

## **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**Actualización del Catastro de Vertidos, Evaluación Sobre la  
Aplicación, Cumplimiento y Verificación del Marco Técnico y Jurídico  
de las Aguas Residuales en la Subcuenca del Río Acelhuate.**

**CONTRATO N° 10/2010**



## **INFORME FINAL**

**A. ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL  
DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.**

**PRESENTA:**

 **ambientec, S.A de C.V.**

**FEBRERO DE 2011**

# ÍNDICE

<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUB CUENCA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CLIMA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
<b>5. DRENAJE .....</b>	<b>9</b>
<b>6. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>7. AGUA SUBTERRÁNEA .....</b>	<b>13</b>
7.1 Recarga y descarga .....	16
7.2 Inventario de pozos y fuentes .....	17
<b>8. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ACELHUATE .....</b>	<b>19</b>
8.1 Cálculo del índice de calidad de agua .....	21
8.2 Análisis y evaluación de resultados.....	23
<b>9. MARCO LEGAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO .....</b>	<b>24</b>
9.1 Ley de Medio Ambiente .....	25
9.2 Código de Salud.....	26
9.3 Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente .....	29
9.4 Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.....	31
9.5 Reglamento Especial de Aguas Residuales .....	33
9.6 Norma Obligatoria Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor .....	33
9.7 Normas Técnicas para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras.....	38
9.8 Norma para Regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario.....	38
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>

**ANEXO 1:** Informe Climatológico de Zona de Ilopango.

**ANEXO 2:** Mapa de Áreas Urbanas dentro de la Sub-cuenca del Río Acelhuate.

**ANEXO 3:** Curvas de nivel de la Sub-cuenca del Río Acelhuate.

**ANEXO 4:** Ríos y Micro-cuencas de la Sub-cuenca del Río Acelhuate.

**ANEXO 5:** Manantiales de la Sub-cuenca del Río Acelhuate.

Los anexos del 2 al 5, se presentan además en formato digital de AutoCad (dwg).

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUB CUENCA

El área de estudio es la sub-cuenca del río Acelhuate, la cual se ubica en el centro del país, tiene un área de 717 km<sup>2</sup>, pertenece a la cuenca alta del río Lempa, que tiene una área total de 18,246 km<sup>2</sup>, dentro del territorio nacional tiene 10,255 km<sup>2</sup> (50% del territorio nacional), la sub-cuenca del Acelhuate está contenida en los departamentos de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán, como se muestra en la figura 1 y representa el 6.93 % de la cuenca dentro del territorio de El Salvador, sin embargo en ella se concentran un poco más de ¼ de la población del país.

Los límites naturales del área lo constituyen al norte el río Lempa y parte de su cuenca, destacándose el embalse del Cerrón Grande (lago Suchitlán); al poniente se encuentra la cuenca del río Sucio; al sur los parte aguas de las Regiones “D” y “E”, destacándose la Sierra La Libertad, San Salvador y el Lago de Ilopango; al oriente, el parte aguas de la cuenda del río Quezalapa.

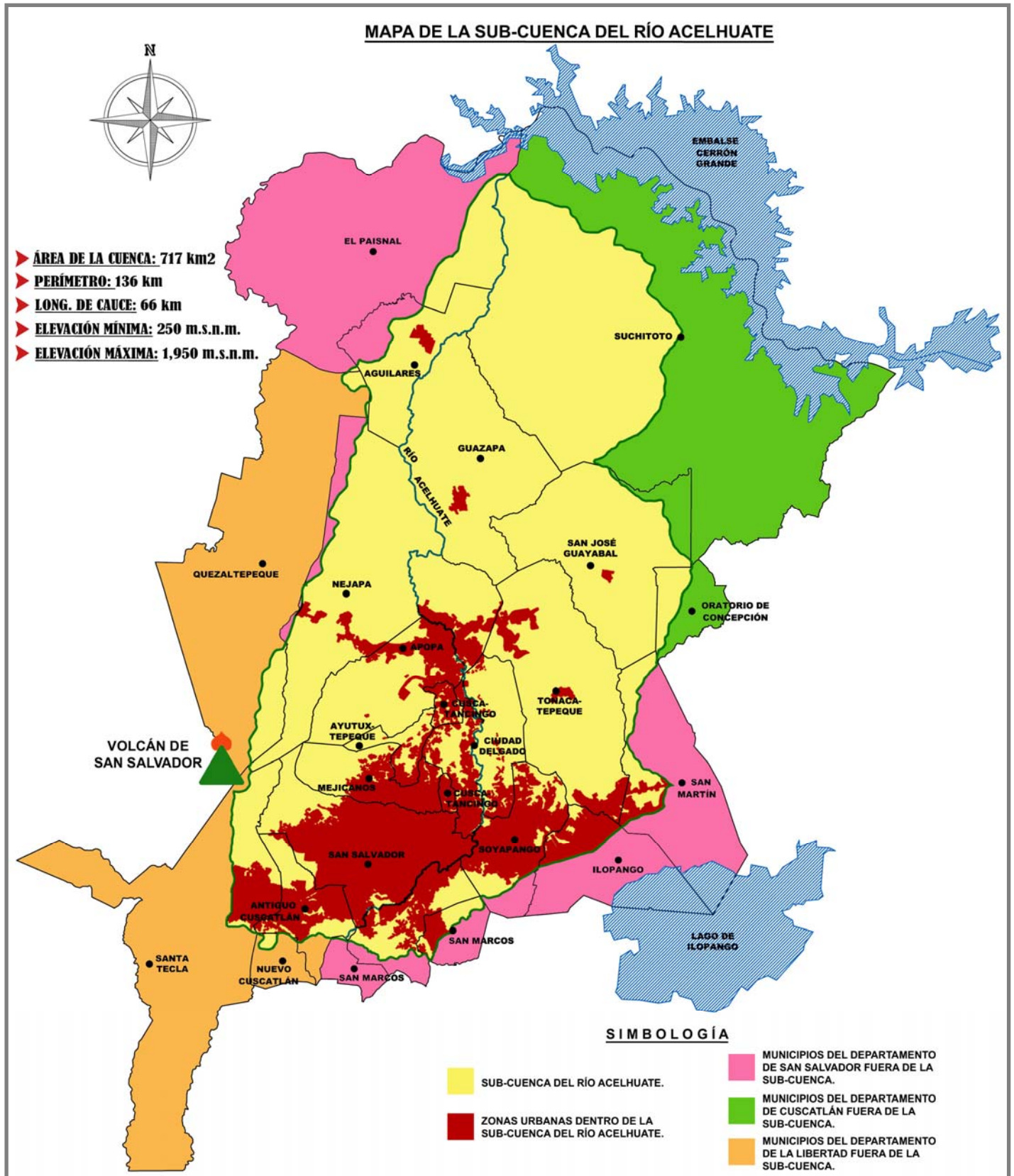
La sub-región tiene una excelente y extensa red de comunicaciones, entre los que se cuenta con la CA-1 o Carretera Panamericana, la CA-4 o Troncal del Norte; así como una densa red de caminos terciarios y rurales que unen las principales poblaciones entre sí, o con la red de carreteras primarias. En la tabla 1 se presenta el listado de los 22 municipios que tienen territorio dentro de la cuenca, en donde se encuentra una población de 1,552,929 habitantes, que representa el 27 % de la población de El Salvador, suprimiendo a El Paisnal, Suchitoto, San Martín, Nuevo Cuscatlán y Quezaltepeque, ya que sus poblaciones no están concentradas en las áreas de la cuenca.

Tabla 1. Municipios y área de influencia dentro de la sub cuenca del Río “Acelhuate”

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN	Área total municipio (Ha)	Área dentro de la sub-cuenca (Ha)	(%) dentro de la sub-cuenca	% dentro del total de la sub-cuenca.
1	San Salvador	Apopa	131,286	5,446.34	5,446.34	100.00	7.59
2	San Salvador	Ayutuxtepeque	34,710	760.61	760.61	100.00	1.06
3	San Salvador	Cuscatancingo	66,400	503.26	503.26	100.00	0.70
4	San Salvador	Ciudad Delgado	120,200	3,442.28	3,442.28	100.00	4.80
5	San Salvador	Guazapa	22,906	6,508.48	6,508.48	100.00	9.07
6	San Salvador	Mejicanos	140,751	2,012.83	2,012.83	100.00	2.81
7	San Salvador	Tonacatepeque	90,896	6,821.65	6,821.65	100.00	9.51
8	San Salvador	San Salvador	316,090	7,250.43	6,816.93	94.02	9.50
9	San Salvador	Nejapa	29,458	8,138.74	7,421.97	91.19	10.35
10	Cuscatlán	San José	9,300	6,897.61	6,195.15	89.82	8.64
11	San Salvador	Soyapango	241,403	2,822.39	2,418.64	85.69	3.37
12	La Libertad	Antiguo	33,698	1,917.19	1,645.03	85.80	2.29
13	San Salvador	Aguilares	21,267	3,293.59	2,491.56	75.65	3.47
14	Cuscatlán	Suchitoto	24,786	30,778.95	11,860.43	38.53	16.53
15	Cuscatlán	Oratorio de	3,578	1,488.81	562.73	37.80	0.78
16	San Salvador	Ilopango	103,862	3,677.24	817.15	22.22	1.14
17	San Salvador	San Marcos	63,209	1,717.40	483.06	28.13	0.67
18	San Salvador	San Martín	72,758	5,402.02	1,122.58	20.78	1.56
19	La Libertad	Santa Tecla	121,908	11,540.30	1,855.37	16.08	2.59
20	San Salvador	El Paisnal	14,551	12,718.10	1,573.63	12.37	2.19
21	La Libertad	Nuevo Cuscatlán	6,897	808.71	80.54	9.96	0.11
22	La Libertad	Quezaltepeque	52,643	12,591.30	894.87	7.11	1.25
<b>TOTALES</b>			<b>1,722,557</b>	<b>136,538.23</b>	<b>71,735.10</b>		<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de SNET y DIGESTYC.

Figura 1. Mapa de la sub-cuenca del río Acelhuate



Fuente: elaboración propia a partir de base de datos de SNET.

## 2. CLIMA

La Región en estudio se divide en tres zonas climáticas de acuerdo a la clasificación de Köppen, Sapper y Laver, sin embargo los datos de clima serán tomados de la estación meteorológica de Ilopango, que es la estación con mayor tiempo de registro y que es representativa de la parte alta y media de la subcuenca ubicada en el Aeropuerto de Ilopango (Lat: 13° 41' 29"; Long: 89° 07' 01"; Elev: 615 m.s.n.m.). En el anexo 1, se presenta el perfil climatológico de la zona.

La sabana tropical caliente o tierra caliente: Incluye las áreas con elevación entre 0 a 800 m.s.n.m., encontrándose prácticamente un 80% del área en estudio con variaciones de temperatura de 22° a 29° C, con precipitaciones anuales de 1700 mm, Desde un punto de vista ecológico en relación con el tipo de vegetación existente pueden distinguirse dos zonas de vida o formaciones ecológicas: Bosque Seco tropical y bosque húmedo sub-tropical.

Sabana tropical calurosa o tierra templada: En esta zona se incluyen las áreas con elevaciones entre 800 y 1200 m.s.n.m., reduciéndose el área a una porción alrededor de las cumbres, registrándose temperaturas anuales entre 20 y 22° C, disminuyendo hasta 19° C en las faldas del volcán de San salvador. Tienen una precipitación anual de 1800 m.s.n.m.

Desde el punto de vista ecológico la zona se divide en dos partes: el área occidental ya definida en la parte geomorfológica que se conoce como bosque húmedo sub-tropical, zona de transición fresca, comprende el área de las faldas del volcán de san salvador, la vegetación son rodales de pinos, capulín de monte y otros. El uso más apropiado de la tierra es el forestal, debiendo realizarse prácticas de conservación en las cuencas, ya que son zonas con problemas de formación de cárcavas y derrumbes por saturación que produce la acción del agua sobre los suelos.

Clima tropical de las alturas. Tierra templada: En esta zonificación se ubican las áreas con una elevación entre los 1200 a 1800 m.s.n.m., representan aproximadamente el 5% del área en estudio, las temperaturas anuales van de 16° C a 20° C, con posibilidades de helada en los meses de Diciembre y Enero. La precipitación anual es aproximadamente de 1,900 mm con un rango de variación mínimo. La superficie mencionada es un bosque muy húmedo montano bajo, en donde el período de lluvia se prolonga casi un mes más debido a que su formación boscosa constituye un medio de condensación que aumenta progresivamente con la altura del bosque. La asociación vegetativa dominante en esta área es un bosque mixto, que se reproduce sobre suelos residuales de roca ígnea, encontrándose robles, laureles, helechos, arbórea magnolia guatemalteca, orquídeas y otros.

Con el propósito de caracterizar el clima de la sub-cuenca del río Acelhuate se utilizará la información climatológica de la estación San Salvador, la cual se presenta en la tabla 2, que es la que tiene información completa de un período de 25 años y es representativa del área metropolitana de San salvador.

