

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**



**CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA DISPONIBILIDAD, USO Y
CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LA
SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE**

INGENIERO AGRÓNOMO

RESPONSABLE

GIOVANNI ALEXANDER CERÓN MONTOYA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2006

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



**CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA DISPONIBILIDAD, USO Y
CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LA
SUBCUENCA DEL RÍO ACELHUATE**

**POR
GIOVANNI ALEXANDER CERÓN MONTOYA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA : DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL : LIC. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO : ING. AGR. LIC. JORGE ALBERTO ULLOA ERROA

SECRETARIO : ING. AGR. SANTOS ALIRIO SANDOVAL MONTERROSA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE**

ING. AGR. :ING. AGR. ANTONIO SALOMÓN RIVAS MARTÍNEZ

DOCENTES DIRECTORES

PH. D. :JACQUES IMBERNON

MS. c. ING. : CARLOS ARMANDO VILLALTA

RESUMEN

Los recursos naturales se han visto mermados debido crecimiento demográfico, industrial, agroindustrial, entre otros, el recurso hídrico en El Salvador se encuentra sobre explotado, extrayendo de los manto acuíferos y contaminando las aguas superficiales, uno de los sectores que están causando gran impacto en este recurso es el industrial, el cual debido a los procesos ineficientes que desarrollan generan una gran cantidad de aguas residuales los cuales presentan cantidades variables de contaminantes como aceites, sólidos, entre otros, así como una gran demanda química y bioquímica de oxígeno. Con la caracterización espacial se obtuvo la distribución de la contaminación de las industrias ubicadas en las diferentes subcuencas, municipios y cantones que forman la subcuenca Acelhuate.

Dentro de la subcuenca se ubican 275 empresas las cuales generan un caudal de aguas residuales de 1.804.579.181,00 M²; con una demanda bioquímica de oxígeno de 69.104.135,00 Kg.; una demanda química de oxígeno de 27.545.880,00 Kg. una cantidad de sólidos solubles de 75.977.718,11Kg.; sólidos sedimentables totales de 201.684.974,95 Kg.; una cantidad de aceites de 2.320.953,89 Kg. compuestos de nitrógeno en 18.504.431,45 Kg. y compuestos de fósforo de 1.218.544,14Kg.

De las microcuencas de la subcuenca Acelhuate la que presenta una mayor contaminación de los recursos hídricos es la microcuenca Arenal Montserrat, esta se encuentra alojando un total de 162 empresas, luego se encuentra la microcuenca las cañas con 30 empresas, a continuación se encuentra la microcuenca Tomayate con 60 empresas; para evitar el continuo deterioro de este recurso es necesario el estudio permanente de la calidad del este así como de las diferentes fuentes de contaminación debido al constante crecimiento demográfico y las actividades industriales.

AGRADECIMIENTOS

A **Yahvé Dios**, por haberme dado la vida y puesto en ella a las personas que me han orientado a alcanzar nuevas metas, buscando siempre como meta final la vida eterna.

A mis padres: **Roberto Cerón López y Carmen Alicia Montoya de Cerón**, por ser las personas que siempre han buscado mi superación espiritual y personal.

A mis hermanos: **Anita, Carmen, Rubén, Oscar, Guadalupe, Héctor, Gonzalo, Patricia y Roberto**; por cada momento han dado de su tiempo, para enseñarme, corregirme y orientarme.

A **Enma Rosalina Reyes** y su familia por ser mis mejores amigos y un gran ejemplo de superación, amor y unidad.

A mis Profesores, asesores, compañeros y amigos que han hecho posible la culminación de mi estudios de Ingeniería Agronómica.

DEDICATORIA

A **Yahvé Dios**, por ser el camino, la verdad y la vida, pues sin el no serian posible estas letras.

A mis Padres: **Roberto y Carmen**; a mis hermanos: **Anita, Carmen, Rubén, Oscar, Guadalupe, Héctor, Gonzalo, Patricia y Roberto**; A **Enmita** y a su familia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1 – INTRODUCCIÓN	1
2 – ANTECEDENTES	2
3 – MARCO TEÓRICO	3
3.1 – EL CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRÁFICA	3
3.2 – CLASIFICACIÓN DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA	4
3.3 – CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	4
3.4 – ASPECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	5
3.4.1 – Fuentes de contaminación del agua	5
3.4.1.1 – Fuentes Naturales	5
3.4.1.2 – Fuentes de origen humano	6
3.4.1.2.1 – Industria	6
3.4.1.2.2 - Vertidos urbanos	8
3.4.1.2.3 – Navegación	8
3.4.1.2.4 - Agricultura y ganadería	8
3.5 - CONTAMINANTES INDUSTRIALES	8
3.5.1 - características físicas	8
3.5.1.1 - Sólidos	8
3.5.1.1.1 - Sólidos Totales	8
3.5.1.1.2 - Sólidos Sedimentables.	9
3.5.1.2 - Olores	9
3.5.1.3 - Temperatura	10
3.5.1.4 - Densidad	10
3.5.1.5 - Color	11
3.5.1.6 - Turbiedad	11
3.5.2 - características químicas	11
3.5.2.1 - Constituyentes Orgánicas	11
3.5.2.1.1 - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	12
3.5.2.1.2 - Demanda Química de Oxígeno (DQO)	12
3.5.2.1.3 - Carbono Orgánico Total (COT)	12
3.5.2.1.4 - Demanda Teórica de Oxígeno (DteO)	13
3.5.2.2 - Constituyentes Inorgánicos.	13

3.5.2.3 – Gases	13
3.5.3 - características biológicas	14
4 – MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 – MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADOS	15
4.2 – DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	15
4.2.1 – Recopilación de información	15
4.2.2 – Fase de campo	16
5 – RESULTADOS Y ANÁLISIS	17
5.1 – UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	17
5.2 – CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	19
5.2.1 - caracterización biofísica	19
5.2.1.1 – Clasificación Climática	19
5.2.1.2 – Precipitación Pluvial	19
5.2.1.3 – Temperatura	19
5.2.1.4 – Evapotranspiración potencial (ETP)	20
5.2.1.5 – Humedad Relativa	20
5.2.1.6 – Luz solar	20
5.2.1.7 – Viento	20
5.2.1.8 – Relieve	22
5.2.1.9 – Análisis de pendientes	22
5.2.1.10 – Suelos	22
5.2.1.10.1 – Clasificación de los suelos	24
5.2.1.10.1.1 – Por grupo	24
5.2.1.10.1.1.1 - Aluviales	24
5.2.1.10.1.1.2 - Andisoles	25
5.2.1.10.1.1.3 - Grumosotes	25
5.2.1.10.1.1.4 - Latosotes Arcillo Rojizos	25
5.2.1.10.1.1.5 - Litosoles	25
5.2.1.10.1.2 – por serie	27
5.2.1.10.1.2.1 - Franco arenoso en planicies aluviales	27
5.2.1.10.1.2.2 - Yayantique-Siguatopeque muy accidentado en montaña	27
5.2.1.10.1.2.3 - Yayantique Siguatopeque muy accidentado en	28

	montaña	
	5.2.1.10.1.2.4 - Apopa-Tonacatepeque alomado en terrenos elevados	28
	5.2.1.10.1.3 – Por su capacidad de uso	28
	5.2.1.10.1.3.1 - Suelos de Clase II	29
	5.2.1.10.1.3.2 - Suelos de Clase III	30
	5.2.1.10.1.3.3 - Suelos de Clase IV	30
	5.2.1.10.1.3.4 - Suelos de Clase V	32
	5.2.1.10.1.3.5 - Suelos de Clase VI	32
	5.2.1.10.1.3.6 - Clase VII	32
	5.2.1.10.1.3.7 - Clase VIII	32
5.2.1.11 – geomorfología		32
5.2.1.12 – geología		32
5.2.1.12.1 – litología		33
5.2.1.12.1.1 – formación Cuscatlán		33
5.2.1.12.1.2 – formación san salvador		34
5.2.1.12.1.2.1 - tierras blancas		36
5.2.1.12.1.2.2 - lavas basáltico- adesíticas		36
5.2.1.13 – zonas de vida		36
5.2.1.13.1 – bh-s bosque húmedo subtropical		37
5.2.1.13.2 - bh-s bosque húmedo subtropical. transición a tropical		37
5.2.1.13.3 – bh-s(c) bosque húmedo subtropical		39
5.2.1.13.4 – bmh-s bosque muy húmedo subtropical		39
5.2.1.13.5 - bmh-s bosque muy húmedo subtropical. transición a húmedo		39
5.2.1.14 – uso de suelos		39
5.2.1.15 – red hidrográfica		41
5.2.1.15.1 – conformación de la red hidrológica		42
5.2.2 – caracterización socioeconómica		45
5.2.2.1 – población actual y futura		45
5.2.2.2 - tenencia de la tierra y actividades de la población		46
5.2.2.3 – vivienda		47
5.2.2.4 – educación		47
5.2.2.5 – salud		47

