RGT1	1	0	0.00	N2,R1	2	0.93	0.47
26	San Martin Jilotepeque	NG4,PB1,RG1	5	1.73	0.35	N3,P1	3	8.87	2.96
27	Zaragoza	NG8	6	14.6	2.43	N5,P1	5	10.42	2.08
	Total		26	36.46			18	79.7	
	Av.			1.40				4.43	

Cuadro 7.1.5 Condiciones de Manantiales en 1987 y 1994(2)

No.	Municipality	INFOM Record in 1987				JICA Study in 1994			
		Type	No.	Q (l/s)	Q/No. (l/s/pc)	Type	No.	Q (l/s)	Q/No. (l/s/pc)
	Dept.: Solola								
28	Solola	NG2	3	5.9	1.97	N2	2	30.4	15.20
29	Nahuala	NG2	2	9.9	4.95	N3	3	30.47	10.16
30	San Andres Semetabaj	NG2	2	?	0.00	N8	8	0.95	0.12
31	San Antonio Palopo	NG3	6	1	0.17	N1	1	0.42	0.42
32	San Juan la Laguna	NG1	2	2.5	1.25	-			
33	San Marcos la Laguna	NG1	1	0.62	0.62	-			
34	San Pablo la Laguna	NG2, RG1	3	0.4	0.13	-			
35	Santa Catarina Ixtahuac	NG2	2	1.2	0.60	N3	3	7.29	2.43
36	Santa Catarina Palopo	NG2	4	1.2	0.30	-			
37	Santa Clara la Laguna	NG5	5	3.1	0.62	-			
38	Santa Cruz la Laguna	NG3	4	0.8	0.20	-			
39	Santa Lucia Utatlan	LG1	6	0.06	0.01	N4	4	1.88	0.47
	Total		40	26.68			21	71.41	
	Av.			0.67				3.40	
	Dept.: Totonicapan								
40	Momostenango	NG2	2	5.6	2.80	NG2	2	14.2	7.10
41	San Andres Xecul	NG2	2	2.4	1.20	N1, P1	1	2.3	2.30
42	San Francisco el Alto	NG5	3	5.8	1.93	N8	8		
	Total		7	13.8	1.97		3	16.5	
	Av.			1.97				5.50	
	Dept.: Quetzaltenango								
43	Almolonga	NG4	4	7.17	1.79	N1, P3	1	23.87	23.87
44	Colomba	NG2	2	17.3	8.65	N2	2	17.31	8.66
45	Concepcion Chiquirichap	NG2	5	8.8	1.76		2	11.57	5.79
46	Cajola	NG4	5	2.1	0.42	N7	7	2.2	0.31
47	Flores Costa Cuca	NG2	2	3.7	1.85	N1, P1	1	2.25	2.25
48	Genova	NG1	1	4.3	4.30	N7	7	3.03	0.43
49	Huitan	NG2	2	1.8	0.90	N2	2	0.91	0.46
50	Olientepeque	NG6, PB1	6	1.5	0.25	N1, P1	1	0.94	0.94
51	Palestina de los Altos	NG1	2	4.5	2.25	P1	1	13.89	13.89
52	San Carlos Sija	NG2	2	4.5	2.25	N3	3	2.8	0.93
53	San Francisco la Union	NB1	1	0.25	0.25	NB1	1	0.59	0.59
54	San M. Sacatepequez	NG2	2	4.8	2.40	N2	2	3.15	1.58
	Total		34	60.72			30	82.51	
	Av.			1.79				2.75	