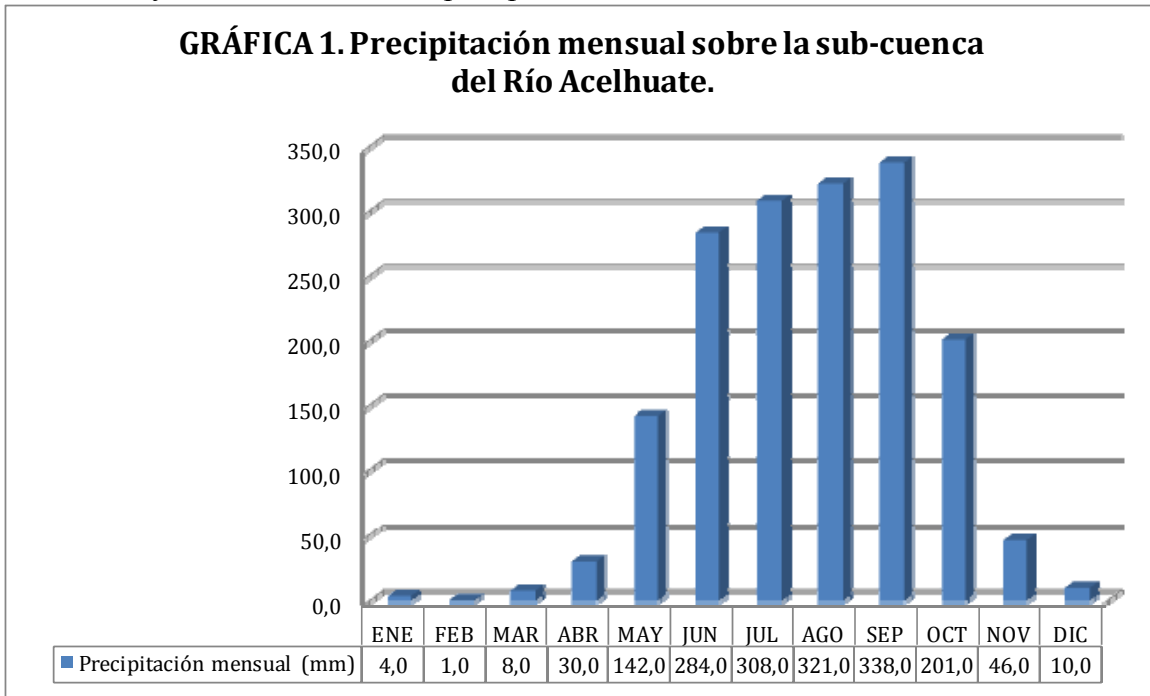
Clima tropical de las alturas o Tierra fría: corresponde a las elevaciones de 1,800 a 2,700 m.s.n.m., se reduce aproximadamente al 3% del área de estudio, y se encuentra localizada en el volcán de San Salvador, específicamente en los lugares conocidos como el Picacho y el Boquerón. La variación de temperaturas es de 16 a 10°C, la precipitación media anual es de 2,000 mm. Ecológicamente la zona se conoce como bosque muy húmedo montano bajo, cuyas características fueron descritas en la zona climática anterior.

Tabla 2. Datos climatológicos de la sub-cuenca del río Acelhuate.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PERÍODO LLUVIOSO (MAYO – OCTUBRE)</b>	<b>PERÍODO SECO (NOVIEMBRE – ABRIL)</b>
Temperatura (51 años de registro hasta 2009) °C (grados Celsius)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promedio mensual máximo: 31.0°C durante el mes de Mayo.</li> <li>✓ Promedio mensual mínimo: 19.2°C durante el mes de Octubre</li> <li>✓ Temperatura máxima absoluta: 33.8°C durante el mes de Mayo.</li> <li>✓ Temperatura mínima absoluta: 16.7°C durante el mes de Octubre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promedio mensual máximo: 32.4°C durante el mes de Abril.</li> <li>✓ Promedio mensual mínimo: 16.6°C durante el mes de Enero.</li> <li>✓ Temperatura máxima absoluta: 34.9°C durante el mes de Abril.</li> <li>✓ Temperatura mínima absoluta: 13.6°C durante el mes de Enero.</li> </ul>
Precipitación mensual (mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Precipitación mínima: 142 mm</li> <li>✓ Precipitación media: 265.7 mm</li> <li>✓ Precipitación máxima: 338 mm</li> </ul>	<p>Precipitaciones esporádicas y de carácter convectivo, ocurren normalmente en Abril y Noviembre.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Precipitación mínima: 1.0 mm</li> <li>✓ Precipitación media: 16.5 mm</li> <li>✓ Precipitación máxima: 46 mm</li> </ul>
Humedad relativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máximo: 85% (Septiembre)</li> <li>✓ Promedio: 82%</li> <li>✓ Mínimo: 79% (Mayo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máximo: 76% (Noviembre)</li> <li>✓ Promedio: 69.5%</li> <li>✓ Mínimo: 65% (Febrero)</li> </ul>
Nubosidad en /10	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máxima: 8.0 (Septiembre)</li> <li>✓ Promedio: 7.5</li> <li>✓ Mínima: 6.8 (Mayo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máxima: 4.9 (Noviembre)</li> <li>✓ Promedio: 3.8</li> <li>✓ Mínima: 2.9 (Enero)</li> </ul>
Velocidad y Dirección del viento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velocidad máxima: 7.6 km/h (Mayo)</li> <li>✓ Velocidad media: 9.8 km/h</li> <li>✓ Velocidad mínima: 5.8 km/h (Septiembre)</li> <li>✓ Rumbos dominantes: Norte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velocidad máxima: 10.7 km/h (Febrero)</li> <li>✓ Velocidad media: 6.7 km/h</li> <li>✓ Velocidad mínima: 8.9 km/h (Marzo)</li> <li>✓ Rumbos dominantes: Norte</li> </ul>
Evapotranspiración Potencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máxima: 338 (Septiembre)</li> <li>✓ Promedio: 143.5</li> <li>✓ Mínima: 142 (Mayo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máxima: 167 (Marzo)</li> <li>✓ Promedio: 141.2</li> <li>✓ Mínima: 123 (Noviembre)</li> </ul>

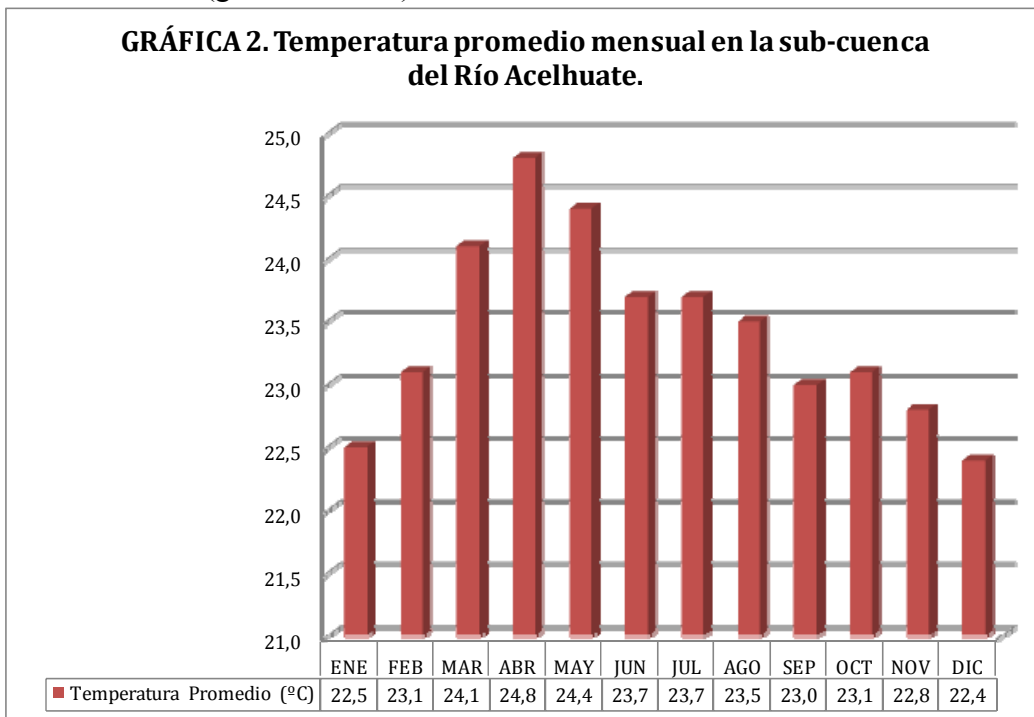
**Fuente:** Tomados del Informe Climatológico de la estación Ilopango, SNET, 2011. (Ver anexo 1).

En la gráfica 1, se presenta la precipitación mensual en la sub-cuenca del río Acelhuate, medida en el período de 51 años de 1959 a 2009, en donde se evidencian claramente los meses de la época lluviosa y seca, con un total de precipitación de 1,693.00 mm/año.



**Fuente:** Informe Climatológico de Estación Meteorológica de Ilopango, SNET, 2011.

La gráfica 2 presenta los promedios mensuales de la temperatura en la sub-cuenca del río Acelhuate, monitoreada hasta 2009 en un período de 51 años, que indica que la temperatura promedio es de 23.4 °C (grados Celsius).



**Fuente:** Informe Climatológico de Estación Meteorológica de Ilopango, SNET, 2011.

### 3. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente la sub-cuenca contiene las unidades siguientes: Volcán de San Salvador, Volcán de Guazapa, Cerro Tecomatepec y Cerro San Jacinto. Según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2.

Volcán de San Salvador: Llamado también Quezaltepequec, forma parte de la cadena volcánica meridional que son volcanes jóvenes, bien desarrollados, el volcán posee dos cimas importantes: el Boquerón, con una elevación de 1,893.33 m.s.n.m. y el picacho con 1,959.97 m.s.n.m. el Boquerón contiene el cráter.

El volcán es esbelto y en su mayoría está constituido por materiales cuaternarios poco consolidados, lo que le permite tener una permeabilidad muy buena y se constituye en la zona de recarga del acuífero de San Salvador, en donde resaltan fuentes como El Coro, Caites del Diablo Río Urbina, Nejapa y La Chacra con producciones entre 117 a 300 l/s (ver tabla 5). En la actualidad está siendo afectada enormemente por la erosión debido a la deforestación y el avance de las urbanizaciones en sus faldas, su estratigrafía es de lavas efusivas basálticas, piroclásticos ácidos, así como andesitas y basaltos de la formación San Salvador.

Volcán Guazapa: Volcán situado a 10.5 km al sur-oeste de la ciudad de Suchitoto y a 40 km de San Salvador, con una elevación de 1,438 m.s.n.m. conocido también como Cerro de Guazapa, se levanta aislado con pendiente suave en principio sobre la llanura base. El cerro está cortado por la erosión, levantándose sus cúspides en forma de varios picos sobre el pie macizo. Tiene callamientos en diferentes sentidos y, en su mayoría, está constituido por materiales antiguos, con una estratigrafía de lavas efusivas andesíticas y basálticas, cenizas volcánicas endurecidas y tobas fundidas con intercalaciones de sedimentos lacustres. En el cerro se notan efectos hidrotermales, así como la existencia de limos rojizos, pertenecientes a la formación Cuscatlán. Debido a su condición geológica es una unidad con un grado de permeabilidad baja, contribuyendo en una escala ínfima a la alimentación por infiltración del acuífero existente en sus alrededores.

Cerro de Tecomatepec: Está ubicado al sur-este de Guazapa, con una elevación de 1,011 m.s.n.m. es un cerro casi en las mismas condiciones de degradación que el volcán de Guazapa, y de similar formación geológica, pudiendo considerársele como una prolongación del Volcán de Guazapa. Está formado por corrientes de lava, aglomerados, tobas y escorias de espesores diferentes. Como la anterior agrupación tiene una baja permeabilidad y contribuye muy poco al mantenimiento del acuífero existente en el área, probablemente menos aún que Guazapa porque es un bloque consolidado y no ha sufrido callamientos en la escala en que los tiene este último.

Cerro San Jacinto: Está ubicado en la cabecera de la cuenca al sur del cerro Guazapa, con una elevación de 1,152 m.s.n.m. el cerro se encuentra a mediaciones de la caldera volcánica de Ilopango, su formación geológica es 30% son efusivas básicas intermedias de la Formación Bálsamo, 10% piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas de la Formación Cuscatlán, 10% son piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café) y 50% son piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas (tierra blanca) de la Formación San Salvador. El uso de suelo actual es de 68% Cultivos de café, 24% áreas urbanas, 8% Pastos y granos básicos con arbustos y árboles.



#### 4. GEOLOGÍA

Las rocas volcánicas y sedimentarias que cubren la sub-cuenca del río Acelhuate según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2, atendiendo su edad, se han agrupado en formaciones geológicas, desde la más reciente a la más antigua, como se muestra en la figura 2, estas formaciones son las siguientes:

- ✓ Formación San Salvador
- ✓ Formación Cuscatlán
- ✓ Formación Bálsamo
- ✓ Formación Chalatenango
- ✓ Formación Morazán
- ✓ Estratos de Metapán

Formación San Salvador: La formación San Salvador está constituida por piroclastitas y epiclastitas volcánicas (tierra blanca), corrientes de lava y sedimentos aluvionales, pertenecientes al Cuaternario superior de (hasta los últimos 500,000 años), siendo éstos últimos materiales los más recientes del período del Oloceno (últimos 10,000 años).

Los sedimentos aluvionales (fluvio-lacustres) están formados por gravas, arenas, limos y arcillas. Cubren la fosa central en donde se ubica el área metropolitana de San Salvador.

Formación Cuscatlán: A esta formación pertenecen los sedimentos fluvio-lacustres intercalados con piroclásticos ácidos que forman las terrazas del río Lempa y en el área de estudio se extienden desde la cuenca media hasta la desembocadura al río Lempa.