5.2.3 – producción, consumo y contaminación del recurso hídrico	48
5.2.3.1 – producción y consumo de agua en la subcuenca	48
5.2.3.1.1 - oferta de agua potable	48
5.2.3.1.2 – principales sistemas acuíferos	49
5.2.3.1.3 – producción de agua por municipio	49
5.2.3.1.4 – manantiales y pozos	51
5.2.3.1.5 – abastecimiento de agua potable	51
5.2.3.1.6 – consumo de agua por municipio	52
5.2.3.1.7 - usos del agua en la subcuenca	54
5.2.3.1.8 – calidad del agua	56
5.2.3.1.9 – vertidos líquidos o aguas residuales	56
5.2.3.1.10 - empresas que generan aguas residuales en la subcuenca	56
5.2.3.2 – contaminación del recurso hídrico	59
5.2.3.2.1 - caracterización de las aguas residuales de las empresas por municipio	59
5.2.3.1.1.1 – Soyapango	59
5.2.3.1.1.2 – Santa Tecla	60
5.2.3.1.1.3 – San Salvador	61
5.2.3.1.1.4 - Mejicanos	62
5.2.3.1.1.5 – Ciudad Delgado	64
5.2.3.1.1.6 - Ayutuxtepeque	65
5.2.3.1.1.7 - Apopa	66
5.2.3.1.1.8 – Antiguo Cuscatlan	67
5.2.3.2.2 - Caracterización de las aguas residuales de las empresas por cantón	70
5.2.3.2.2.1 - Zacamil	70
5.2.3.2.2.2 - Santa Tecla	70
5.2.3.2.2.3 - Santa Elena	70
5.2.3.2.2.4 - Los Llanitos	71
5.2.3.2.2.5 - Lomas de Candelaria	71
5.2.3.2.2.6 - Puerta de la Laguna	71
5.2.3.2.2.7 - La Labranza	72
5.2.3.2.2.8 - La Ceiba de Guadalupe	72
5.2.3.2.2.9 - El Tejar	72
5.2.3.2.2.10 - El Matazano	72

5.2.3.2.2.11 - El Guaje	73
5.2.3.2.2.12 - El Ángel	73
5.2.3.2.2.13 - Ciudad Capital	73
5.2.3.2.2.14 - Calle Real	74
5.2.3.2.2.15 - Buena Vista	74
5.2.3.2.3 - Caracterización de las aguas residuales de las empresas por microcuenca	75
5.2.3.2.3.1 - Arenal Montserrat	75
5.2.3.2.3.2 - Tomayate	76
5.2.3.2.3.3 – Intercuenca	77
5.2.3.2.3.4 - Matalapa	78
5.2.3.2.3.5 - Las Cañas	78
5.2.3.2.3.6 – Ilohuapa	79
6 – CONCLUSIONES	81
7 – RECOMENDACIONES	82
8 – BIBLIOGRAFIA	83
9 – ANEXOS	84
Anexo 1. Rango de concentración de contaminantes en los municipio	85
Anexo 2. Rango de concentración de contaminantes en las microcuencas	89
Anexo 3. Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección	91
Anexo 4. Decreto N° 50.	93
Anexo 5. Producción de agua por municipio en el gran san salvador	95
Anexo 6. Producción de agua por usuarios en el gran san salvador metros cúbicos año: 2002	96

INDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁG.
1	Principales sustancias contaminantes por sector industrial	7
2	Áreas y porcentajes de los departamentos en la subcuenca	17
3	Descripción de las Formaciones rocosas en la zona de estudio	24
4	Clasificación de suelos por grupo en la zona de estudio	28
5	Usos de suelos en la zona de estudio	41
6	Microcuencas en la zona de estudio	42
7	Longitud de los ríos de la subcuenca Acelhuate	45
8	Población por municipios en la subcuenca Acelhuate	46
9	Consumo de agua por sectores	54
10	Volúmenes de contaminación en aguas residuales industriales en los municipios de la subcuenca Acelhuate	68
11	Concentración de contaminación de las aguas residuales industriales en los municipios de la subcuenca Acelhuate	68
12	Volúmenes de contaminación en aguas residuales industriales en las microcuencas	80

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁG.
1	Mapa de Zona de Estudio	18
2	Municipios de La Subcuenca Acelhuate	21
3	Pendientes Subcuenca Acelhuate	23
4	Mapa Podológico de la zona de estudio	27
5	Mapa de clasificación de suelos por su capacidad de uso	31
6	Litología de la Subcuenca Acelhuate	35
7	Mapa de Zonas de Vida	38
8	Mapa de usos de suelos	40
9	Red Hidrográfica	44
10	Producción de agua en los municipios de la subcuenca Acelhuate	50
11	Consumo de agua en los municipios de la subcuenca Acelhuate	53
12	Uso de fuentes y pozos en la subcuenca Acelhuate	54
13	Empresas por microcuenca en subcuenca Acelhuate	58
14	Mapa de empresas por municipios	63

1 - INTRODUCCIÓN

El Salvador con una extensión territorial e 20,514.57 kilómetros cuadrados y un perímetro de 14,574 kilómetros; de esta extensión el 47.65% pertenece a la cuenca del río Lempa, la más grande del país; de esta cuenca el 0.07% corresponde a la subcuenca del río Acelhuate en la que se encuentra el Área Metropolitana de San Salvador. El río Acelhuate nace en la quebrada el garrobo al sur del municipio de san salvador, luego a su paso por el AMSS recibe las agua de los diferentes tributarios los que a su paso por las zonas urbanas reciben la descarga de las aguas residuales domestica, industriales, desechos sólidos, entre otros, por lo que los niveles de contaminación de sus aguas se encuentran según el Índice de Calidad del Agua realizado por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET, en calidad pésima es decir con valores alrededor de 7.

Una de las fuentes de contaminación de mucha importancia la constituyen las fuentes industriales que como resultado de los procesos ineficientes descargan aguas residuales conteniendo una serie de contaminantes que en la mayoría de los casos no se les da un tratamiento previa.

La contaminación de las aguas tanto subterráneas como superficiales disminuye la disponibilidad para los diferentes usos por lo que en algunos casos las personas utilizan fuentes con alto nivel de contaminación tanto para las actividades domesticas, recreación, consumo, entre otras.

Para asegurar la disponibilidad de este recurso es importante tomar medidas para la conservación y la recuperación de las diferentes fuentes, así como la promoción de un uso adecuado junto una producción limpia en la que se disminuya el volumen de aguas residuales así como la implementación de sistemas de tratamiento eficientes, por ello la identificación de las fuentes de contaminación industrial, su caracterización y su localización espacial representan un paso importante en la búsqueda de soluciones que permitan desarrollo por medio de la utilización de los recursos naturales de manera sostenible.

2 – ANTECEDENTES

El Área Metropolitana de San Salvador abarca el complejo industrial más grande de Centro América (MAG, 1979), y su población representa el 24.1 % del total de la población de El Salvador, aproximadamente 1,235,451 habitantes (UCA – FIAES, 1997).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería a través de la Dirección de Recursos Naturales Renovables y la Administración de Desarrollo de Ultramar presentaron en 1979 La “Propuesta de Plan de Manejo de la subcuenca del río Acelhuate”, el cual tenía entre sus propósitos preparar un proyecto racional basado en la conservación, que permita el uso óptimo de los recursos naturales y provea una base razonable para la regulación de la expansión urbana, controlar la erosión de los ríos, la sedimentación, disminuir el nivel de la contaminación y el diseño de medidas para aumentar la recarga de aguas subterráneas. Así también la UCA – FIAES presentaron el informe titulado “Investigación Aplicada sobre el Impacto Ambiental de la contaminación del agua y Sensibilización social sobre la problemática”, desarrollado en 1996 y “Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos en las cuencas Sucio y Acelhuate y protección de los márgenes del río Sucio” realizado en 1997. Como un intento por valorar la pérdida de la capacidad de renovación hídrica y valorar los niveles de contaminantes que se transportan en aguas subterráneas y superficiales, determinar la vulnerabilidad de los acuíferos a la sobreexplotación y contaminación y estimar los impactos ambientales que se producen en la subcuenca del río Acelhuate.