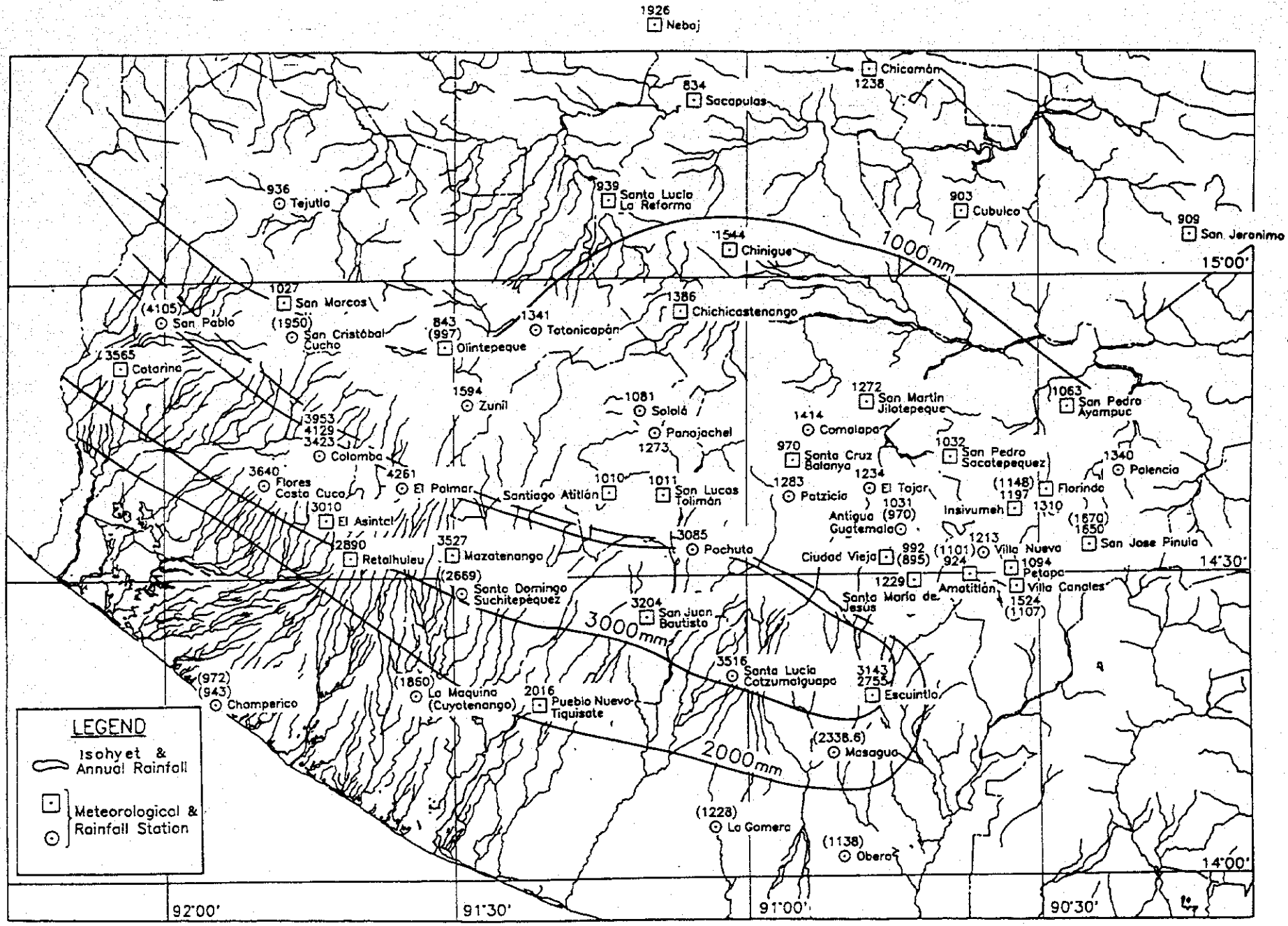
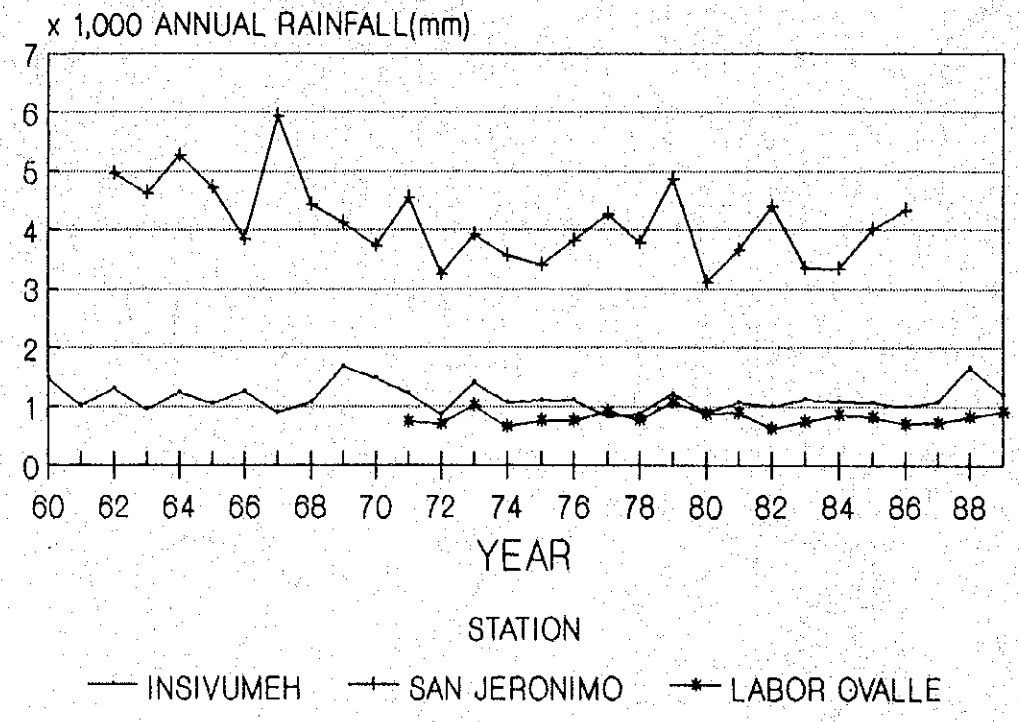