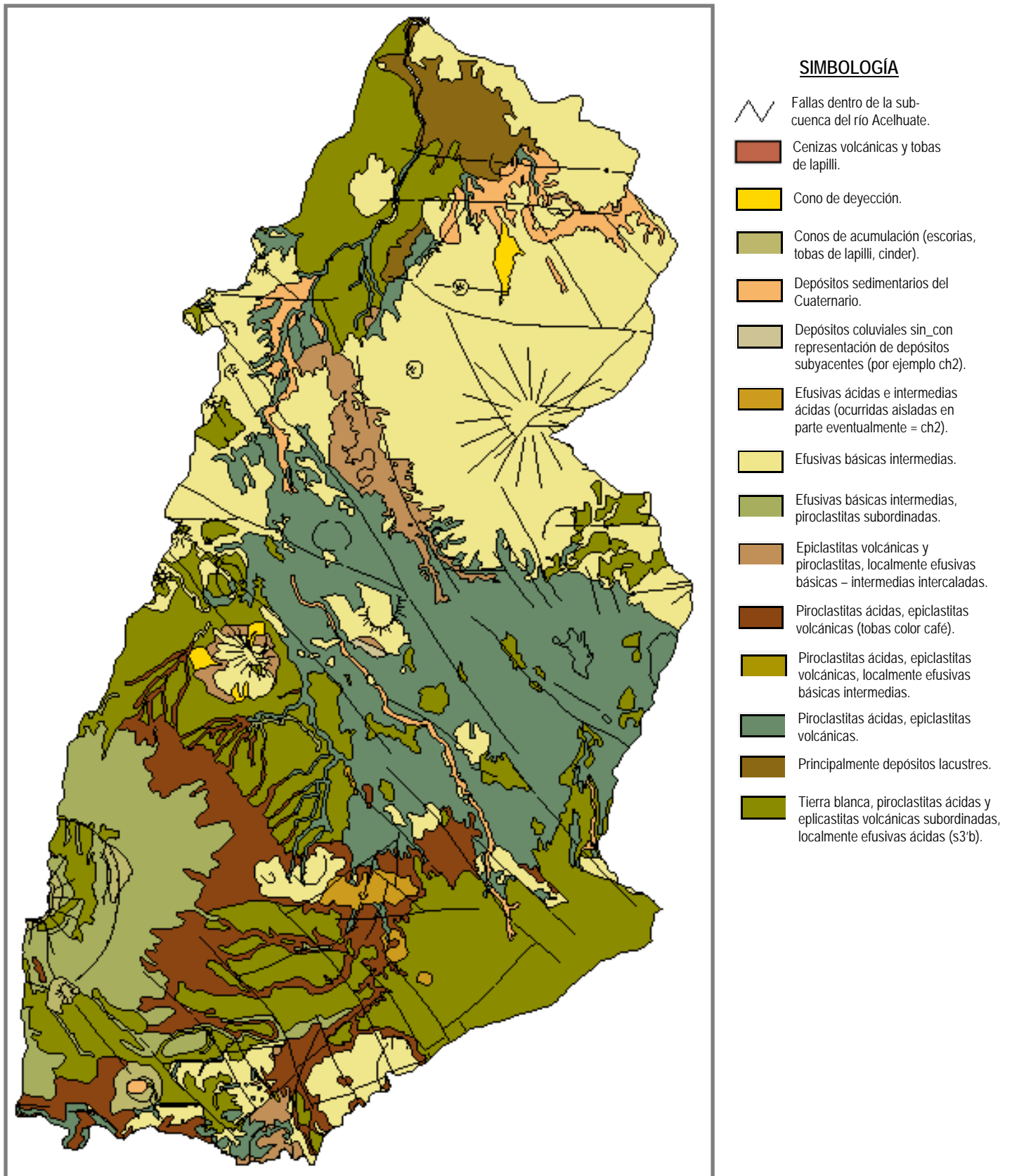
También forman parte de esta Formación epiclastitas y piroclásticos ácidos con intercalación de tobas ardientes y lavas, al sureste del río Los Limones afloran lavas ácidas a intermedias. Los materiales de esta formación van desde el Terciario superior (1.8 a 22.5 millones de años) al Cuaternario inferior (0.5 a 1.8 millones de años).

Formación Bálsamo: Está constituida por lavas básicas a intermedias, intercaladas con tobas y aglomerados densos y piroclásticos que afloran en la zona norte de la cuenca. Los materiales de esta formación pertenecen al Terciario superior (22.5 a 65 millones de años)

También es importante identificar los sistemas de fallas en el área de estudio, en donde se ubica la mayor parte del área metropolitana de San Salvador, conocida por el valle de las hamacas, por su constantes movimientos sísmicos, conocida como fosa central, en donde se identifican una serie de fallas tectónicas.

Desde el punto de vista sísmico los sistemas de fallas de mayor importancia son aquellos que tienen la dirección Nor Este, ubicándose al noroeste el volcán de San Salvador, el cual presenta sus propias características tectónicas; y al suroeste se encuentra la caldera del Lago Ilopango, disminuyendo su riesgo sísmico y presencia de fallas en la zona norte de la cuenca a su desembocadura del río Lempa.

Figura 2. Mapa geológico de la sub-cuenca del río Acelhuate.



Fuente: Base de datos, SNET.

## 5. DRENAJE

El drenaje principal del área se realiza por medio de los ríos Tomayate y Las Cañas, según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2. La cuenca alta del Acelhuate tiene un drenaje tipo radial, que tiene su origen en el Volcán de San Salvador y el cerro de San Jacinto.

Debido a la poca diferencia de niveles de la cuenca, así como a lo pequeño de las áreas no se nota una marcada diferencia entre la cuenca media y baja; reduciéndose la cuenca media a una porción bastante pequeña, siendo ésta en el río Acelhuate el área metropolitana de San Salvador y sus alrededores. En esta parte de la cuenca, el drenaje es dendrítico y en ciertos sectores, rectangular, debido a la acción tectónica existente en el área que ha ocasionado una serie de plegamientos; así como la acción humana que ha rectificado y modificado cauces.

La cuenca del Acelhuate se puede decir que está en estado de madurez, dentro del ciclo de evolución, notándose su madurez en la cuenca media más que todo, en donde la existencia de afluentes es numerosa y los cauces bien desarrollados con perfiles que están alcanzando su punto de equilibrio. En la tabla 3 se presentan las características físicas de la cuenca del río Acelhuate.

Tabla 3. Características físicas de la sub-cuenca del río Acelhuate.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Área	717	km <sup>2</sup>
Perímetro	136	km
Longitud del cauce principal	66	km
Longitud del cauce más largo	76	km
Elevación máxima	1,950	m.s.n.m
Elevación mínima	250	m.s.n.m

**Fuente:** Elaboración propia a partir de base de datos de SNET.

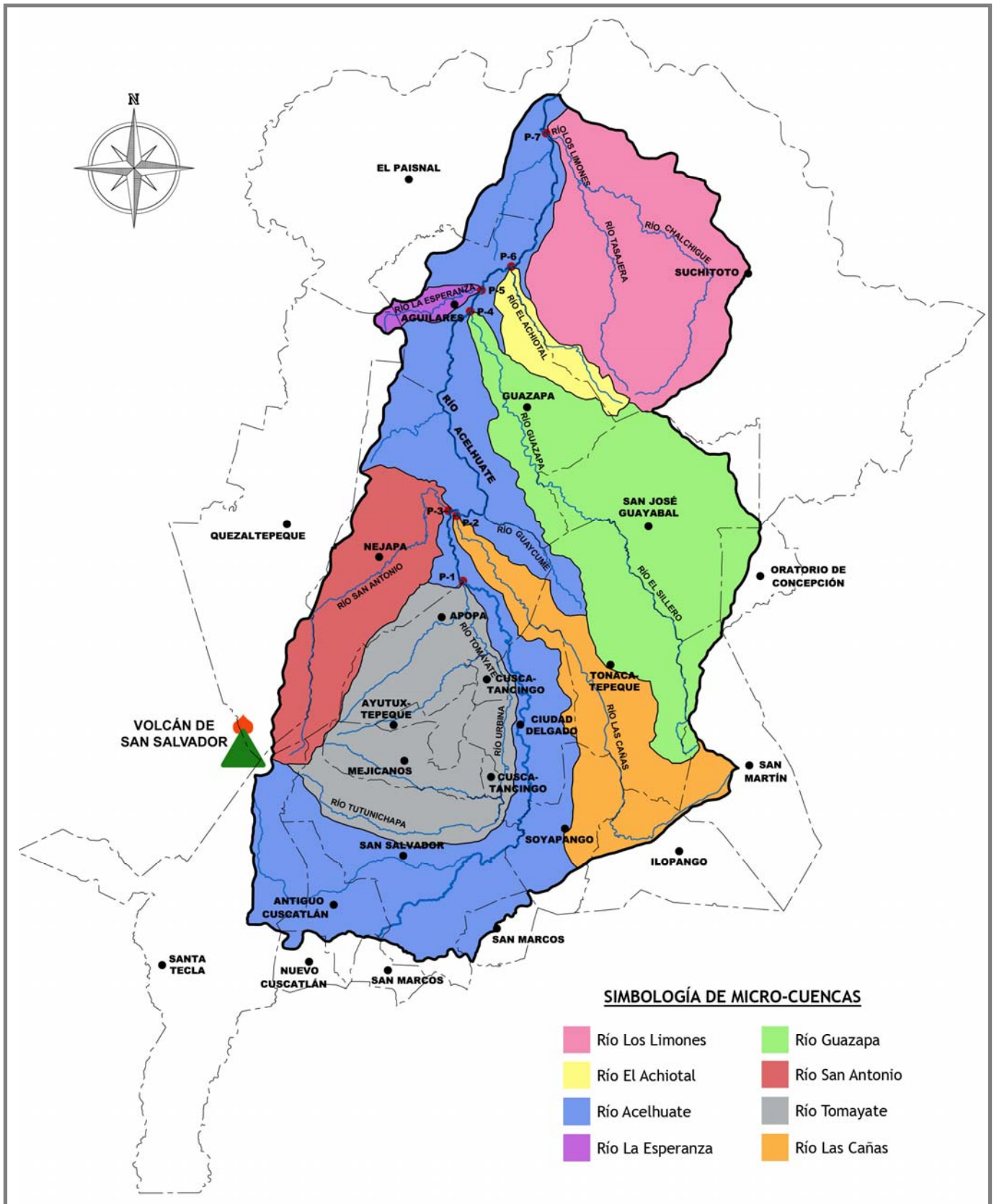
La tabla 4 a continuación, presenta las características físicas de las microcuencas que conforman la sub-cuenca del río Acelhuate. (Ver figura 3)

Tabla 4. Características físicas de las microcuencas de la sub-cuenca del Río Acelhuate.

No.	MICROCUENCA	km <sup>2</sup>	Ha	% dentro de la Sub-cuenca	Longitud de cauce principal (m)
1	Río Acelhuate	220.68	22,067.85	30.8	65,995.27
2	Río Los Limones	106.66	10,665.63	14.9	24,065.09
3	Río El Achiotal	16.47	1,646.85	2.3	10,957.27
4	Río La Esperanza	6.29	629.09	0.9	7,988.85
5	Río Guazapa	139.75	13,975.26	19.5	34,144.83
6	Río San Antonio	58.38	5,838.21	8.1	22,237.47
7	Río Tomayate	101.36	10,136.45	14.1	28,472.96
8	Río Las Cañas	67.76	6,775.75	9.4	30,793.25
<b>TOTALES</b>		<b>717.35</b>	<b>71,735.10</b>	<b>100.0</b>	<b>n/a</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de base de datos de SNET.

Figura 3. Mapa de micro-cuencas de la sub-cuenca del río Acelhuate.



Fuente: elaboración propia a partir de base de datos de SNET.

## 6. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Las unidades estratigráficas que forman la subregión del río Acelhuate han sido agrupadas en unidades hidrogeológicas, según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2, teniendo en cuenta sus características para recibir, almacenar y transmitir el agua. Se reconocen las unidades siguientes:

- a) Sedimentos aluvionales recientes
- b) Lavas recientes y antiguas del cuaternario
- c) Tobas y piroclastos cuaternarios
- d) Lavas y piroclastos antiguos
- e) Sedimentos aluvionales antiguos
- f) Aglomerados y lavas terciarias

a) Sedimentos aluvionales recientes: Constituyen esta unidad las gravas, arenas, limos, arcillas y sedimentos orgánicos sueltos y poco compactados de ambiente fluvio-lacustre, transportados y acumulados por los ríos que drenan la cuenca. El carácter volcánico heterogéneo de las rocas circundantes hace que estos depósitos tengan una granulometría muy variada, lo cual reduce su permeabilidad; pero donde se produce acumulación de gravas circula agua subterránea de acuerdo con el espesor y extensión lateral del manto.

Los mayores acumulaciones de estos sedimentos se encuentran en los valles de los ríos Los Limones y Tasajeras, y forman también una franja estrecha en los cauces de los ríos Las Cañas, Guazapa y Acelhuate. El área cubierta por esta unidad es de unos 16.8 Km<sup>2</sup>, que representan el 3% de la cuenca.

La profundidad máxima de estos sedimentos es de unos 15 a 20 m. Es teóricamente posible que en las áreas de gran acumulación sedimentaria los aluviones recientes reposan en sucesión continua con los aluviones antiguos, formando mantos que pueden alcanzar varios cientos de metros de espesor (este es el caso del Valle de Zapotitán). En la cuenca del Acelhuate no hay ningún pozo que evidencie dicha condición. Para los aluviones actuales del río Lempa, según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2, se ha encontrado una transmisibilidad de 250 m<sup>3</sup>/día/m; en tanto que para los aluviones profundos de San Salvador se han encontrado transmisibilidades entre 1,000 y 1,200 m<sup>3</sup>/día/m.

b) Lavas recientes y antiguas del cuaternario: En contorno radial a los cráteres más recientes y en las depresiones y fosas, como la de San Salvador, se han acumulado los materiales arrojados por los volcanes consistentes en coladas de lavas sucesivas, alternadas con cenizas, tobas, lapilli y fragmentos líticos diversos.