3 – MARCO TEÓRICO

3.1 – EL CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca es un territorio definido por la línea divisoria de las aguas en la cual se desarrolla un sistema hídrico superficial, formando una red de cursos de agua que concentran caudales hasta formar un río principal que lleva sus aguas a un lago o mar.

Es la unidad base para la planeación del territorio, se le reconoce también, como un área de terreno conformada por un sistema hídrico, el cual tiene un río principal, sus afluentes secundarios, terciarios o de cuarto orden (Ley de Medio Ambiente, 1998)

Álvarez (1986), citado por Quintanilla 2001, define la cuenca hidrográfica como en espacio ambiental delimitado topográficamente que recoge los escurrimientos en una red de drenaje natural tributaria a una desembocadura única e identificable.

La cuenca hidrográfica se define como el territorio o espacio de terreno que esta limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de las cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación o lluvias, forma el escurrimiento de un río, para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar.

La cuenca hidrográfica es un escenario dinámico integrado por los recursos naturales, las actividades que realiza el hombre, infraestructura y medios o servicios para el medio rural y urbano. La intervención humana genera efectos positivos y negativos sobre los recursos y el sistema natural de la cuenca, razón por la cual muchas veces se debe considerar los peligros y riesgos ante eventos externos y fenómenos naturales severos, que están relacionados con los desastres naturales. La cuenca hidrológica es un sistema natural en el cual se producen relaciones, interacciones e interrelaciones. Esta integrada por elementos físicos, biológicos, sociales y económicos, que evolucionan y están en permanente dinámica, en función de las actividades antrópicas.

Básicamente tienen dos elementos estructurales: un área que es el sistema de vertientes y un sistema fluvial de valles con todos sus conformaciones de llanuras, donde recogen finalmente las aguas (Brenes, 1992).

Se considera que la cuenca es un sistema por cuanto tiene entradas y salidas, suceden interacciones y relaciones, ente sus elementos; generando o produciendo resultados dependiendo de la calidad del sistema o de sus elementos o componentes.

3.2 – CLASIFICACIÓN DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

Una cuenca hidrográfica se puede se puede dividir de diferentes maneras, atendiendo el grado de concentración de la red de drenaje, define unidades menores como subcuencas, microcuencas y quebradas.

Según Faustino (1997), las cuencas hidrográficas pueden definirse por el sistema de drenaje y su conducción final, de la siguiente manera: *arréica*, cuando no logran drenar a un río, mar o lago, sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo; *exorreicas*, cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como a un río de mayor caudal o al mar, *criptorréicas*, cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos; y *endorreicas*, cuando sus aguas drenan a un embalse o lago sin llegar al mar.

3.3 – CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La cuenca hidrográfica es un sistema, además su delimitación incluye diferentes características que dependiendo de las condiciones ambientales, de zonas de vida o de ecosistemas, explican y determinan aspectos interesantes para definir su manejo.

La caracterización esta dirigida a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y las condiciones económicas de las comunidades que la habitan.

La planificación participativa para el desarrollo de una agricultura sostenible más sostenible a nivel de cuenca hidrográfica contempla, como un requisito previo, el conocimiento sobre los recursos naturales disponibles en el área. Ello se basa en la premisa sencilla de que para proponer cambios en el uso y manejo de tales recursos hay que conocer, analizar e interpretar lo que existe en el territorio considerado. Este

conocimiento se adquiere a través de levantamiento sobre las variables y características biofísicas del medio comúnmente llamado caracterización biofísica.

3.4 – ASPECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

3.4.1 – Fuentes de contaminación del agua

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

Las fuentes de contaminación en las cuencas en estudio se pueden dividir en dos grandes categorías: Fuentes puntuales y Fuentes no puntuales.

Las puntuales son aquellas que cuentan con un punto de descarga bien definido y generalmente son continuas. Una descarga determinada puede localizarse e identificarse por una tubería o grupo de tuberías. Los dos grupos principales de fuentes puntuales son: Los vertidos municipales: compuestos por descargas de aguas municipales las cuales en su mayoría no han recibido un tratamiento adecuado. Los vertidos industriales: compuestos por descargas de aguas en general con tratamiento primario o ninguno.

Las principales fuentes no puntuales son: agrícolas, forestales, Atmosférica, escorrentía. El aspecto característico de toda fuente no puntual es el origen disperso de la descarga. Esto quiere decir que no es posible relacionar la descarga con un lugar específico y definido. Además, la fuente puede ingresar al río por escorrentía superficial, como es el caso de las descargas agrícolas.

3.4.1.1 – Fuentes Naturales

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

3.4.1.2 – Fuentes de origen humano

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

3.4.1.2.1 – Industria

Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.

En las zonas industriales donde no se emplean procesos húmedos, los valores típicos de caudales en agua residuales oscilan entre 9 y 14m³/hab.día para zonas de escaso desarrollo industrial, y en torno a los 14 y 28 m³/hab.día para zonas con un desarrollo industrial medio. Para las industrias en las que no se reutiliza internamente en el agua, se puede asumir que entre el 85 y 95% del agua empleada en los diversos procesos se convierte en agua residual, mientras que en las grandes industrias con sistemas de reutilización de agua el porcentaje de agua residual se reduce.

Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. A nivel industrial se puede identificar fácilmente los diferentes aspectos que contribuyen considerablemente a la generación de desechos sólidos, gaseosos y líquidos. Así pues, podemos citar las principales fuentes de contaminación industrial que se consideran como determinantes en la generación de residuos y emisiones:

- a) Procesos de Producción
- b) Utilidades o Servicios
- c) Almacenamiento.

En los procesos industriales de producción se realizan diferentes operaciones tanto físicas como químicas, como por ejemplo la realización de una reacción química, el contacto entre fases acuosas y orgánicas, la limpieza de equipos, el tratamiento de superficies, etc., se consideran como puntos de origen de residuos sólidos y líquidos, como también existe la generación de gases que contribuyen a la contaminación de la atmósfera.

Así también el tratamiento de agua para proceso, la generación de vapor para la utilización de algunas etapas del proceso de producción, son algunas de las utilidades o servicios que contribuyen a la contaminación de emisiones gaseosas, líquidas y sólidas.

El almacenamiento de materias primas, productos y subproductos, en condiciones incorrectas de humedad y temperatura, en empaques o embalajes no adecuados o deteriorados, pueden generar desechos contaminantes. Además, se debe incluir el ruido que se genera en la mayoría de procesos de producción, el cual genera problemas de salud a los operarios y a las personas que viven en las comunidades aledañas.

Sector industrial	Substancias contaminantes principales
Construcción	Sólidos en suspensión, metales, pH.
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
Textil y piel	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
Automoción	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
Química Inorgánica	Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos.
Química Orgánica	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
Fertilizantes	Nitratos y fosfatos.
Pasta y papel	Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno.
Plaguicidas	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
Fibras Químicas	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno.
Pinturas, barnices y tintas	Compuestos organoestámicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

Cuadro 1. Principales sustancias contaminantes por sector industrial

3.4.1.2.2 - Vertidos urbanos

La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

3.4.1.2.3 – Navegación

Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.

3.4.1.2.4 - Agricultura y ganadería

Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

3.5 - CONTAMINANTES INDUSTRIALES

Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visible los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo generadas con más eficiencia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados.

3.5.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Entre las características más importantes del agua residual son el contenido de sólidos totales, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Además se incluye el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

3.5.1.1 - Sólidos

3.5.1.1.1 - Sólidos Totales

Se definen como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación a entre 103° C y 105° C, no se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión.