Figura 7.1.1 Isoyeta -Estaciones Meteorológicas y Precipitación



INSIVUMEH, San Jeronimo, Labor Ovalle

Figura 7.1.2 Precipitación Anual en 1960-1989

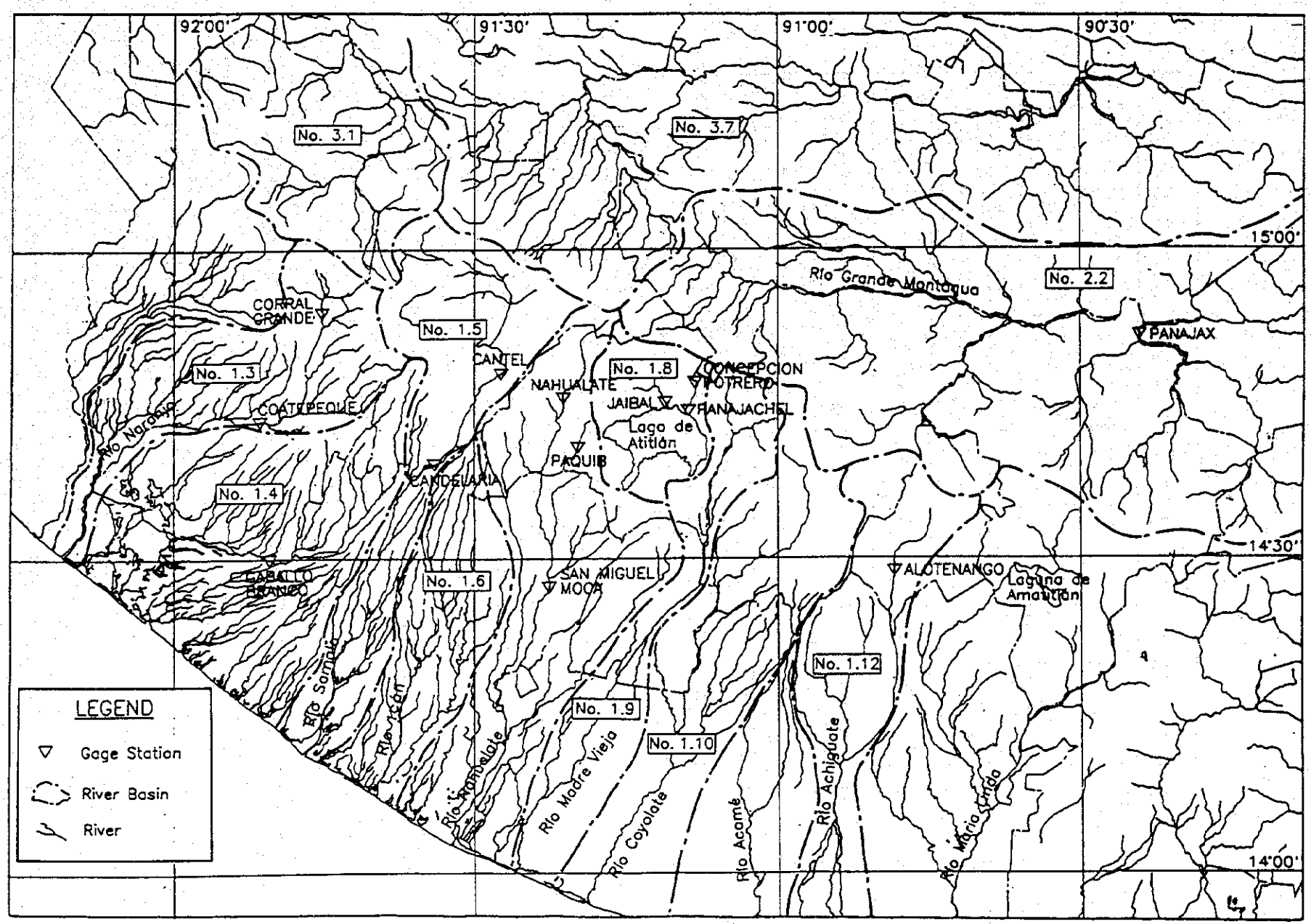


Figura 7.1.3 Estaciones de Medición de Caudal

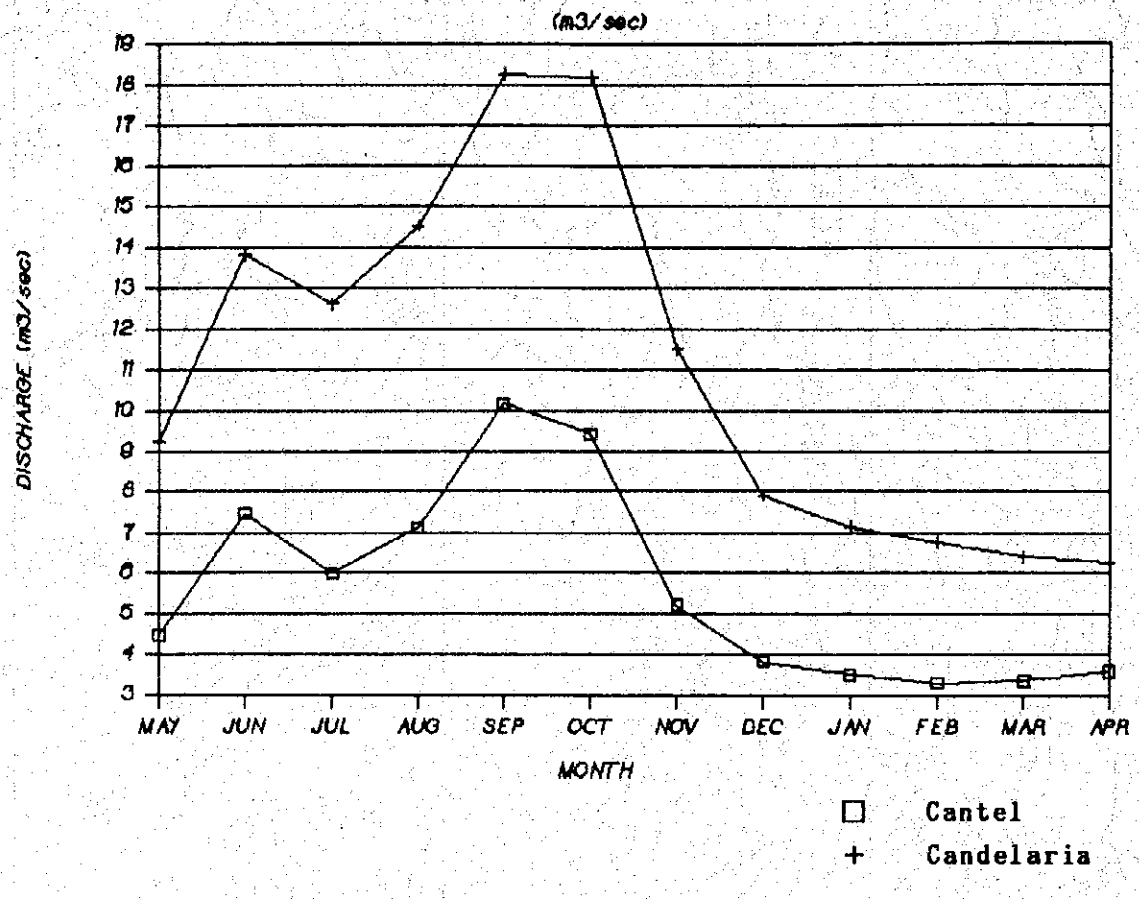