Las lavas cuaternarias revisten especial importancia hidrogeológica por tener en la base y tope de las coladas, espesores escoriáceos de alta permeabilidad, en tanto que la zona central densa de la colada está fracturada. Las coladas más recientes se extienden por unos 10 a 12 Km de radio a partir de los cráteres del volcán de San Salvador, pero las más antiguas han rellenado el valle y han sido perforadas por numerosos pozos en el oriente de la ciudad.

El espesor singular de cada colada puede estar entre 5 y 15 m, pero en pozos como el 148/SS, ubicado en la Ciudad Universitaria, se ha encontrado 102 m de espesor continuo de lava, lo cual representa numerosas coladas sucesivas. Según apreciación del estudio ANDA/PNUD, la transmisibilidad de las lavas en la ciudad varía entre 1,000 y 1,500 m<sup>3</sup>/d/m entre el Sur Oeste y Sur Este, respectivamente.

En la cuenca del Acelhuate esta unidad cubre unos 55.7 Km<sup>2</sup>, el 8% del área total. Por sus características y ubicación, se les ha asignado un índice de infiltración del 60% a las lavas recientes y un 40% a las antiguas del cuaternario. Esta unidad está intercalada con tobas y piroclastos, constituyéndose en el llamado Acuífero de San Salvador, por constituir el relleno del valle homónimo.

c) Tobas y piroclastos cuaternarios: Los depósitos de cenizas, tobas, lapilli y fragmentos arrojados por los volcanes en alternancia con los derrames lávicos de la unidad anterior, tienen características hidrogeológicas especiales. En la Fosa Central de San Salvador pueden alcanzar varios cientos de metros de espesor, pero sobre los bloques levantados de las rocas antiguas, forman un manto de unos pocos metros. Su carácter granulométrico es muy variado, con poca o ninguna cementación o compactación, lo que les da una transmisibilidad muy variable, que puede estar entre 50 y 100 m<sup>3</sup>/d/m; algunos valores más altos representan generalmente la inclusión de sedimentos aluvionales (piroclastos resedimentados y clasificados por agua) o alguna colada de lava.

Los piroclastos cuaternarios cubren un área de 243.7 Km<sup>2</sup>, o sea el 34% de toda el área, subyaciendo en la parte superior de la cuenca. Comprende el Área Metropolitana de San Salvador hasta Apopa por el norte, las cabeceras del río Las Cañas por el este, y los llanos ubicados al norte de Aguilares.

d) Lavas y piroclastos antiguos: El volcán de Guazapa originó derrames lávicos y erupciones extensas de piroclásticos que, por la mayor edad de las rocas que las forman, presentan características hidrogeológicas diferentes a las rocas similares de erupciones más recientes. Se trata de coladas de lavas andesíticas, tobas, aglomerados y algunos sedimentos fluvio-lacustres endurecidos y meteorizados. La permeabilidad en estas rocas es por grietas y fisuras, estando parcialmente diaclasadas por lo que la permeabilidad es baja a muy baja. Las descargas de fuentes y manantiales son de unos pocos litros por segundo, pero en conjunto dan origen a una red radial de drenaje hacia el río Los Limones y el río Guazapa. Apoyándonos en el flujo base del río “Los Limones”, contenido en el Informe ANDA/PNUD en su página 199, se calculó para esta unidad, un Índice de Infiltración del 12% para un área de 144.1 Km que representa el 20% de la cuenca.

e) Sedimentos aluvionales antiguos: Esta unidad se presenta únicamente en la parte inferior del río Los Limones hasta su desembocadura en el Acelhuate. Consiste en sedimentos fluvio-lacustres, gravas, arenas, limos y arcillas, que han sido compactados y reposan sobre piroclastos antiguos. El límite superior de esta unidad está en contacto con los mismos sedimentos pero de edad más reciente, descritos en la unidad a), por lo que se hace válida la observación de que dichos sedimentos antiguos y recientes están en sucesión continua. La extensión cubierta por esta unidad es de 14.4 Km<sup>2</sup>, un 2% del área como índice de infiltración se le ha asignado el 12%.

f) Aglomerados y lavas terciarias: El conjunto de aglomerados, tobas, lanares y flujos de lavas endurecidas que forman una faja de rocas antiguas, casi impermeables, a todo lo ancho de la parte media de la cuenca del río Acelhuate y que también se presea tan en las cabeceras del río en la Cordillera del Bálsamo, se reconocen como una unidad hidrogeológica negativa pero de mucha importancia, puesto que forma también el basamento de la cuenca. No obstante, en algunas zonas de fracturas en estas rocas, posiblemente coladas de lava, se originan fuentes de agua con caudales hasta de 50 l/seg (fuente la Danta, al sur de San Salvador). El área ocupada por esta unidad es de 234.8 km<sup>2</sup>, que representa un 33% de toda la sub-cuenca; dadas sus características se le ha estimado un Índice de Infiltración del 5%.

## **7. AGUA SUBTERRÁNEA**

Según el informe del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), documento básico No. 12. Vol. 1 y 2. Las condiciones del agua subterránea son las siguientes:

Profundidad del agua: La profundidad al agua subterránea para Enero de 1981 fue controlada por el Plan Maestro, en la red de pozos de observación del acuífero de San Salvador. El Proyecto ELS-2 también estableció una red de pozos de observación principalmente en el Área Metropolitana y en la zona de Apopa, pero estas mediciones fueron discontinuadas al final del Proyecto.

De conformidad con la topografía y la dirección de escurrimiento del agua subterránea los niveles se encuentran más profundos en las estribaciones de los volcanes, así, en la cabecera del río Arenal, el nivel estático está a 150 m de profundidad, en tanto que, en el centro y área oriental de la ciudad de San Salvador está entre 30 y 40 m.

En Quezaltepeque los niveles más profundos están también en las estribaciones del volcán de San Salvador entre 50 y 54 m, pero cerca a la población están a unos 25 m. En el área de Apopa los niveles reportados están entre 17 y 65 m; en tanto que hacia Guazapa se reportan profundidades del nivel a 29 y 119 m, según la topografía. En Tonacatepeque los niveles se encuentran entre 19 y 24 m bajo la superficie. En la llanura de Aguilares hay muy pocos pozos con niveles registrados, pero se reportan niveles entre 4 y 12 m a partir del suelo.

Condiciones de presión: En la cuenca del río Acelhuate no hay hasta ahora informe sobre la existencia de aguas bajo presión. Existen referencias sobre un pozo de 600 m de profundidad en la Colonia Modelo que ha sido encontrado, pero su existencia y condiciones de artesianismo pueden ser creíbles.

Los fuertes contrastes de permeabilidad entre las varias unidades hidrogeológicas, en especial entre las lavas y los piroclastos que las rodean y los varios mantos sucesivos de materiales fluvio-lacustres, son condiciones favorables para el artesianismo. Por otra parte, se presentan grandes diferencias de elevación entre las áreas de máxima recarga, por encima de los 1000 m.s.n.m. y los mantos de lava y sedimentos permeables de los valles y llanuras. Posiblemente los métodos de construcción de los pozos y las limitadas profundidades que han alcanzado, no han permitido detectar las condiciones de artesianismo muy seguramente presentes en el área.

Fluctuaciones del nivel freático: Durante el estudio ANDA/PNUD entre 1967 y 1971 se observaron las fluctuaciones de nivel en 9 pozos en el Área Metropolitana y 12 en la zona de Apopa. La intensa actividad de bombeo del Área Metropolitana hace que tales fluctuaciones sean interceptadas en forma muy general y cautelosa. Las observaciones en Apopa también fueron afectadas por pruebas de bombeo, pero son más confiables. Tanto, en una como en otra zona, los pozos muestran que los niveles tienden a registrar un mínimo en Junio-Julio y un máximo en Noviembre-Diciembre con un desfase de entre uno y dos meses con los picos mínimos y máximos de los hietogramas de lluvias.

El control de niveles en el Área Metropolitana entre 1967 y 1971 llevó al Proyecto ANDA/PNUD a concluir que el acuífero estaba siendo sobre explotado con un descenso regional de niveles equivalente a 1 m por año. A partir de Enero 1981 el Servicio Hidrológico, dentro de un plan nacional de pozos de observación, inicio el control de 16 pozos medidos cada tres meses, llegando a determinar que aún no es posible llegar a una conclusión definitiva de la sobre explotación del acuífero de San Salvador, pero, en cualquier caso, el sobre bombeo de agua subterránea del acuífero no es tan crítico como el enunciado por el Informe ANDA/ PNUD.

Dirección del agua subterránea: El único plano isofreático histórico disponible para la cuenca del río Acelhuate está en el informe técnico del Proyecto ANDA/PNUD y se refiere a curvas trazadas con datos de niveles freáticos en Abril de 1971, el cual fue obtenido de los archivos de ANDA en esta consultoría y se presenta en la figura 3.

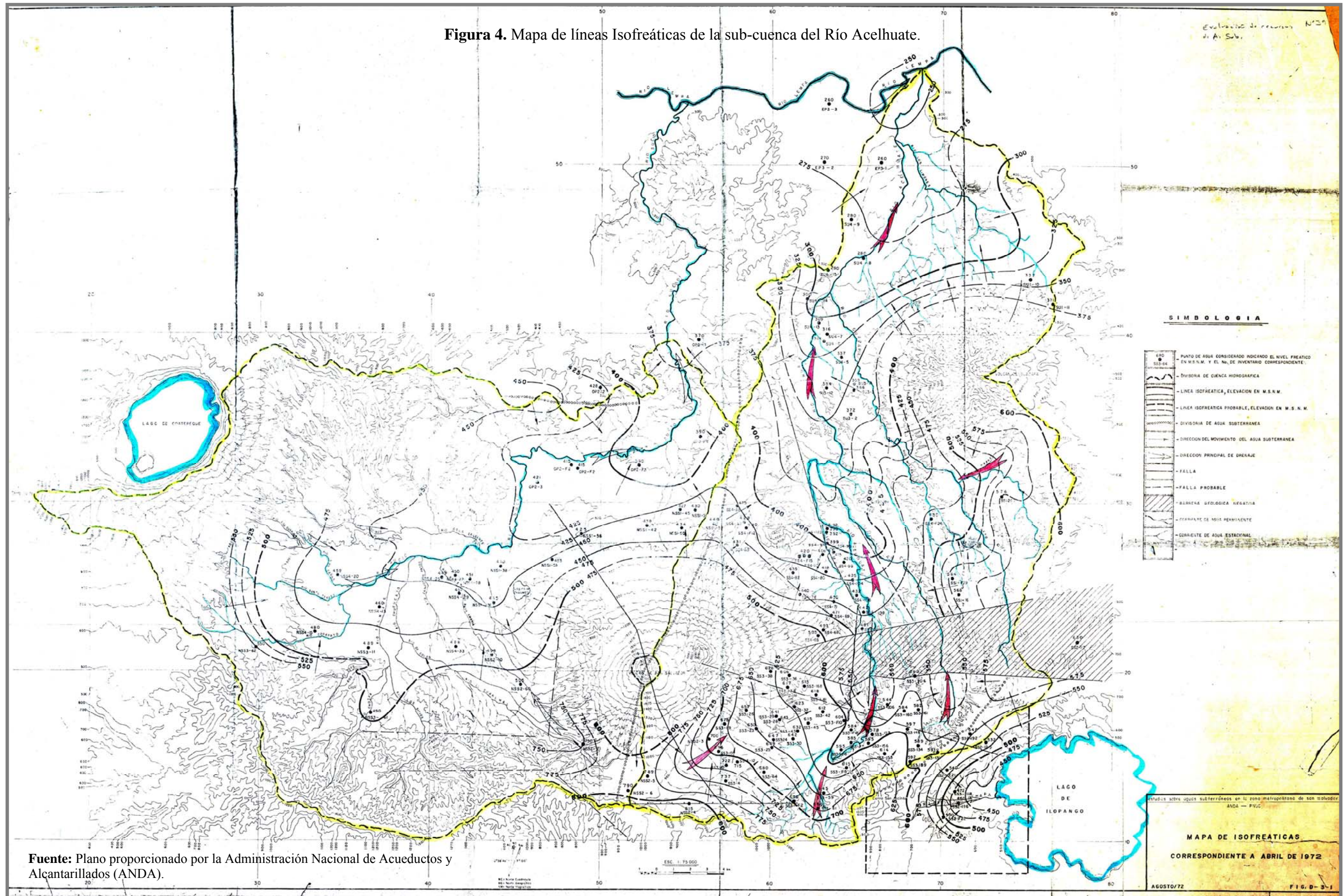
El Plan Maestro realizado en 1981, estableció las áreas de recarga de los acuíferos, los cuales se citan de acuerdo a su orden de importancia: el complejo volcánico de San Salvador, por el oeste y suroeste; el macizo de Guazapa en el centro oriental; el cerro de San Jacinto y la Cordillera del Bálsamo por el sur; y otra de menor importancia, los Llanos de Aguilares en la parte inferior de la cuenca.

El escurrimiento subterráneo en el área de San Salvador tiene un definido sentido NE-E a partir de las áreas de recarga en el suroeste y sur de la cuenca, obligado por barreras laterales claramente establecidas. El Proyecto ANDA/PNUD ha definido un bloque del basamento levantado (hort) El Carmen-Milingo como barrera negativa del deflujo del agua subterránea hacia el norte; la magnitud limitante al deflujo a través de esta barrera aún está por definirse, puesto que el bloque levantado tiene una cubierta de piroclastos de varias decenas de metros de espesor y en el área de la barrera existen pozos de producción estimada en más de 15 l/seg (PP 94/SS-San José Cortez).

En el área central y media de la cuenca la dirección del flujo de agua subterránea se conforma a la topografía, por lo cual sigue la dirección general del drenaje con una dirección principal similar a la del río Acelhuate, pero con un importante aporte lateral proveniente de las estribaciones septentrionales del volcán de Guazapa. La pendiente de la componente de flujo principal del agua subterránea en el área de San Salvador es del 3% en el occidente de la ciudad y de 1.15% en el oriente. Para el resto de la cuenca la pendiente de flujo tiene un promedio general de 1% (estimado).