Los sólidos totales pueden clasificarse en Filtrables y No Filtrables (Sólidos en Suspensión) cuando se hace pasar un determinado volumen de un líquido por un filtro. La fracción filtrable de los sólidos corresponde a los sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por partículas de materia de tamaños entre 0.001 y 1 micrómetro. Los sólidos disueltos están conformados por moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución de agua.

Además, cada una de las categorías de sólidos mencionados se clasifican a su vez según la volatilidad que presentan al ser sometidos a una temperatura de $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$. A esta temperatura, la materia orgánica se oxidará y desaparecerá en forma gaseosa, quedando una fracción inorgánica en forma de cenizas. A partir de esto se emplean los términos de “Sólidos Volátiles” y “Sólidos Fijos” para hacer referencia, respectivamente, a la materia orgánica e inorgánica (mineral) de los sólidos en suspensión.

3.5.1.1.2 - Sólidos Sedimentables.

Son aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de 1 hora.

3.5.1.2 - Olores

Los olores se deben a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor desagradable que resulta más tolerante que el agua residual séptica, la cual tiene un olor característico debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de los microorganismos anaeróbicos. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante la etapa de tratamiento.

La influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la persona, la vida y la sociedad; tiene más importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que puedan producir al organismo. Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menor consumo de agua, producir desequilibrios respiratorios, náuseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales.

Para la completa caracterización de un olor, se sugieren cuatro factores independientes: la intensidad, el carácter, la sensación de desagrado y la detectabilidad. Los olores pueden medirse con métodos sensoriales, mientras que los olores específicos pueden medirse con métodos instrumentales.

3.5.1.3 - Temperatura

La temperatura del agua residual es casi siempre más elevada que la del agua de suministro, debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y sus diferentes usos industriales.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos. Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.

El aumento en las velocidades de reacción de las reacciones químicas que es producido por un aumento en la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos son considerados al verter agua caliente a las aguas naturales receptoras, donde es necesario tomar en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además las temperaturas elevadas contribuyen a la proliferación de plantas acuáticas y hongos.

3.5.1.4 - Densidad

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en Kg./m³. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura. En ocasiones se emplea como alternativa a la densidad, el peso específico del agua residual, obtenido como cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua. Ambos parámetros, la densidad y el peso específico, dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual.

3.5.1.5 - Color

Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor. El agua residual reciente suele tener color grisáceo, al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para adquirir finalmente un color negro. Según estas condiciones se clasifica el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. El color del agua residual se debe a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

3.5.1.6 - Turbiedad

Esta se define como la medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua. Es un parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas residuales o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

3.5.2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

3.5.2.1 - Constituyentes Orgánicas

Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro.

Los principales grupos de sustancias orgánicas presente en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites. Otro constituyente es la urea, sin embargo, debido a la velocidad del proceso de descomposición de ésta, raramente se encuentra en las aguas residuales que no sean muy recientes. Además de estos grupos, el agua residual contiene pequeñas cantidades de un gran número

de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser muy simple o extremadamente compleja. Así pues se mencionan los agentes tenso activos, los contaminantes orgánicos prioritarios (con relación a procesos carcinógenos, mutaciones teratomas o alta toxicidad), compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola.

Existen diferentes métodos para determinar concentraciones de material orgánico, los cuales se clasifican en dos grupos: los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores de 1mg/L, y los empleados en determinar las concentraciones trazas para concentraciones en el intervalo de los 0.001mg/L a 1mg/L.

El primer grupo incluye los análisis de laboratorio de:

3.5.2.1.1 - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO a los 5 días (DBO₅) se aplica tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, y está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

3.5.2.1.2 - Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Medida del oxígeno equivalente de la fracción orgánica en la muestra que es susceptible de oxidación por Permanganato o el Dicromato en solución ácida. Este ensayo también se emplea para la medición de materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica.

3.5.2.1.3 - Carbono Orgánico Total (COT)

Este análisis es especialmente indicado para pequeñas concentraciones de materia orgánica. El carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico en presencia de un catalizador, la producción de anhídrido se mide cuantitativamente con un analizador de infrarrojos.

3.5.2.1.4 - Demanda Teórica de Oxígeno (DteO)

Parámetro que se determina a partir de la fórmula de la materia orgánica.

3.5.2.2 - Constituyentes Inorgánicos.

El segundo grupo lo conforman diferentes sustancias inorgánicas. Las concentraciones de éstas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales tratadas o sin tratar que en ella se descargan. Las concentraciones de constituyentes inorgánicos aumentan igualmente, debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua. Entre los constituyentes inorgánicos considerados de mayor importancia se mencionan:

- Concentración de Ion Hidrógeno (pH)
- Concentración de Cloruros
- Concentración de Hidróxidos, Carbonatos y Bicarbonatos (Alcalinidad)
- Concentración de Nitrógeno (forma orgánica, amoniacal, nitrito y nitrato)
- Concentración de Fósforo
- Concentración de Azufre
- Concentración de Compuestos Tóxicos Inorgánicos como el plomo, cobre, plata, cromo, arsénico y boro.
- Concentración de Metales Pesados.

3.5.2.3 - Gases

Como tercer grupo se encuentran los gases. Los que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aeróbicos; éste sólo es ligeramente soluble en agua y los niveles de oxígeno tienden

a ser más críticos en las épocas de verano debido a que la velocidad de reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumentan con la temperatura. El oxígeno evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales.

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al del huevo podrido. El ennegrecimiento del agua residual y el fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro ferroso u otros sulfuros metálicos.

El Metano es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual, este es un hidrocarburo combustible de alto grado energético, incoloro e inodoro.

3.5.3 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos (gusanos).

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. Así pues, los ensayos más habituales para la determinación de la presencia de organismos coliformes son el método de fermentación de tubo múltiple y el método de filtro de membrana.

4 – MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 – Materiales y equipo utilizados

Para la realización de la presente investigación se utilizaron diferentes materiales, así para la fase de gabinete se utilizó la base de datos llamada Inventario de Fuentes Fijas de Contaminación Industrial en El Salvador en el año 2001, desarrollada por Romero, I. M. 2001; así como mapas de sistemas de información geográfica del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; luego para la fase de campo se utilizó un GPS y un listado de las empresas que vierten aguas residuales en los municipios que forman parte de la subcuenca Acelhuate, detallando en ella nombre de la empresa, propietario, dirección, municipio.

4.2 – Descripción de la metodología

4.2.1 – Recopilación de información

Para comenzar la fase de gabinete se depuró la base de datos: Inventario de Fuentes Fijas de Contaminación Industrial en El Salvador, desarrollada por Romero, I. M. 2001; para obtener las empresas de los municipios que forman parte de la subcuenca Acelhuate; a la vez para conocer la situación actual de los recursos naturales y socioeconómicas dentro de la subcuenca se realizó la caracterización biofísica y socioeconómica de la subcuenca a partir de la información de los Sistemas de Información Geográfica del MARN, así como de otros estudios realizados dentro de la subcuenca.

También se recopiló información referente a la contaminación de los recursos hídricos, como fuentes, tipos y efectos de la contaminación en los recursos hídricos.

Además, se delimitó la zona de estudio para la recopilación de la información de los municipios y cantones dentro de la subcuenca, como producción y consumo de agua, población, etc. en instituciones como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Economía, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, PRISMA, ANDA, Etc.

4.2.2 – Fase de campo

La fase de campo consistió en georeferenciar cada una de las empresas que vierten aguas residuales dentro de la zona de estudio, así como verificar la existencia de estas y de las descargas de aguas residuales, para ello visito cada una de las empresas en los meses de junio, julio y agosto.

5 – RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 – UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio esta comprendida dentro de los limites político administrativos de los municipios de Aguilares, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, El Paisnal, Guazapa, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, San Marcos, San Martín, San Salvador, Soyapango, Tonacatepeque; del departamento de San Salvador, ; Antiguo Cuscatlan, Nueva San Salvador, Quezaltepeque, Nueva Cuscatlan; del departamento de La Libertad; Oratorio de Concepción, Suchitoto, San José Guayabal del departamento de Cuscatlan, como se puede ver en la figura 2.