Figura 7.1.4 Descarga Mensual en Estaciones Cantel y Candelaria

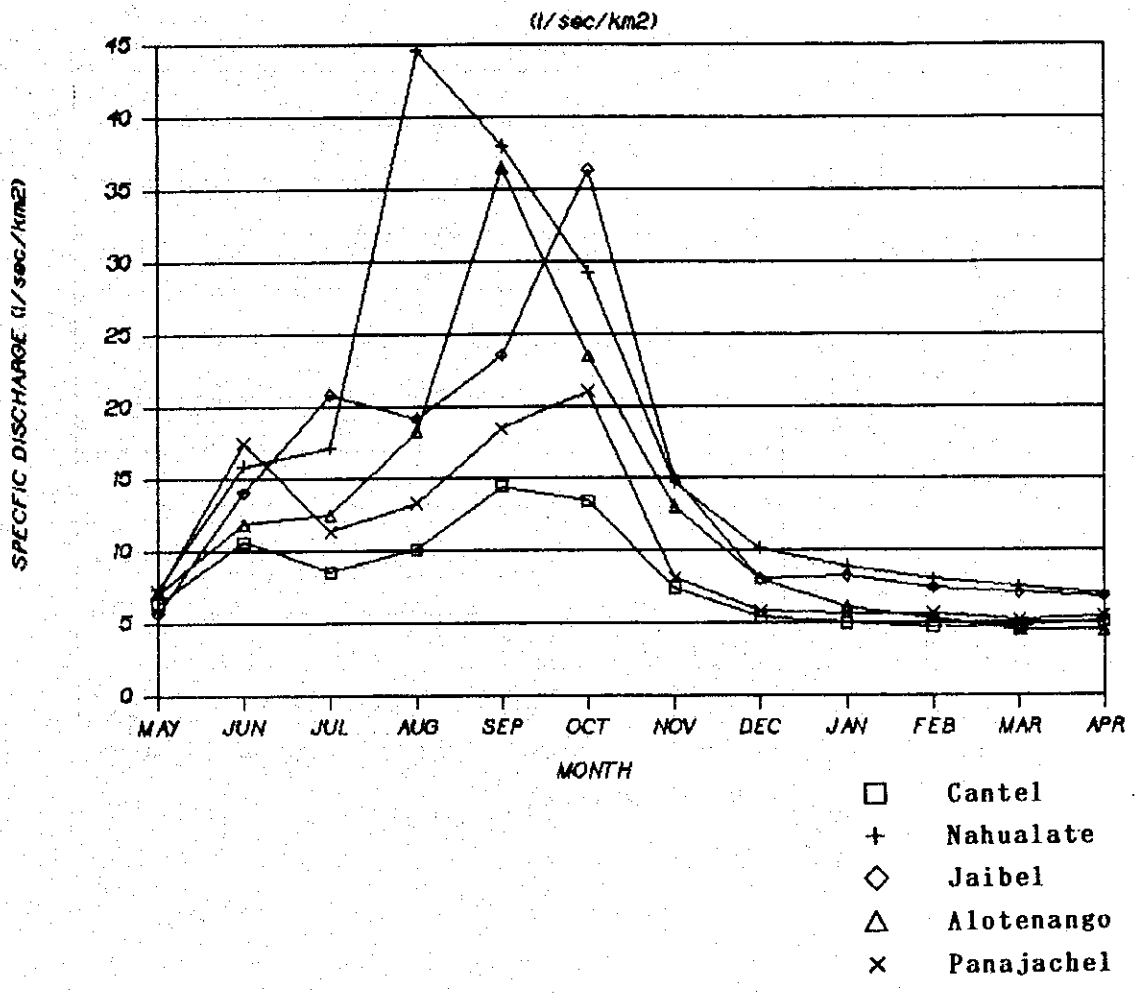


Figura 7.1.5 Descarga