Figura 4. Mapa de líneas Isofreáticas de la sub-cuenca del Río Acelhuate.



Fuente: Plano proporcionado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Es importante anotar que de acuerdo con el plano de la superficie freática del ANDA/PNUD habría una divisoria de aguas subterránea entre las cuencas del río Acelhuate y la del río Sucio, por el occidente, y la del río Lempa por el nor-orient. Sin embargo, el drenaje de los macizos volcánicos es radial, por lo cual un 50% del deflujo subterráneo del volcán San Salvador escapa hacia el río Sucio y el resto entraría en el Acelhuate; en tanto que en el Guazapa no más de uno 30% se escapa hacia la cuenca vecina al oriente.

### **7.1 Recarga y descarga**

La topografía y el carácter litológico del suelo favorecen la infiltración en buena parte de la cuenca. Además, el régimen y características de la lluvia también son favorables a una alta tasa de infiltración. Hay recarga en toda el área y posiblemente se presenten aflujos y de flujos subterráneos a través de los límites hidrográficos de la cuenca. Los escapes de agua por escorrentía subterránea parecen ocurrir principalmente en las faldas de los volcanes de San Salvador y sobre un frente de unos 8 Km en dirección del Lago de Ilopango, entre el cerro de San Jacinto y la cabecera del río Las Cañas.

Hay evidencias de que la unidad de aglomerados, ignimbritas, tobas, lavas terciarias, con frecuencia tienen una importante permeabilidad secundaria (grietas y fracturas) por donde circula una apreciable cantidad de agua subterránea.

a) Recarga: El alcance del conocimiento hidrológico de la cuenca sólo permite calcular el volumen de agua subterránea que circula en ella como proveniente de la infiltración directa. De acuerdo con los cálculos del Proyecto ANDA/ PNUD, se han asignado tasas de infiltración características para cada unidad hidrogeológica, por procedimientos empíricos. Las tasas de infiltración más altas, entre el 40 y 60%, corresponden a las unidades hidrogeológicas que forman los complejos volcánicos, los cuales, por razones orográficas, localizan las precipitaciones más altas.

El promedio de 20 años de lluvia sobre estos complejos volcánicos da como resultado un promedio de unos 1990 mm para el Volcán de San Salvador y unos 1800 mm para el de Guazapa. En la tabla 5 se han determinado los volúmenes de agua infiltrada en cada unidad hidrogeológica de la cuenca, a partir del área respectiva en km<sup>2</sup>, el promedio de precipitación y la tasa de infiltración característica. El volumen total de agua infiltrada para el período de un año es de 190.47 millones de m<sup>3</sup>, equivalente a un volumen de 6 m<sup>3</sup>/seg. El agua así infiltrada sigue en general una dirección de flujo compatible con la red de drenaje de la cuenca, es decir, en dirección del río Acelhuate.

b) Descarga: Por condiciones topográficas e hidrogeológicas especiales el agua subterránea aflora a veces en forma de fuentes. Se ha hecho una estimación del volumen de agua aflorada por las fuentes principales que resulta ser de 1.45 m<sup>3</sup>/s, que resulta de 45.73 millones de m<sup>3</sup> anuales.

Una porción relativamente reducida es extraída mediante los pozos existentes en la cuenca. Según censo de extracción efectuado en 1980, por medio de pozos se extrajeron en un año 54.10 millones de m<sup>3</sup> de agua.

## ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.

El resto es descargado a otra u otras cuencas mediante deflujo subterráneo profundo. Los datos disponibles no permiten calcular en forma directa el deflujo subterráneo profundo, pues no existe un control piezométrico, ni isofreático, que resulten suficientes para controlar el movimiento del agua subterránea.

Tabla 5. Infiltración anual de las precipitaciones pluviales en la sub-región del río Acelhuate.

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	ÁREA EN Km <sup>2</sup>	PRECIPITACIÓN (mm)	TASA DE INFILTRACIÓN	VOLUMEN INFILTRADO m <sup>3</sup> /año
Sedimentos aluvionales recientes	16.79	1,831	15	4,611,373.50
Lavas cuaternarias	55.72	1,930	40	43,015,840.00
Piroclastos cuaternarios	243.68	1,808	20	88,114,688.00
Sedimentos antiguos	14.35	1,800	12	3,099,600.00
Lavas antiguas, plioleístocénicas	144.14	1,774	12	30,684,523.20
Aglomerados y lavas terciarias	234.80	1,784	5	20,944,160.00
<b>Total de volumen infiltrado</b>				<b>190,470,184.70</b>

**Fuente:** Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, Cuenca Alta del Río Lempa. PNUD/ELS/78, publicado en Enero de 1981.

### 7.2 Inventario de pozos y fuentes

El inventario de pozos realizado por el Plan Maestro en 1980, identifico 191 pozos perforados y 21 fuentes. Unos 416 pozos ex cavados han sido declarados por sus dueños, pero de éstos no hay un inventario completo y posiblemente ascienden a más de un millar en la subregión del Acelhuate.

Los pozos más profundos de la subregión están en el área de Apopa Quezaltepeque; el Proyecto ELS-2 perforó el pozo El Ángel 11/SS a 372 m de profundidad. En el Área Metropolitana ningún pozo conocido ha llegado a 250 m de profundidad; el pozo más profundo registrado es el 176/SS - Hotel Sheraton con 219 m, pero varios pozos en el área central y occidental de la ciudad tienen profundidades superiores a 180 m. El pozo perforado menos profundo en la subregión está en Tonacatepeque (73/SS) con 39 m de profundidad, pero se sabe de pozos perforados que alcanzan hasta 90 m de profundidad, en el área de Venecia, al norte de Soyapango.

Otras zonas de concentrada explotación de pozos en los piroclastos y lavas cuaternarias se encuentra en Apopa y sus alrededores y al oriente de Quezaltepeque. Los pozos en estas unidades tienen rendimientos específicos desde 6.05 m<sup>3</sup>/h (155/SS-San Antonio Abad) hasta 0.23 m<sup>3</sup>/h (23/SS-Apopa).

En la unidad de aglomerados, piroclastos y lavas antiguas, se han perforado pocos pozos; el pozo 70/SS-Colonia San José Las Flores, con profundidad de 124 m, produce 30 m<sup>3</sup>/h y el pozo 2/SC-Guazapa, de ANDA, con 127.7 m de profundidad produce 22.7 m<sup>3</sup>/h.

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.**

Tabla 6. Inventario de fuentes de agua de la sub-región hidrográfica del río Acelhuate

FUENTE N°	NOMBRE	COORDENADAS		ELEVACIÓN m.s.n.m.	CAUDAL L/S
		NORTE	ESTE		
F 1/SS	Plan de La Laguna	283 000	473 075	800	-
F 2/SS	Danta Nueva	282 950	478 100	700	55.0
F 3-4/SS	Danta Vieja	283 250	478 450	700	25.0
F 5/SS	Santa Carlota	285 050	480 850	615	29.0
F 6/SS	El Coro	286 150	481 300	580	250.0
F 7/SS	La Chacra	286 350	481 700	600	125.0
F 8/SS	El Dorado	286 950	481 650	-	7.5
F 9/SS	Caites del Diablo	286 950	481 750	580	250.0
F 10/SS	Río Urbina	288 450	481 250	600	117.0
F 11-12/SS	Nejapa	299 300	474 850	428	300.0
F 13/SS	Apachulco	297 200	477 750	430	25.0
F 14 a 18/SS	Hacienda El Ángel	297 450	478 650	420	150.0
F 19/SS	Agua Caliente- Tonacate.	297 150	487 500	550	20.0
F 20/SS	Tacachulo	288 050	482 850	600	20.0
F 21/SS	El Chaguite-Ilopango	285 550	486 800	620	80.0
<b>TOTAL</b>					<b>1,453.5</b>

**Fuente:** Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, Cuenca Alta del Río Lempa. PNUD/ELS/78, publicado en Enero de 1981.

El inventario de pozos disponible no aporta datos suficientes para indicar las condiciones prevalecientes en las varias unidades hidrogeológicas. Es importante ampliar el inventario para determinar las perspectivas de futuros pozos en cada unidad presente en la subregión.

Los caudales de estas fuentes fluctúan entre 7 l/seg (F-8 El Dorado) y 250 l/seg (F-6 El Coro-ANDA). Las fuentes de mayor caudal están invariablemente asociadas a coladas de lava, bien sean recientes, como las del Volcán de San Salvador, o antiguas como las que se presentan en la Cordillera del Bálsamo, que son de menor caudal que las primeras.

## **8. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ACELHUATE**

Desde el año 2002, el Servicio Hidrológico Nacional (SHN) del SNET ha realizado el monitoreo de calidad y cantidad de agua en el Río Acelhuate, para valorar la calidad de las aguas y su evolución a través del tiempo.

En esta sección se presentan los resultados del informe del año 2010 del SNET sobre la calidad del agua del río Acelhuate, el cual es obtenido del muestreo de 4 sitios seleccionados para el muestreo sistemático año con año, en donde se evalúa la calidad de agua en el Río Acelhuate. La ubicación de los sitios de muestreo se presenta a continuación.

Tabla 7. Ubicación de sitios de muestreo para evaluación de la calidad de agua del río Acelhuate.

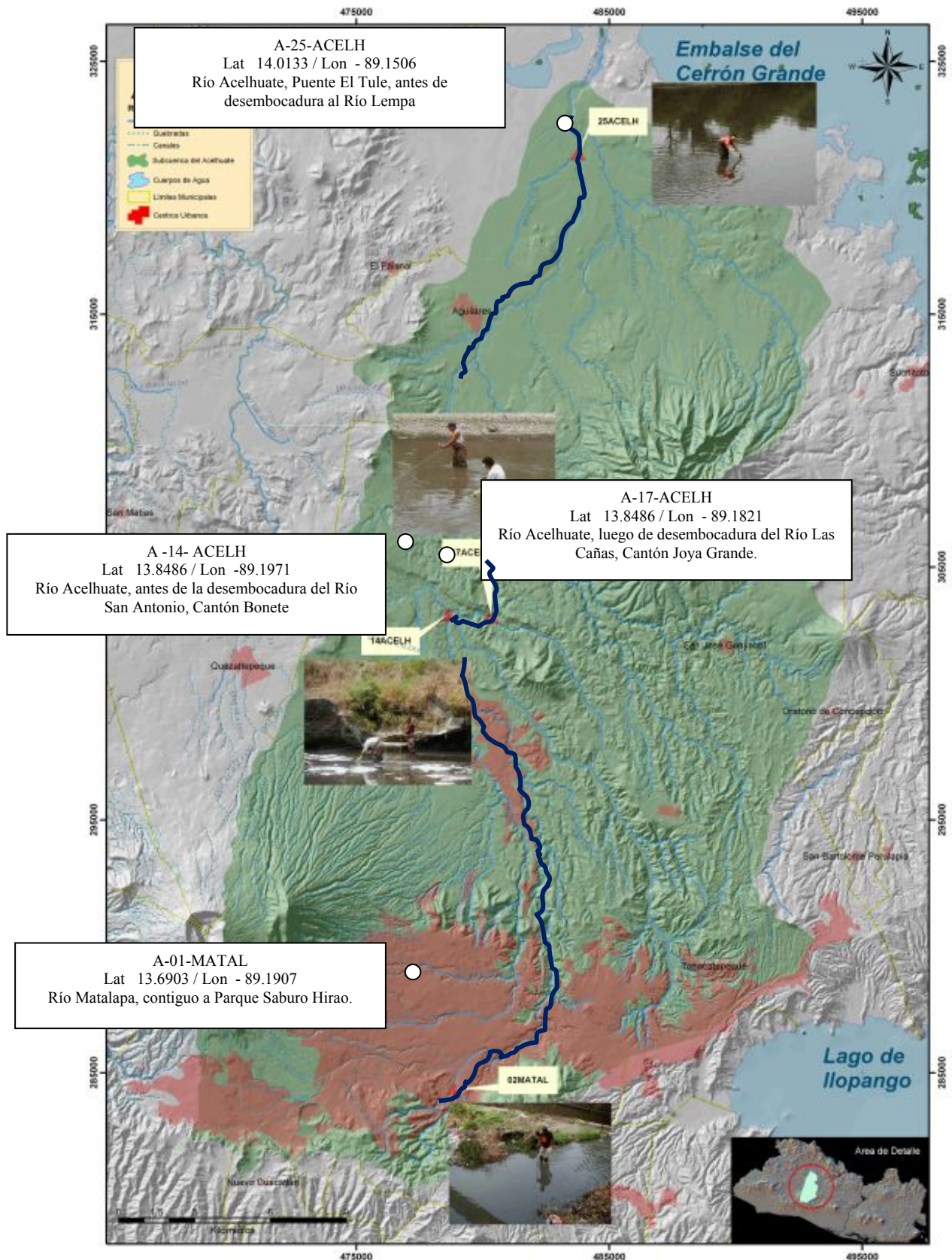
<b>SITIO DE MUESTREO</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>UBICACIÓN</b>
A-01-MATAL	13°41'25.08"	89°11'26.52"	Río Matalapa, Contiguo a Parque Saburo Hirao, San Salvador.
A-14-ACELH- SA	13°50'54.96"	89°11'49.56"	Río Acelhuate, antes de desembocadura del Río San Antonio, Cantón Bonete.
A-17-ACELH- CA	13°50'54.96"	89°10'55.56"	Río Acelhuate, luego de desembocadura del Río Las Cañas, Cantón Joya Grande.
A-25-ACELH	14°0'47.88"	89°9'2.16"	Río Acelhuate, Puente El Tule, antes de desembocadura a Río Lempa.