DEPARTAMENTO	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE
CUSCATLÁN	186.51	26.00%
LA LIBERTAD	44.73	6.24%
SAN SALVADOR	486.10	67.76%
TOTAL	717.34	100.00%

Cuadro 2. Áreas y porcentajes de los departamentos en la subcuenca

La subcuenca del río Acelhuate de 717 Km², es decir el 4% del total de la cuenca del río Lempa. Dentro de ella se encuentra la mayor parte del Área Metropolitana de San Salvador, que es el centro urbano más grande e importante de la cuenca del río Lempa y de El Salvador, que alcanza una densidad poblacional de 8750 hab./Km² según en censo de 1992, (Paniagua, 2003).

La zona de estudio colinda al norte con el Embalse Cerrón Grande y el departamento de Chalatenango, al sur con la parte sur del departamento de San salvador y La Libertad, al este con el departamento de Cuscatlán con los municipios de Suchitoto, Oratorio de Concepción, San Bartolomé Perulapia y con los municipios de San Martín e Ilopango del departamento de San Salvador; al oeste colinda con el municipio de El Paisnal del departamento de San Salvador, en la parte media de la subcuenca con el departamento de La Libertad, con los municipios de Quezaltepeque, San Juan Opico, en la parte sur de la cuenca con los municipios de Colón y Nueva San Salvador, como se puede ver en la figura #1.

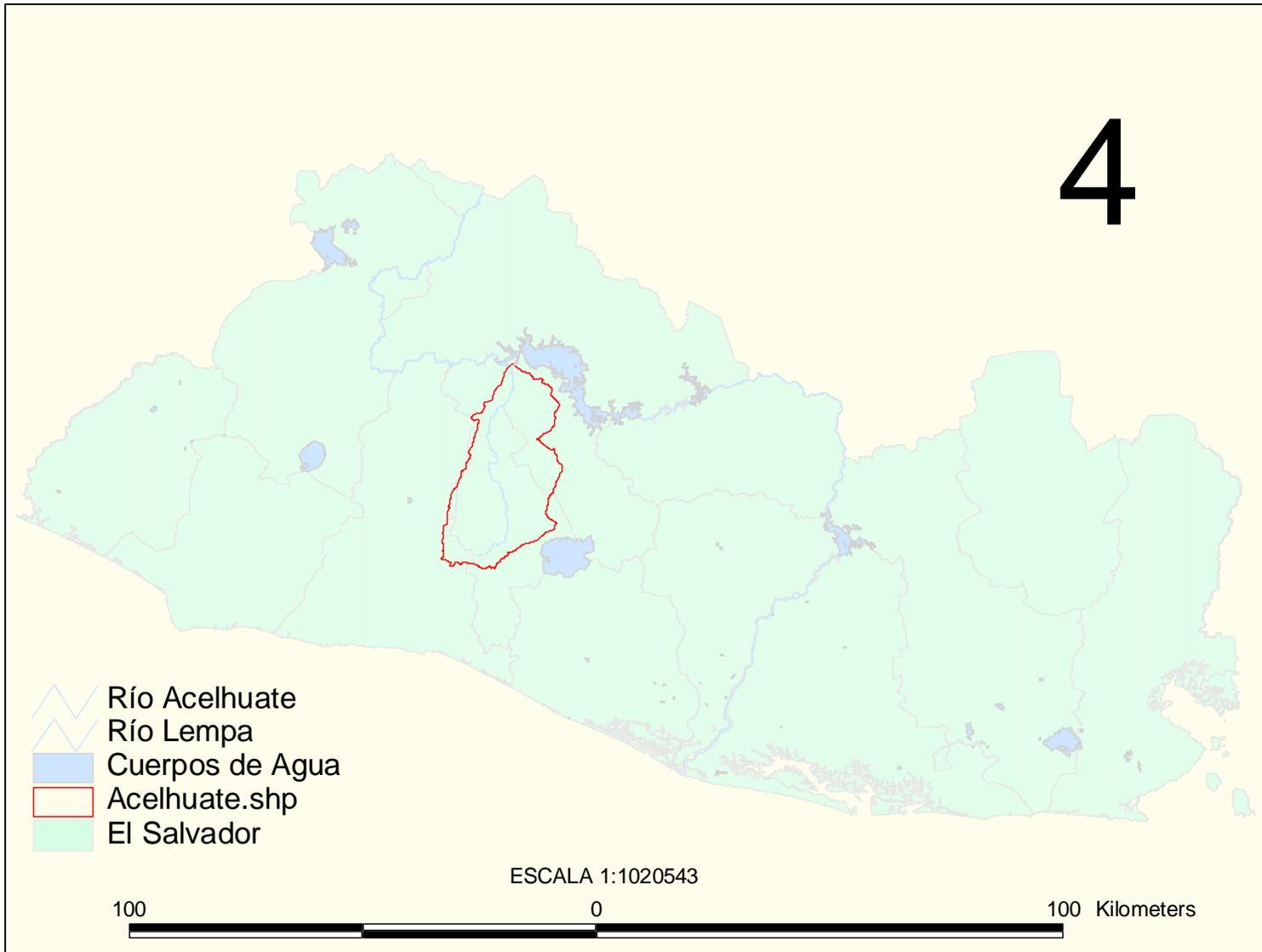


Figura 1. Mapa de Zona de Estudio
Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2 – CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.2.1 - CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

5.2.1.1 – Clasificación Climática

La República de El Salvador se localiza en la parte exterior del cinturón climático tropical, caracterizado por presentar condiciones térmicas similares a lo largo del año; sin embargo, sí que se producen importantes oscilaciones anuales de las precipitaciones a lo largo del año, existiendo dos épocas climáticas muy marcadas: presencia de estación lluviosa (de mayo a octubre) y otra estación seca (de noviembre a abril).

5.2.1.2 – Precipitación Pluvial

Los datos del promedio de precipitación indican un incremento paulatino de estas conforme se acerca a la temporada de lluvias que presentan dos máximos, uno en junio y otro en septiembre, a partir del cual vuelve a decrecer hasta el final de diciembre. La precipitación media anual en la subcuenca varía de 1700 a 2000 mm., siendo la precipitación media de 1800 mm., teniendo valores más altos en los volcanes El Picacho y el cerro de Guazapa, con un desviación estándar de más o menos 200 mm. Más del 90 % del total anual precipita en el periodo mayo-octubre, con lapsos de transición de más o menos un mes entre las estaciones. Durante mayo – octubre, son raros los periodos secos que excedan cinco o más días. Las precipitaciones diarias, también tienden a ocurrir bajo un patrón, el 80% de la precipitación anual se registra entre las 16:00 y 3:00 horas.

Las precipitaciones típicas duran de 30 minutos a 2 horas, con una intensidad máxima de 75 – 37 mm/h respectivamente, con una vez en dos años, más o menos, (MAG, 1979).

5.2.1.3 – Temperatura

A través del año, las temperaturas son uniformes. En las áreas inferiores de la cuenca los registros promedios mensuales son alrededor de los 28 grados centígrados de marzo a mayo, antes que se inicien las lluvias, descendiendo hasta 26° C durante el resto del año. Los terrenos mas altos alrededor de la ciudad de San

Salvador tiene temperaturas medias mensuales de 2 a 3° C mas baja, y la cumbre de El Picacho, a casi 2000 msnm, deberá ser aproximadamente más allá de los 10° C menos. Aunque las diferencias de temperatura estacional son leves las diferencias diurnas son considerables; especialmente en la estación seca la temperatura media máxima en San salvador en diciembre es de 28.8° C y la mínima 16.5° C (MAG, 1979).

5.2.1.4 – Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración constituye un factor de gran importancia para conocer la cantidad de agua infiltrada en el suelo, el estimado medio anual para la evapotranspiración potencial en la subcuenca es de 1800 mm (5 mm/día), el promedio de fluctuación estacional varia de 4.2 – 6.0 mm por día (MAG, 1979).

5.2.1.5 – Humedad Relativa

Este parámetro varía durante el año considerablemente. La humedad relativa media en la estación seca es de más o menos 60 % y en la estación lluviosa hasta del 85 % (MAG, 1979).

5.2.1.6 – Luz solar

El promedio de nubosidad diaria varia desde 2.5 decimos en enero a 7.5 decimos e septiembre, promediando 5.3 decimos para el año. Las horas luz solar alcanzan un equivalente máximo de 10 horas/día en diciembre-enero, descendiendo a un mínimo de 6 horas/día en junio (MAG, 1979).