Específica en las 5 Estaciones

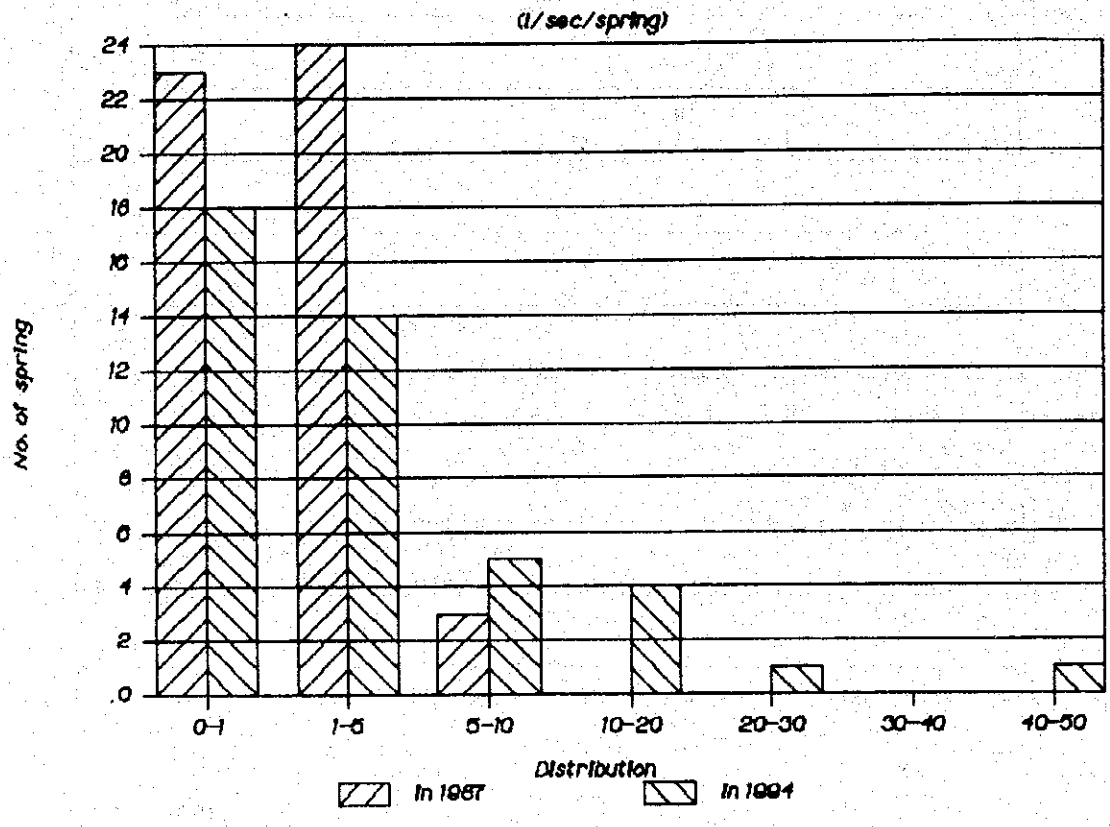


Figura 7.1.6 Distribución de las Fuentes de Manantiales y su Descarga