En cada uno de los sitios de la red de monitoreo se midieron los parámetros de calidad de agua “in situ” y se recolectaron muestras de agua para realizar en el laboratorio los análisis correspondientes para determinar sus características físico, químicas, bacteriológicas y DBO5, posteriormente las muestras se preservaron y trasladaron al Laboratorio de Calidad de Agua del SNET para su procesamiento el mismo día de la recolección.

Adicionalmente, se efectuaron las mediciones de caudal en la sección de cada uno de los puntos utilizando el método de aforo por vadeo, los puntos de muestreo se muestran en la figura 5.

ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.

Figura 5. Sitios de muestreo de calidad de agua en el Río Acelhuate.



### 8.1 Cálculo del índice de calidad de agua

Para calificar la calidad de agua se aplica el Índice de Calidad General (ICA) diseñado para evaluar las condiciones generales del agua.

Este índice se utiliza para calificar la calidad de agua de los ríos estudiados y evaluar la aptitud del agua para permitir el desarrollo de vida acuática.

Para su cálculo, se toman en cuenta los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, nitrógeno de nitratos, fósforo de fosfatos, incremento de la temperatura, turbidez, sólidos totales y califica el agua en una escala de 100 unidades que va de calidad “pésima” a calidad “excelente”.

El Índice de Calidad de Agua (ICA) se expresa de la siguiente manera:

Tabla 8. Índices de Calidad del Agua.

<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>RANGO DE VALOR</b>	<b>USOS</b>
Excelente	91 a 100	Facilita el desarrollo de vida acuática
Buena	71 a 90	Facilita el desarrollo de vida acuática
Regular	51 a 70	Restringe el desarrollo de vida acuática
Mala	26 a 50	Restringe el desarrollo de vida acuática
Pésima	0 a 25	Imposibilita el desarrollo de vida acuática

El ICA es un valor ponderando en una escala numérica simple y se aplicó a los puntos de monitoreo para estudiar la evolución de la calidad de agua a través del año. Los resultados de los muestreos de las características físicas y químicas del agua del río se presentan en la tabla 9.

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.**

Tabla 9. Resultados de las características físico – química del río Acelhuate.

PROCEDENCIA	UNIDAD	A-01 MATAL	A-14 ACELH	A-17 ACELH	A-25 ACELH
Fecha		08/04/2010	07/04/2010	07/04/2010	07/04/2010
Hora		09:35	09:21	10:42	12:51
Temperatura Ambiental	°C	30	32.1	34.5	35
pH	Unidades	7.22	7.41	7.61	7.41
Conductividad	μSiemens/cm	465.00	637.00	610.00	542.00
Oxígeno Disuelto	ppm O2	2.75	3.62	4.18	4.22
Turbidez	U. FAU	33.05	20.05	57.65	21.30
Alcalinidad Total	ppm CaCO3	223.12	290.67	275.23	236.63
Carbonatos	ppm CaCO3	ND	ND	ND	ND
Bicarbonatos	ppm CaCO3	223.12	290.67	275.23	236.63
Dureza Total	ppm CaCO3	152.40	188.40	204.00	194.00
Calcio	ppm Ca	43.25	47.10	46.78	44.85
Magnesio	ppm Mg	10.78	17.19	21.18	19.91
Sulfuros	ppm S	0.04	0.01	0.01	ND
Sulfatos	ppm SO4=	170.00	75.00	74.00	85.50
Nitritos	ppm NO2	0.11	0.26	0.21	1.44
Nitrógeno Amoniacal	ppm NH4	22.00	18.10	14.02	10.26
Nitrógeno Total Kjeldahl	ppm N	36.56	15.00	13.30	13.30
Nitratos	ppm NO3-	3.90	19.50	5.40	15.10
Fosfatos	ppm PO4≡	8.75	5.85	5.70	4.98
Fósforo Total	ppm PO4≡	12.85	13.20	7.42	6.68
Cloruros	ppm Cl-	35.78	62.21	56.11	47.17
Color Aparente	U. Pt-Co	253.50	249.00	398.50	162.00
Detergentes	ppm	0.78	0.65	0.29	0.08
Aceites y Grasas	ppm	ND	ND	ND	ND
Sólidos Totales	ppm	474.00	552.00	673.00	481.00
Sólidos Totales Disueltos	ppm	417.00	515.50	534.50	428.50
Sólidos Suspendidos	ppm	57.00	36.50	138.50	52.50
Sólidos Sedimentables 2 h	mL/L	0.40	1.20	1.40	0.20
Fenoles	ppm Fenol	2.10	2.50	2.30	2.30
DQO	ppm O2	91	78	79	43
DBO	ppm O2	60	30	21	18
Zinc	ppm Zn	0.01	0.04	0.01	ND
Cromo Hexavalente	ppm Cr+6	0.01	0.02	ND	ND
Boro	ppm B	ND	ND	ND	ND
Cobre	ppm Cu	ND	0.03	ND	0.02
Potasio	ppm K	8.32	12.00	10.70	9.05
Sodio	ppm Na	39.90	54.70	52.30	33.10
Flúor	ppm F	0.46	0.49	0.53	0.53

**Fuente:** Servicio Hidrológico Nacional (SHN) del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), Abril de 2010.



## 8.2 Análisis y evaluación de resultados

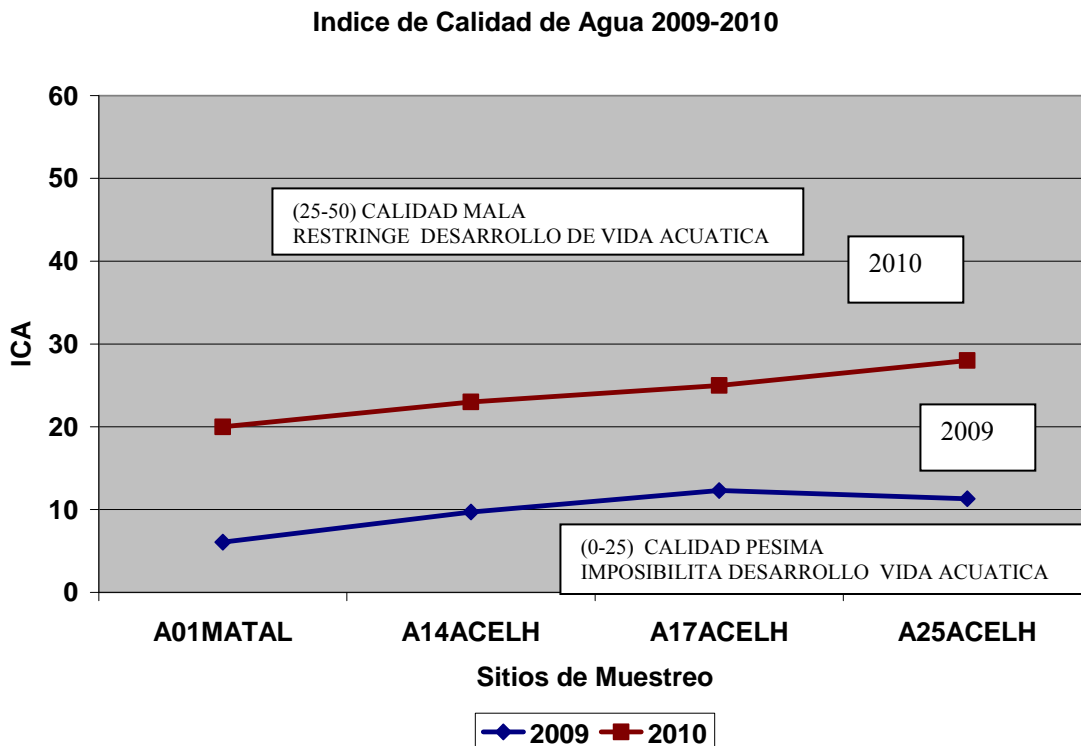
Los resultados presentados corresponden a la valoración de los datos del monitoreo de calidad y cantidad de agua realizado por el Servicio Hidrológico durante el mes de Abril de 2010 comparados con los obtenidos en la misma época para el año 2009.

La gráfica 3, muestra los resultados de la evaluación de calidad de agua según el ICA para el Río Acelhuate y se observa que presenta una calidad “Pésima” desde la naciente hasta la parte media del río y una calidad “Mala” antes de desembocar al Río Lempa en el año 2010, mejorando 8 puntos de la escala del ICA.

Los resultados del grado de contaminación del río Acelhuate, obtenidos a partir del cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) para el año 2010, corresponde a niveles de contaminación de hasta 160 millones de bacterias Coliformes fecales por 100 mililitros de agua, niveles de DBO<sub>5</sub> de hasta 60 mg/l en la zona alta y de 18 mg/l en la zona baja y Oxígeno disuelto de 2.75 mg/l en la zona alta y 4.22 mg/l en la zona baja, dichos valores son característicos de efluentes de sistemas de tratamiento secundario (tratamiento biológico).

Lo anterior, indica que el agua que transporta el río Acelhuate, presenta una carga de contaminantes que en su recorrido de más de 60 km, logra recuperarse a niveles de sistemas secundarios de tratamiento, bajo condiciones de autodepuración, incluso presenta mejorías en el año 2010 respecto al 2009, que pueden ser atribuidos a la labor de limpieza que efectuó fenómenos de tormentas como IDA en noviembre del 2009, seguidas de otras tormentas y altas precipitaciones que limpiaron el cauce del río.

**Gráfica 3.** Comparación de resultados del ICA del Río Acelhuate en los años 2009 y 2010.



## 9. MARCO LEGAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO

El saneamiento en el país está regulado por 3 instituciones gubernamentales, dos son de carácter rector y una operativa, teniendo la rectoría mayor el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que vela por la preservación de los recursos naturales y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), que tiene su carácter salubrista y elimina factores de riesgo a la salud pública y por último se encuentra la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). A continuación se describen las competencias de cada una de ellas respecto al saneamiento.

Tabla 10. Resumen del marco legal de saneamiento.

Nº	MARCO LEGAL	RÉGIMEN SANCIONATORIO	AUTORIDAD COMPETENTE
1	<b>Ley de Medio Ambiente.</b> Art. 48, 49, 52, 70, 71.	DECRETO N°. 233. Fecha 4 de mayo de 1998. Aplicación de Sanciones Art. 88, 89, 90, 91, 92, 94.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
2	<b>Código de Salud.</b> <i>Sección Siete: Saneamiento del Ambiente Urbano y Rural</i> Del Art. 56 al Art. 59. <i>Sección nueve: baños públicos</i> Del Art. 66 al Art. 73. <i>Sección Diez: Basura y Otros Desechos</i> Del Art. 74 al Art. 78.	DECRETO 955. Fecha 28 de abril de 1988. Título III De las infracciones, sanciones, competencia y procedimiento Art. 279.	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)
3	<b>Reglamento General de Medio Ambiente.</b> Art. 69,70, 75, 96,97,98,99,100,101	DECRETO N° 17. Fecha 21 de marzo de 2000.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
4	<b>Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.</b> Art. 6,7,8,19,20,21,22	DECRETO N° 40. Fecha 31 de mayo de 2000. Incumplimiento Art. 26.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
5	<b>Reglamento Especial de Aguas Residuales.</b>	DECRETO N° 39. Fecha 31 de mayo de 2000. Todos los artículos son específicos.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
6	<b>Norma Salvadoreña Obligatoria de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.</b>	NSO 13.49.01:09. Fecha 11 de marzo de 2009.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
7	<b>Normas Técnicas para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable Y Alcantarillado de Aguas Negras.</b>	De carácter institucional Actualizada en abril de 1995.	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)
8	<b>Norma para regular la calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario.</b>	De carácter institucional, Acta No. 1937, Punto XIV de fecha 15 de octubre de 2004.	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)

Fuente: Elaboración propia a partir de la legislación existente.

## 9.1 Ley de Medio Ambiente

**Objeto de la ley:** Art. 1.- La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

**Protección del recurso hídrico:** Art. 48.- El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia.

El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.

**Criterios de supervisión:** Art. 49.- El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos:

- a) Garantizar, con la participación de los usuarios, la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, mediante los estudios y las directrices necesarias;
- b) Procurar que los habitantes, utilicen prácticas correctas en el uso y disposición del recurso hídrico;
- c) Asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental;
- d) Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare; y
- e) Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.

**Contaminación y disposición final de desechos sólidos:** Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

**Gestión y uso de las aguas y ecosistemas acuáticos:** Art. 70. - El Ministerio, elaborará y propondrá al Presidente de la República para su aprobación los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas tomando en cuenta la legislación vigente y los criterios siguientes:

- a) Su manejo se realizará en condiciones que prioricen el consumo humano, guardando un equilibrio con los demás recursos naturales;
- b) Los ecosistemas acuáticos deben ser manejados tomando en cuenta las interrelaciones de sus elementos y el equilibrio con otros;
- c) Se promoverán acciones para asegurar que el equilibrio del ciclo hidrológico no sufra alteraciones negativas para la productividad, el equilibrio de los ecosistemas, la conservación del medio ambiente, la calidad de vida y para mantener el régimen climático;
- d) Asegurar la cantidad y calidad del agua, mediante un sistema que regule sus diferentes usos;
- e) Se establecerán las medidas para la protección del recurso hídrico de los efectos de la contaminación, y
- f) Todo concesionario de un recurso hídrico para su explotación será responsable de su preservación.

**Protección de zonas de recarga:** Art. 71. - El Ministerio identificará las zonas de recarga acuífera y promoverá acciones que permitan su recuperación y protección.