5.2.1.7 – Viento

Los vientos prevalecientes son occidentales, pero con un componente sureño esporádico por fuertes brisas marinas. En los meses de octubre a enero los vientos norteños son dominantes. La velocidad media anual fluctúa desde 3 m/s en enero a 1.5 m/s en septiembre (MAG, 1979).

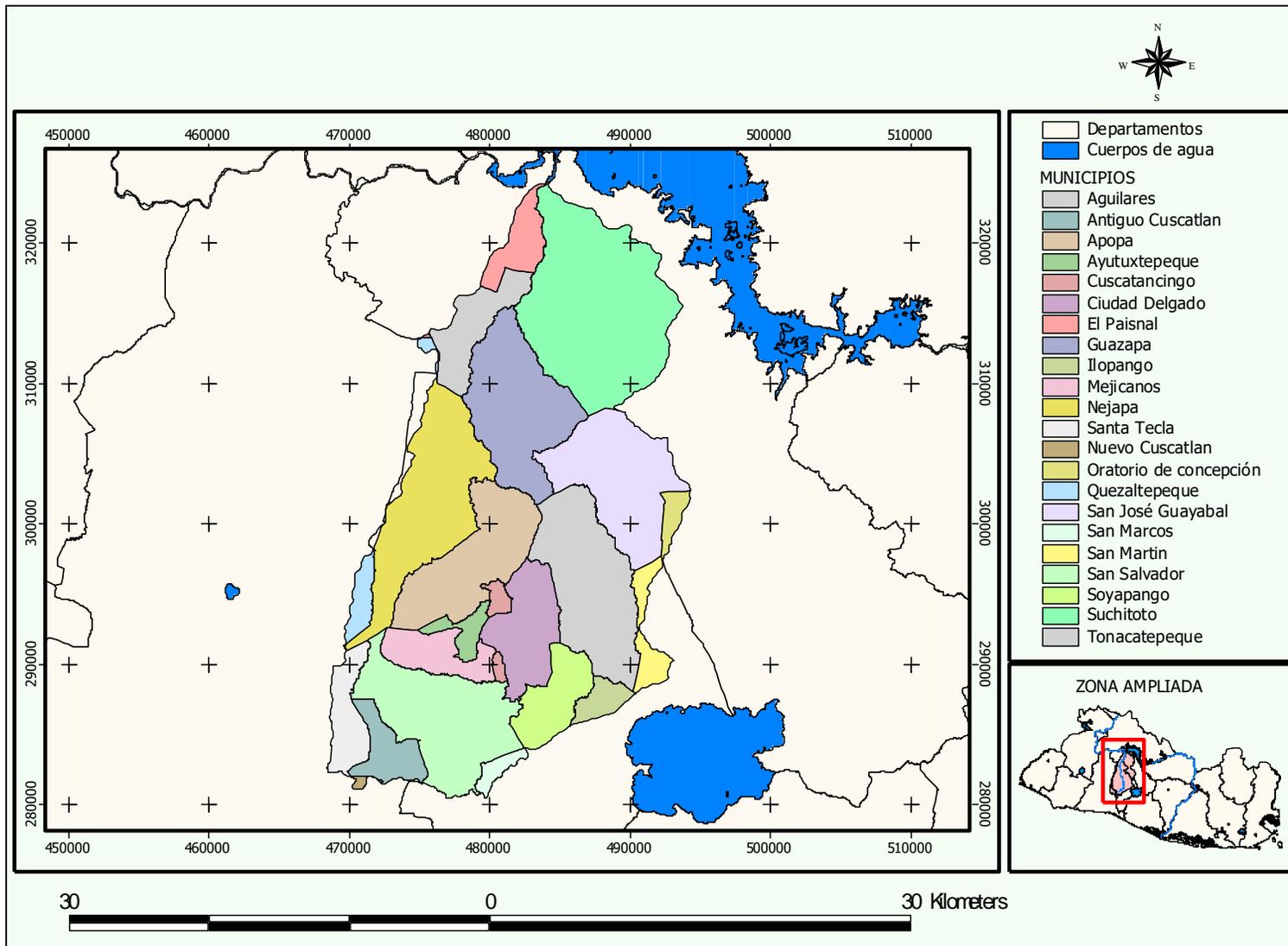


Figura 2. Municipios de La Subcuenca Acelhuate

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.8 – Relieve

El Relieve es un elemento de suma importancia en el análisis de los procesos de inestabilidad gravitatoria de los suelos, ya que determinan en gran medida el comportamiento del agua (procesos de escorrentía, infiltración, etc.) y la formación y evolución de los suelos.

5.2.1.9 – Análisis de pendientes

Se divide la zona de influencia en 5 rangos de pendientes, el primero menos de 15%, con un área de 523.144 Km² lo que representa un 72.94% del área de estudio; el segundo de 15% a 30% de pendiente, con un área de 92.849 Km² correspondiente a 12.95% del área de estudio; la tercera de 30 % a 50 %, con un área de 69.545 Km² ó 9.70 % del área en estudio; la cuarta categoría de 50% a 70%, con un área de 29.019 Km² ó 4.05 % del área y la quinta pendiente arriba de 70% con un área de 2.640 Km² correspondientes al 0.37 % del área en estudio, como se puede apreciar en la figura 3.

5.2.1.10 – Suelos

El origen de los suelos del área metropolitana se encuentra en los depósitos de materiales volcánicos procedentes del complejo volcánico de San Salvador e Ilopango. Estos depósitos volcánicos están formados por tobas y cenizas volcánicas y dan lugar a un grupo de suelos llamados ANDISOLES. Las diferencias entre los distintos tipos de suelos deben buscarse en el diferente tiempo que han tenido para evolucionar, así podemos diferenciar entre suelos jóvenes y medianos.

Jóvenes: 20 – 40 cm. de potencia. Se caracteriza por tener un color oscuro, textura franca y estructura granular, este horizonte se desarrolla sobre capas de ceniza volcánica de color claro con textura franco arenosa fina y sin estructura interna.

Mediados: el horizonte superficial es rico en materia orgánica y presenta una textura franco limosa que puede alcanzar una potencia de 40 cm. o más. Debajo de esta capa superficial se extiende un horizonte rojizo o amarillento con textura franco arcillosa que puede alcanzar de uno a dos metros de potencia.