## **9.2 Código de Salud**

**Objeto:** Desarrollar los principios constitucionales relacionados con la salud pública y asistencia social de los habitantes de la República y las normas para la organización y funcionamiento y facultades del Consejo Superior de Salud Pública (Art. 1)

### **Sección siete: Saneamiento del ambiente urbano y rural**

Art. 56.- El Ministerio, por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud, desarrollará programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr para las comunidades:

- a) El abastecimiento de agua potable;
- b) La disposición adecuada de excretas y aguas servidas;
- c) La eliminación de basuras y otros desechos;
- ch) La eliminación y control de insectos vectores, roedores y otros animales dañinos;
- d) La higiene de los alimentos;
- e) El saneamiento y buena calidad de la vivienda y de las construcciones en general;
- f) El saneamiento de los lugares públicos y de recreación;
- g) La higiene y seguridad en el trabajo;
- h) La eliminación y control de contaminaciones del agua de consumo, del suelo y del aire;
- i) La eliminación y control de otros riesgos ambientales.

Art. 57.- El Ministerio por medio de sus organismos tendrá facultades de intervención y control en todo lo que atañe a las actividades de saneamiento y obras de ingeniería sanitaria.

Art. 58.- El Ministerio tiene facultades, en caso de grave riesgo para la salud, inspeccionar por medio de sus delegados el interior de casas, locales, predios públicos y privados. Los moradores, dueños y demás personas que tengan a cargo dichos inmuebles están en la obligación de permitir su acceso.

Los que contravengan lo dispuesto en este artículo incurrirán en las penas que este Código señale o lo que sus reglamentos establezcan.

Art. 59.- Cuando se comprobaren deficiencias higiénicas o de saneamiento, el Ministerio ordenará a quien corresponda proceder a subsanar o corregir tales deficiencias.

Art. 60.- El Ministerio exigirá a los organismos competentes

la demolición de las edificaciones que constituyan grave riesgo para la salud de las personas, cuando las mismas se encuentren en pésimo estado o afecten la salud física o mental o que amenacen ruinas por condiciones que no admitan reparación.

#### ***Sección nueve: baños públicos***

Art. 66.- El Ministerio controlará; la construcción, instalación y funcionamiento de piscinas públicas y privadas playas y balnearios marítimos; acustres y de ríos; al igual que baños públicos de agua corriente termales y medicinales. La construcción y funcionamiento de estos establecimientos serán determinados en el reglamento respectivo.

Art. 67.- Se prohíbe descargar residuos de cualquier naturaleza, aguas negras y servidas en acequias, quebradas, arenales; barrancas; ríos, lagos, esteros; proximidades de criaderos naturales o artificiales de animales destinados a la alimentación o consumo humano, y cualquier depósito o corriente de agua que se utilice para el uso público; consumo o uso doméstico, usos agrícolas e industriales, balnearios o abrevaderos de animales, a menos que el Ministerio conceda permiso especial para ello.

Art. 68.- Las aguas provenientes de cloacas, desagües y otras presumiblemente contaminadas, no podrán destinarse a la crianza de especies acuáticas comestibles ni al cultivo de vegetales y frutas que suelen ser consumidas sin cocimiento.

Art. 69.- Se prohíbe descargar aguas servidas y negras en las vías públicas, parques, predios públicos y privados y en lugares no autorizados para ello.

Art. 70.- Es obligación de todo propietario o poseedor de inmueble ubicado en el radio urbano con redes públicas de agua potable y cloacas, instalar los correspondientes servicios conectados a esas redes siempre que estas quedaren a una distancia de cien metros, con facilidades de conexión. En caso contrario deberá disponerse por algún sistema autorizado por el Ministerio, que garantice la salud de los moradores.

Art. 71.- En las escuelas, colegios, cuarteles, mercados; hoteles; moteles y otros lugares similares, establecerán los servicios sanitarios necesarios que recomiende el Ministerio de acuerdo con el número de usuarios y áreas utilizables.

Art. 72.- La construcción o adaptación de viviendas destinadas a arrendamiento colectivo, deberán cumplir los requisitos exigidos por el Ministerio en relación con la cantidad y calidad de los servicios sanitarios.

Art. 73.- Un reglamento determinará las condiciones técnicas de la eliminación y disposición de excretas y de las aguas negras, servidas e industriales.

***Sección diez: basura y otros desechos***

Art. 74.- Corresponde al Ministerio la autorización de la ubicación de los botaderos públicos de basura y su reglamentación.

Art. 75.- Todo edificio o local de uso público debe mantenerse limpio conforme a las instrucciones que dicte la autoridad de salud correspondiente.

Art. 76.- Los propietarios, poseedores o detentadores de predios baldíos y de sitios o locales abiertos en sectores urbanos, deberán cerrarlos para evitar que se conviertan en fuentes de infección.

Art. 77.- Los establecimientos que produzcan desechos que por su naturaleza o peligrosidad no deben entregarse al servicio público de aseo deberán establecer un sistema de tratamiento o autorizado por el Ministerio.

Art. 78.- El Ministerio, directamente o por medio de los organismos competentes tomará las medidas que sean necesarias para proteger a la población de contaminantes tales como: humo, ruidos, vibraciones; olores desagradables, gases tóxicos; pólvora u otros atmosféricos.

***De las Infracciones y Sanciones:*** Art. 278.- Infracción contra la salud es toda acción u omisión que viole las disposiciones, prohibiciones y obligaciones establecidas en el presente Código y sus Reglamentos.

Art. 279.- Las infracciones a las disposiciones del presente Código y sus Reglamentos, se clasifican en tres categorías: graves, menos graves y leves.

### 9.3 Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente

**Objeto:** El presente Reglamento General tiene por objeto desarrollar las normas y preceptos contenidos en la Ley de Medio Ambiente, a la cual se adhiere como su instrumento ejecutorio principal según el Artículo 1.

**Criterios de uso para la protección del recurso hídrico:** Art. 69 El uso del agua de las cuencas hidrográficas y mantos acuíferos, debe basarse en la calidad y la disponibilidad del recurso, así como en enfoques de su uso sostenible, tomando en consideración los siguientes criterios:

- a. Los usos de las aguas lluvias, superficiales, subterráneas y costeras de la cuenca, deben planificarse sobre la base de evaluaciones de la cantidad y calidad del agua;
- b. El agua utilizada para el consumo humano, con fines energéticos, domésticos, industriales, turísticos, pecuarios, agrícolas, pesqueros y de acuicultura, no debe exceder los límites necesarios para el mantenimiento de los ecosistemas de la cuenca;
- c. El agua utilizada para el mantenimiento de los ecosistemas de humedales, no debe exceder los límites necesarios para el funcionamiento de éstos.
- d. La calidad y cantidad del agua para los diferentes usos, incluido el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, deberá estar sujeta a las prácticas correctas de uso y de disposición del recurso hídrico;
- e. Con el propósito de mantener el nivel freático de cualquier acuífero, la tasa de bombeo permitido deberá ser calculada con base en la tasa de recarga natural del agua subterránea; y
- f. Se deberá promover la formulación y la implementación de políticas e incentivos que propicien la utilización sostenible del agua y del suelo que la contiene.

**Participación de usuarios del recurso hídrico:** Art. 70 Con la finalidad de garantizar la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, deberá existir una activa participación de los usuarios, para lo que será necesario:

- a. Incentivar el uso y el aprovechamiento del agua, de acuerdo a la legislación vigente, como una manera de consolidar la capacidad de las comunidades de utilizar los recursos hídricos de manera sostenible;
- b. Asignar prioridad en la utilización eficiente del agua, considerando la valoración económica del recurso dentro de un uso determinado; y
- c. Incentivar el uso de tecnologías limpias en los procesos productivos, con el objeto de optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico.

**Descargas en aguas marítimas:** Art. 75. Toda actividad que conlleve descargas de desechos en las aguas marítimas o en zonas contiguas o adyacentes a la costa, deberá cumplir con las normas técnicas correspondientes.

***Del derecho de aprovechamiento de las aguas:*** Art. 96 El aprovechamiento de las aguas es un derecho que podrá ser otorgado cuando su uso esté en armonía con los ecosistemas, el interés social, la utilidad y el desarrollo del país y esté sujeto a las condiciones y limitaciones previstas en la normativa correspondiente.

***Permiso Ambiental para el aprovechamiento del agua:*** Art. 97. Para el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos nacionales, constituidos por aguas superficiales y subterráneas, corrientes o detenidas, incluyendo sus cauces, se deberá obtener el Permiso Ambiental correspondiente de conformidad a los Arts. 62 y 63 de la Ley.

***Control sobre el uso y el goce de las aguas:*** Art. 98 La autoridad competente, emitirá las medidas pertinentes, de oficio o a petición de parte, para el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas nacionales, así como las derivaciones que benefician a varios predios o empresas.

***Prioridad de los derechos de aprovechamiento:*** Art. 99. Para el otorgamiento de todo Permiso o Licencias de derechos de aprovechamiento de una misma fuente de agua, el Ministerio se someterá a lo dispuesto en los Arts. 62 y 63 de la Ley y de las correspondientes regulaciones sobre agua, conformándose en el proceso de otorgamiento de Permisos y Licencias en la materia, los mecanismos de asignación económica, dentro de los cuales el manejo deberá priorizar el consumo humano.

***Gestión de los ecosistemas acuáticos:*** Art. 100. Para la gestión de los ecosistemas acuáticos, el Ministerio requerirá:

- a. Localización, calidad y cantidad de agua;
- b. Origen, tipo y volumen de agentes contaminantes;
- c. Efectos de los contaminantes sobre el uso del agua;
- d. Antecedentes históricos y medidas de regulación;
- e. Crecimientos social y económico y su impacto sobre calidad y cantidad del agua; y
- f. Cualquier otra medida que contribuya a mejorar el conocimiento y el manejo sobre el recurso, de conformidad a la Ley y al presente Reglamento.

***Gestión del agua:*** Art. 101. La gestión del agua debe basarse en:

Cambios de sistemas y procesos, tanto en la administración del uso de aguas municipales, como en las industrias;

El diseño, la construcción y la operación de sistemas colectores de aguas negras y desperdicios, así como la instalación de plantas de tratamiento de aguas urbanas e industriales;

Medidas para la protección y aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Medidas efectivas de control para eliminar o reducir la descarga de cualquier tipo de contaminantes; y

Construcción de infraestructura para mantener condiciones ambientales aceptables.



#### 9.4 Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental

**Objeto:** El presente Reglamento tiene por objeto determinar los lineamientos o directrices para el establecimiento de las normas técnicas de calidad ambiental en los medios receptores y los mecanismos de aplicación de dichas normas, relativo a la protección de la atmósfera, el agua, el suelo y la biodiversidad según el Artículo 1.

**Límites de Vertidos y Emisiones:** Art. 6: A efecto de establecer las acciones de prevención, atenuación o compensación a que se refiere el Art. 20 de la Ley de Medio Ambiente, el titular de cualquier actividad, obra o proyecto de las establecidas en el Art. 21 de la misma, deberá incorporar al Estudio de Impacto Ambiental respectivo, lo siguiente:

1. Determinación de las características físico químicas y biológicas del ecosistema y del medio receptor, en el área de influencia de la actividad, obra o proyecto, según lo establecido en los lineamientos técnicos y específicos dictados por el Ministerio para los estudios correspondientes;
2. Determinación del tipo, calidad y cantidad de los vertidos o emisiones de la actividad, obra o proyecto y la evaluación técnica de los mismos. Se deberá considerar la minimización de la generación de los vertidos o emisiones con el propósito de prevenir la contaminación en los diferentes medios, y
3. Determinación de los impactos ocasionados por el vertido o emisión en el ecosistema y el medio receptor en el área de influencia de la actividad.

**Alcance del Permiso Ambiental:** Art. 7: Lo establecido en el artículo anterior servirá para definir los límites permisibles de vertidos o emisiones que serán autorizados por el Ministerio, dentro del correspondiente Permiso Ambiental, para su aplicación en el Programa de Adecuación o de Manejo Ambiental.

En ningún caso los límites permitidos serán superiores a los establecidos en las normas de emisión o vertidos correspondientes, según los límites establecidos en los Arts. 10 y 20 de este Reglamento.

**Determinación del vertido:** Art. 8: En la autorización de vertidos o emisiones por medio del Permiso Ambiental, cuando las condiciones del medio receptor o ecosistema, sobrepasen los límites establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental, deberá considerar límites más estrictos y acciones que promuevan su recuperación.

En caso de que la capacidad de carga del medio receptor o del ecosistema no pudiere ser determinada, la autorización respectiva se fundamentará en lo establecido en la norma de vertido o emisiones y deberá siempre aplicarse las normas de calidad ambiental, según los Arts. 10 y 20 de este Reglamento.

**Calidad del agua como medio receptor:** Art. 19: La norma técnica de calidad del agua como medio receptor, que se establezca de conformidad a lo establecido en este Reglamento, se fundamentará en los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales, según los límites siguientes (ver tabla 11):

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

Tabla 11. Parámetros de Calidad para Cuerpos de Agua Superficiales.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>LÍMITE</b>
Bacterias	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000. UFC por 100 ml de muestra analizada.
Coliformes Totales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000. UFC por 100 ml de muestra analizada.
Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000. UFC por 100 ml de muestra analizada.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5)	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
Oxígeno disuelto	Igual o mayor de 5 mg/L
pH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de pH el valor ambiental natural.
Turbiedad	No deberá incrementarse más de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor.
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor.
Toxicidad	No debe exceder de 0.05 mg/L de plaguicidas órgano clorados.

En cumplimiento del Art. 43 de la Ley de Medio Ambiente, el Ministerio, en coordinación con las instituciones competentes, vigilará la calidad del recurso agua como medio receptor mediante un programa sistemático de monitoreo bajo los lineamientos técnicos que establezca con la participación del Concejo.

**Aguas Residuales:** Art. 20: Para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este Reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.

**Determinación de parámetros:** Art. 21: En aplicación del Art. 43 de la Ley de Medio Ambiente, el Ministerio, junto a las entidades competentes, establecerá los programas de muestreos y análisis para la determinación de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, los cuales deberán efectuarse aplicando métodos normalizados por el Concejo en coordinación con el Ministerio.

**Aguas subterráneas:** Art. 22: En base al Art. 42 de la Ley de Medio Ambiente, los titulares de obras, proyectos o actividades establecidas en el Art. 21 de la misma, en todos los casos de aguas residuales que puedan afectar la calidad de las aguas subterráneas, deberán considerar en el Estudio de Impacto Ambiental y en el Permiso Ambiental correspondiente la protección y sostenibilidad del recurso.

## 9.5 Reglamento Especial de Aguas Residuales

**Objeto:** El Reglamento de Aguas Residuales tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación según versa en su Artículo 1.

Las disposiciones del presente Reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la procedencia y destino de las aguas residuales; sin perjuicio de las normas contenidas en la Ley de Medio Ambiente, en lo sucesivo la Ley, y sus demás reglamentos así lo hace ver el Artículo 2.

## 9.6 Norma Obligatoria Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor

**Objeto:** Esta norma es la NSO 13.49.01:09 y establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

**Campo de aplicación:** Esta norma se aplica en todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros. El aprovechamiento del suelo como elemento para el re-uso o tratamiento de las aguas residuales queda sujeto a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, los respectivos permisos ambientales emitidos y la norma de Re-uso de Aguas Residuales que se adopte.

Tabla 12: Valores máximos de parámetros de aguas residuales ordinarias, descargadas a un cuerpo receptor.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/l)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO	150	60	1	60	20

Tabla 13: Valores máximos de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial a un cuerpo receptor.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO <sub>5,20</sub> (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
<b>I. ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL</b>					
1. Producción agropecuaria <sup>1)</sup>	800	300	15	150	50
2. Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes	400	200	15	125	50
3. Procesamiento de camarón, mariscos en forma congelada	750	250	15	350	130
4. Enlatados de mariscos y fabricación de sus harinas	300	150	15	100	50
5. Productos avícolas	800	300	15	150	50

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>DBO<sub>5,20</sub> (mg/l)</b>	<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	<b>Aceites y grasas (mg/l)</b>
6. Porcicultura	1800 <sup>2)</sup>	300	15	150	50
7. Procesamiento del atún y sus derivados	1800	600	15	350	50
<b>II. PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL</b>					
1. Productos de molinería	400	200	15	200	50
2. Beneficiado de café	2500 <sup>2)</sup>	2000 <sup>2)</sup>	40	1000	30
3. Fabricación de productos de panaderías	250	200	15	70	100
4. Fabricas y refineries de azúcar	600	400	30	150	30
5. Fabricación de chocolate y artículos de confitería, procesamiento de cacao	400	250	15	150	100
6. Elaboración de alimentos preparados para animales	250	60	15	100	50
7. Industria del tabaco	100	60	15	60	20
<b>III. GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES</b>					
1. Extractoras de aceites y grasas	700	400	15	150	200
2. Refinadora de aceites y grasas	300	150	15	100	200
<b>IV. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LÍQUIDOS ALCOHÓLICOS, TABACO Y SUCEDÁNEOS</b>					
1. Fabricación de productos lácteos	900	600	75	300	75
2. Envasado y conservación de frutas y legumbres, incluyendo la elaboración de jugos	400	150	15	150	60
3. Elaboración de productos alimenticios diversos	400	150	15	150	45
4. Destilación, rectificación y mezclas de bebidas espirituosas	3500	3000	15	1000	20
5. Bebidas malteadas y de malta	800	260	30	100	30
6. Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	400	200	30	100	30
<b>V. PRODUCTOS MINERALES</b>					
1. Extracción de minerales no ferrosos	100	60	15	100	20
2. Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	300	100	15	100	20
3. Fabricación de vidrio y productos de vidrio	100	60	15	40	30
4. Fabricación de productos minerales no metálicos	100	60	15	100	20
5. Industrias básicas de hierro y acero	200	60	10	30	30
6. Industrias básicas de metales no ferrosos	200	60	10	30	30

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>DBO<sub>5,20</sub> (mg/l)</b>	<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	<b>Aceites y grasas (mg/l)</b>
<b>VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS</b>					
1. Fabricación de abonos	180	60	10	50	30
2. Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio	500	250	15	100	20
3. Fabricación de pinturas, barnices y lacas	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	300	100	15	100	30
5. Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	450	300	15	200	40
6. Refinación y/o Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón	600	200	30	200	30
7. Industrias de llantas y cámaras	100	60	15	60	20
8. Expendios de combustibles	100	60	15	70	20
9. Lavado de vehículos	100	40	15	60	30
10. Lavanderías, tintorerías	300	100	15	100	30
11. Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos	1500	500	15	200	20
12. Fabricación de baterías	400	200	15	800	20
<b>VII. MATERIAS PLÁSTICAS, CAUCHO Y SUS MANUFACTURAS</b>					
1. Fabricación de productos plásticos	100	50	15	60	30
<b>VIII. PIELS, CUEROS, TALABARTERÍA Y PELETERÍA</b>					
1. Curtidurías y talleres de acabado	1500	850	15	150	50
<b>IX. PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN, MANUFACTURAS Y APLICACIONES</b>					
1. Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón	350	200	15	300	20
2. Fabricación de envases y cajas de cartón	400	150	15	100	30
3. Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	400	150	15	100	30
<b>X. MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS</b>					
1. Hilados, tejidos y acabados textiles	400	200	15	150	35
<b>XI. CALZADO Y ARTÍCULOS ANÁLOGOS</b>					
1. Fabricación de productos de cuero y artículos sucedáneos de cuero	180	60	15	60	30
<b>XII. PERLA, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS</b>					
1. Fabricación de joyas y artículos conexos	300	100	15	100	30

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>DBO<sub>5,20</sub> (mg/l)</b>	<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	<b>Aceites y grasas (mg/l)</b>
<b>XIII. METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS</b>					
1. Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería	300	100	15	100	30
2. Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	300	100	15	100	30
3. Fabricación de productos metálicos estructurales	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos metálicos exceptuando maquinaria y equipo	300	100	15	100	30
<b>XIV. MAQUINARIA Y APARATOS, MATERIAL ELÉCTRICO Y MANTENIMIENTO</b>					
1. Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
2. Construcción de materiales y equipos especiales para las industrias, excepto la maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
3. Construcción de maquinas y aparatos eléctricos industriales	300	100	15	100	30
4. Fabricación y reparación de automóviles, motocicletas	300	100	15	100	30
5. Fabricación de equipos para diferentes usos	300	100	15	100	30
6. Fabricación de instrumentos de música	300	100	15	100	30
7. Fabricación y ensamble de componentes electrónicos.	1500 <sup>2)</sup>	100	15	100	30

<sup>1)</sup> No estarán incluidas en esta actividad las ya expuestas en la tabla.

<sup>2)</sup> Siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

Dependiendo del tipo de industria o actividad productiva, la caracterización del vertido deberá incluir, además de los análisis descritos en las tablas 12 y 13, otros parámetros de calidad para determinar y controlar la presencia de los contaminantes en las aguas residuales, descritos en la tabla 14 a continuación, de conformidad con la clasificación de actividades contenidas en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, emitido por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

Tabla 14. Parámetros Complementarios sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES
Aluminio (Al)	mg/l	5
Arsénico (As)	mg/l	0,1
Bario total (Ba)	mg/l	5
Berilio (Be)	mg/l	0,5
Boro (B)	mg/l	1,5
Cadmio (Cd)	mg/l	0,1
Cianuro total (CN <sup>-</sup> )	mg/l	0,5
Cinc (Zn)	mg/l	5
Cobalto (Co)	mg/l	0,05
Cobre (Cu)	mg/l	1
Coliformes fecales	NMP/100ml	2 000
Coliformes totales	NMP/100ml	10 000
Color		1)
Compuestos fenólicos sintéticos	mg/l	0.5
Cromo hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	mg/l	0,1
Cromo total (Cr)	mg/l	1
Detergentes (SAAM)	mg/l	10
Fluoruros (F <sup>-</sup> )	mg/l	5
Fósforo total (P)	mg/l	15
Organofluorina	mg/l	0.1
Fosfatina	mg/l	0.1
Benzimidazol	mg/l	0.1
Piretroides	mg/l	0.1
Bipiridilos	mg/l	0.1
Fenoxi	mg/l	0.1
Triazina	mg/l	0.1
Fosfónico	mg/l	0.1
Hierro total (Fe)	mg/l	10
Litio (Li)	mg/l	2
Manganeso total (Mn)	mg/l	2
Materiales flotantes	mg/l	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/l	0,01
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,1
Níquel (Ni)	mg/l	0,2

**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO ACELHUATE.**

PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES
Nitrógeno total (N)	mg/l	50
Organoclorados	mg/l	0,05
Organofosforados y Carbamatos	mg/l	0,1
pH	Unidades	5,5 – 9,0 <sup>2)</sup>
Plata (Ag)	mg/l	0,2
Plomo (Pb)	mg/l	0,4
Selenio (Se)	mg/l	0,05
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	1000
Sustancias radiactivas	-	0
Temperatura	°C	20-35 °C <sup>3)</sup>
Turbidez (Turbiedad)	NTU	<sup>4)</sup>
Vanadio (V)	mg/l	1

- <sup>1)</sup> Efluente líquido no deberá incrementar color visible al cuerpo receptor.
- <sup>2)</sup> El valor de pH 5,5-9,0 aplica para descargas en aguas límnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.
- <sup>3)</sup> En todo caso la temperatura del H<sub>2</sub>O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.
- <sup>4)</sup> No se incrementará en 5 Unidades la turbidez del cuerpo receptor.

**9.7 Normas Técnicas para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras**

**Objeto:** Los propósitos fundamentales de las normas técnicas son contribuir a reducir la contaminación ambiental y el desbalance ecológico, satisfacer la demanda creciente de agua potable, proteger los recursos naturales y reducir los múltiples daños derivados de la estructura epidemiológica de las enfermedades transmisibles relacionadas con el saneamiento básico.

**Alcances:** Las normas cubren el diseño de los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras. Las Normas son aplicables a proyectos urbanos y suburbanos y son exigidos por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA) y demás entidades del gobierno.

**9.8 Norma para Regular la Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario**

Acta No. 1937, Punto XIV de fecha 15 de octubre de 2004, elaborada por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), tiene por objeto regular las descargas de aguas residuales para proteger los sistemas de alcantarillado sanitario y evitar las interferencias con los tratamientos biológicos.



**ANÁLISIS RÁPIDO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO  
ACELHUATE.**

---

Esta Norma establece que los niveles máximos permisibles de los parámetros regulados por ésta deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos o adecuación de procesos. Para alcanzar dichos niveles no serán permitidas las siguientes descargas:

- Sustancias químicas, tales como plaguicidas y productos farmacéuticos no regulados en esta Norma.
- Elementos sustancias radioactivas en cantidades y concentraciones que infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto por las autoridades competentes.
- Residuos provenientes de establecimientos hospitalarios, clínicas, laboratorios clínicos y otros similares que no posean tratamientos especiales para eliminar los desechos biológicos infecciosos.

Los análisis básicos que deben determinarse y los valores máximos permisibles, se presentan a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15. Valores máximos permitidos para descargas en el alcantarillado sanitario.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE	REFERENCIA MÉTODO DE ANÁLISIS	
			STANDARD METHODS	ASTM
DBO5	mg/l	400	5210	-
DQO	mg/l	1,000	5220	-
pH*		5.5 – 9.0	4500 – H+	D1293 – 84 (1990)
Aceites y grasas	mg/l	150	5520	D3521 – 85 (1990)
Sólidos sedimentables	ml/l	20	2540 F	-
Sólidos suspendidos totales	mg/l	450	2540	-
Temperatura *	°C	20 – 35	2550	-

\* Estos parámetros deben ser determinados in situ.

Los análisis deberán ser realizados en laboratorios debidamente acreditados por el CONACYT o por organismos internacionales.

Las frecuencias de muestreo son establecidas en base del caudal tratado por la planta, para los parámetros de temperatura, pH, sólidos sedimentables y medición del caudal; para caudales entre 10 – 100 m<sup>3</sup>/día se establece una frecuencia semanal y para el resto de los parámetros obligatorio semestral.

Esta Norma también establece que para los casos de procesos que generen un efluente con características constantes a los largo del día, deberán tomarse muestras compuestas por un mínimo de tres muestras simples. Además el responsable de la descarga deberá presentar cada año un informe operacional, a partir de la fecha de emisión del permiso.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH). Documento Básico No. 12. Vol. 1 y 2. Recursos y Demandas Potenciales en la Región “A”, Cuenca Alta. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dirección General de Recursos Naturales. Enero de 1981.
- Evaluación de la Calidad del Agua del Río Acelhuate para el año 2010, Dirección General del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Servicio Hidrológico Nacional, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Año 2010.
- VI Censo Nacional de Población y V de Vivienda, Año 2007, Dirección General de Estadística y Censo, DIGESTYC.
- Ley de Medio Ambiente, DIARIO OFICIAL República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador Lunes 4 de Mayo de 1998 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Código de Salud DECRETO N° 955.- LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).
- Reglamento General de Medio Ambiente, marzo de 2000, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998, publicado en el Diario Oficial No. 79, Tomo No. 339, del 4 de mayo del mismo año, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Reglamento Especial de Aguas Residuales, 30 de mayo de 2000, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Norma Salvadoreña Obligatoria de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, El Salvador, Octubre de 1996.
- Normas Técnicas para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras, Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).