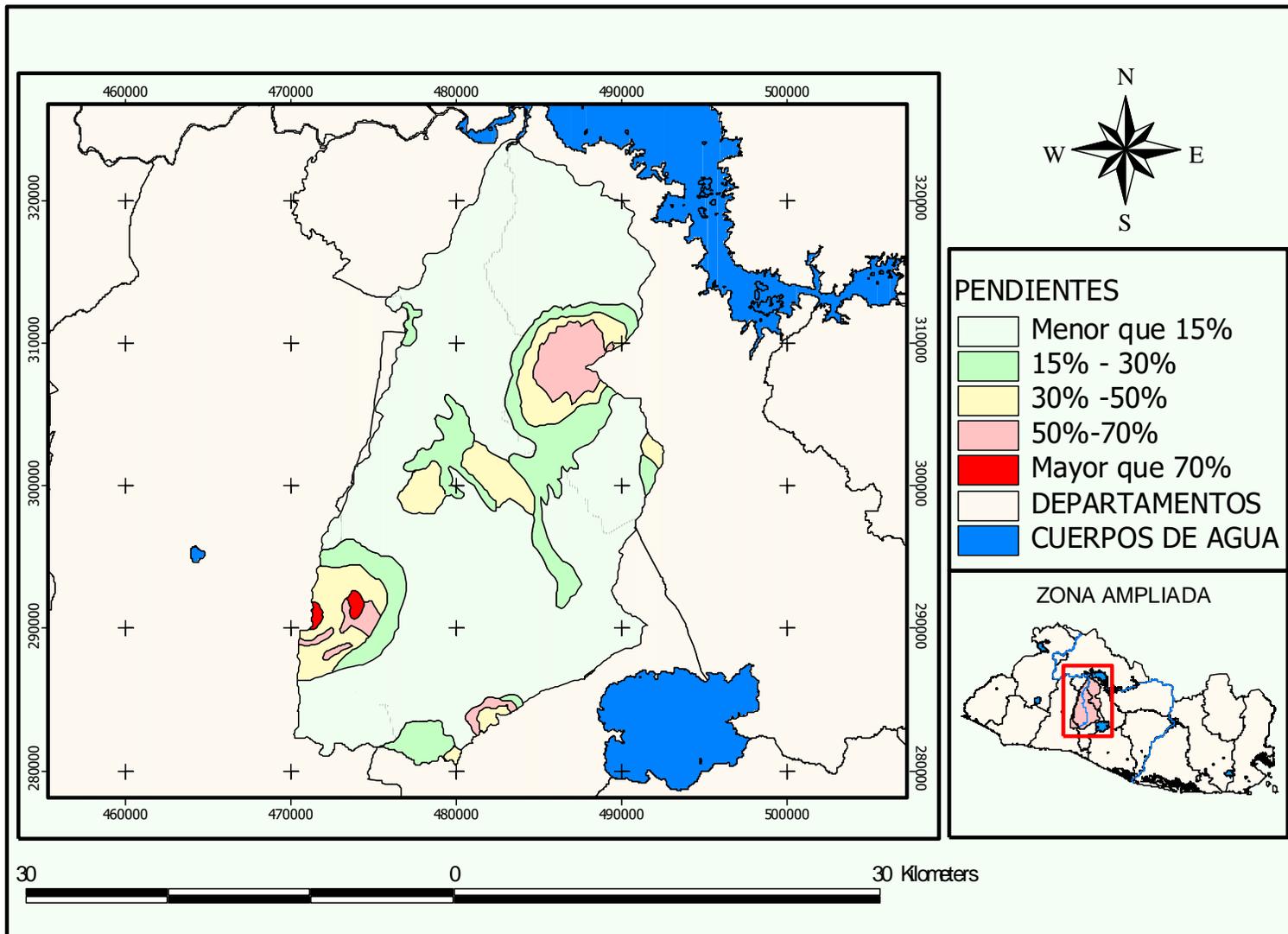


Figura 3. Pendientes Subcuenca Acelhuate
 Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

Entre estos dos horizontes se pueden encontrar capas de talpetate fracturado. El talpetate es por naturaleza impermeable, pero la presencia de fracturas le confiere permeabilidad por fisuración. Al originarse por sedimentación eólica y tracción, estas cenizas ocupan una gran superficie, cubriendo la topografía de toda el área metropolitana como un manto. Por sus características fisicoquímicas estos suelos son aptos para un cultivo intenso. Ahora bien, según su disposición topográfica, es decir según las pendientes en que se depositaron estos suelos, debe considerarse la practicas de medidas de conservación de suelos, contra erosión eólica y la originada por las lluvias y escorrentía superficial y subterránea. Para su preservación se aconseja el taraceado de las pendientes con construcción de drenajes adecuados y en extensiones llanas y abiertas la formación de cortinas rompevientos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FORMACIÓN	ÁREA (KM ²)	% ÁREA
Agua	Agua	Agua	0.00	0.00
B1	Epiclastitas volcánicas, piroclastitas, corrientes de lava intercaladas.	Bálsamo	23.911	3.33
B3	Efusivas andesititas-basálticas.	Bálsamo	35.024	4.88
C1	Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, tobas ardientes y fundidas.	Cuscatlán	161.055	22.45
C1'	Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, tobas ardientes y fundidas, edad de Chalatenango localmente.	Cuscatlán	19.510	2.72
C2	Efusivas ácidas e intermedias-ácidas.	Cuscatlán	5.346	0.75
C3	Efusivas andesititas-basálticas	Cuscatlan	171.176	23.86
Q'f	Aluviones, localmente con intercalaciones de piroclastitas.	San Salvador	11.586	1.62
S2	Efusivas andesititas y basálticas: piroclastitas	San salvador	55.187	7.69
S3	Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café)	San Salvador	90.584	12.63
S4	Piroclastitas ácidas (tierra blanca)	San Salvador	138.025	19.24
S5	Efusivas basálticas	San Salvador	5.945	0.83
TOTAL			717.349	100

Cuadro 3. Descripción de las Formaciones rocosas en la zona de estudio

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.10.1 – Clasificación de los suelos

5.2.1.10.1.1 – Por grupo

5.2.1.10.1.1.1 - Aluviales: Estos se encuentran en la norte de la cuenca, en zonas de pendientes menores de 10% se encuentran ubicados en elevaciones desde 250 a 530 msnm, en los municipios de El Paisnal, Aguilares y Suchitoto correspondientes a las microcuencas de la Esperanza, Los Limones y Anchiotal. Estos ocupan un área de 50.96 Km², correspondiente al 7.10 % del área de estudio.

5.2.1.10.1.1.2 - Andisoles: Estos suelos se encuentran distribuidos en la parte sur de la subcuenca entre las elevaciones de 250 a 1950 msnm, en la mayoría de municipios exceptuando El Paisnal, Aguilares y Suchitoto correspondientes a las microcuencas excepto La Esperanza, Los Limones y Anchiotal. Estos suelos ocupan un área de 360.66 Km², correspondientes a 50.28 % de la zona en estudio.

5.2.1.10.1.1.3 - Grumosotes: Estos suelos ocupan pequeñas áreas en la parte norte la subcuenca con elevaciones de 250 a 530 msnm ubicados en los municipios de Suchitoto, El Paisnal y Aguilares correspondientes a las microcuencas de Los Limones, La esperanza y Anchiotal, estos suelos ocupan un área de 24.72 Km², correspondientes a 3.45 % de la zona en estudio.

5.2.1.10.1.1.4 - Latosotes Arcillo Rojizos: Estos ocupan la parte media de la subcuenca entre los municipios de Nejapa, Aguilares, Guazapa, Suchitoto, San José Guayabal y pequeñas área en Apopa y Oratorio de Concepción, correspondientes a las microcuencas de Guazapa, Los Limones, Anchiotal y pequeñas áreas en Guaycume, Tomayate, Las Cañas y San Antonio, estos suelos presentan pendientes de 0 a 70% en la zona de estudio, estos suelos ocupan un área de 200.90 Km², correspondientes a 28.01 % de la zona en estudio.

5.2.1.10.1.1.5 - Litosoles: Estos suelos ocupan un área de 8.14 Km² correspondiente a 1.14 % de la zona en estudio, se encuentran en los municipios de Nejapa, Quezaltepeque, San Salvador y Santa Tecla, ocupando la parte alta del

volcán de San Salvador, correspondiente a las microcuencas San Antonio, Tomayate y Arenal Montserrat, con elevaciones arriba de 1380 msnm, y pendientes mayores de 30%.

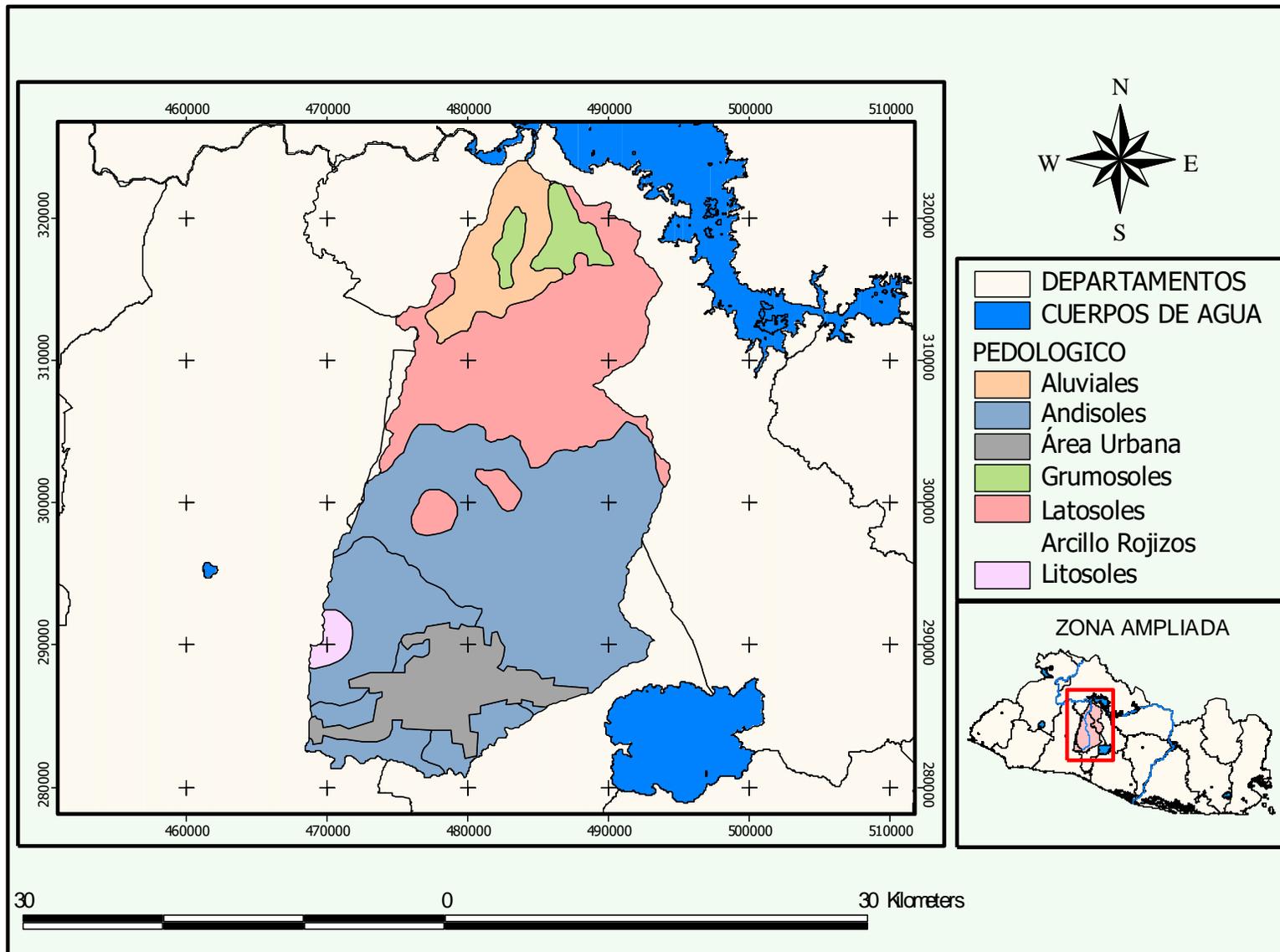


Figura 4. Mapa Podológico de la zona de estudio
 Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA (Km²)	PORCENTAJE
Al	Aluviales	50.96	7.10%
An	Andisoles	360.66	50.28%
	Área Urbana	71.96	10.03%
G	Grumosotes	24.72	3.45%
Lar	Latosotes Arcillo Rojizos	200.90	28.01%
Li	Litosoles	8.14	1.14%
	TOTAL	717.35	100.00%

Cuadro 4. Clasificación de suelos por grupo en la zona de estudio

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.10.1.2 - por serie:

5.2.1.10.1.2.1 - Franco arenoso en planicies aluviales

Comprende una gran planicie aluvial, de relieve nulo y ligeramente diseccionada por algunos ríos, las capas superiores de estos suelos hasta unos 30 cms es de textura franco a franco arenosa de color café grisáceo oscuro y de estructura ligeramente granular. De los 30 cms hacia abajo los suelos más extensivos son de textura arenofrancosas o arenosas y de color que varia de café amarillento o gris olivo pálido hasta un café grisáceo claro. En resumen son suelos profundos, permeables, friables y de baja a moderada capacidad de retención de agua, son suelos con peligro de erosión a este grupo pertenece aproximadamente el 50% de las tierras ubicadas dentro de la cuenca.

5.2.1.10.1.2.2 - Yayantique – Siguatepeque muy accidentado en montaña.

Este tipo de suelo se caracteriza por tener áreas inclinadas y fuertemente diseccionadas en las faldas de las montañas, las pendientes oscilan entre 15 – 40%, las capas inferiores están compuestas de roca basáltica y andesitas bien intemperizadas, el drenaje es bueno a excesivo.

Son suelos pertenecientes a los grupos Latosotes arcillo rojizos y litosoles; el primer grupo es más extenso, tiene suelos moderadamente profundos. Los suelos superficiales son franco arcillosos pedregoso de color café oscuro rojizo. El segundo grupo son suelos pachos pedregosos y con subsuelo de lavas plegadas y poco intemperizadas.

5.2.1.10.1.2.3 - Yayantique Siguatepeque muy accidentado en montaña

Son terrenos montañosos de alto relieve y fuertemente diseccionados, las pendientes varían de 40 – 75 % encontrándose las más fuertes en las quebradas y laderas que son las que forman la red de drenaje, las capas inferiores son predominantemente rocas duras oscuras de origen basáltico y andesítico. Los suelos pertenecen a los grupos de los latosoles arcillo rojizos y litosoles. Son suelos Arcillosos. Rojizos que varían de superficiales a moderadamente profundos, las capas inferiores son lavas plegadas, fracturadas y poco intemperizadas encontrándose también afloramientos de roca.

5.2.1.10.1.2.4 - Apopa – Tonacatepeque alomado en terrenos elevados

Este tipo de suelos se encuentra en antiguas planicies de pie de monte, diseccionadas por quebradas. El relieve es bajo (menos de 5 mts) y las pendientes son de 10 a 20% las capas inferiores están compuestas por tobas duras poco intemperizadas y cenizas blancas y en parte por un suelo rojo arcilloso sobre lavas, el drenaje interno y externo es muy bueno. Los suelos pertenecen principalmente a los grandes grupos regosol y litosol, los primeros poseen una capa superior de 20 – 40 cm de color CEFÉ oscuro, textura franca y estructura granular sobre estratos inferiores friables de ceniza volcánica pomicitica francosa hasta una profundidad de 60 – 100 cm y más.

El segundo grupo se caracteriza por tener estratos de tobas duras y poco permeables a profundidades menores de 50 cm, algunas veces afloran en la superficie estos estratos.

5.2.1.10.1.3 – Por su capacidad de uso

De acuerdo con la clasificación de los suelos realizada para El Salvador según su capacidad de uso, los suelos de la subcuenca del río Acelhuate pueden clasificarse en las siguientes categorías:

5.2.1.10.1.3.1 - Suelos de Clase II: En la zona de estudio 80.317 Km² correspondientes al 11.34% del área total pertenecen a esta clase, estos requieren

prácticas cuidadosas de manejo y moderadas prácticas de conservación, presentando pocas limitaciones de uso en frente a los diferentes tipos de cultivos pudiendo llegar a dar buenos rendimientos en las cosechas.

5.2.1.10.1.3.2 - Suelos de Clase III: A esta clase pertenecen suelos de los suelos de relieve plano de las superficies de explayamiento o abanicos aluviales con pendientes inferiores al 6%. En la zona en estudio solamente 93.792 Km² correspondientes al 13.07% del área total. Los suelos presentan un pH desde ligeramente ácido a ácido, una fertilidad media a alta, textura media susceptible de una producción moderada a alta, con aptitud para los cultivos adaptados a la zona (maíz, arroz, yuca, plátano, cítricos, pastos, palma africana, café).

5.2.1.10.1.3.3 - Suelos de Clase IV: A esta clase pertenecen los suelos de relieve plano ha moderadamente ondulado, con pendientes inferiores al 12%. En la zona de estudio existen 174.649Km² correspondientes al 24.35% del área de estudio. Presentan severas limitaciones a la hora de escoger el tipo de cultivo a realizar, requiriendo, demás cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación.

Estos suelos (andisoles y regosoles) son característicos de zonas onduladas y pies de montes o faldas de los volcanes. Se originaron a partir de cenizas volcánicas pudiendo llegar a ser muy profundos con buen drenaje. Sus texturas son de medias a moderadamente gruesas. Son suelos altamente productivos para todos los cultivos pero deben ser protegidos con esmero ya que son fácilmente erosionables. Sus limitantes se encuentran en la posición fisiográfica que ocupan, en laderas de las cordilleras volcánicas que pueden llegar a tener pronunciadas pendientes y en ocasiones, al asociarse con suelos de tipo latosólico con un porcentaje pedregoso elevado, restando eficiencia al suelo.

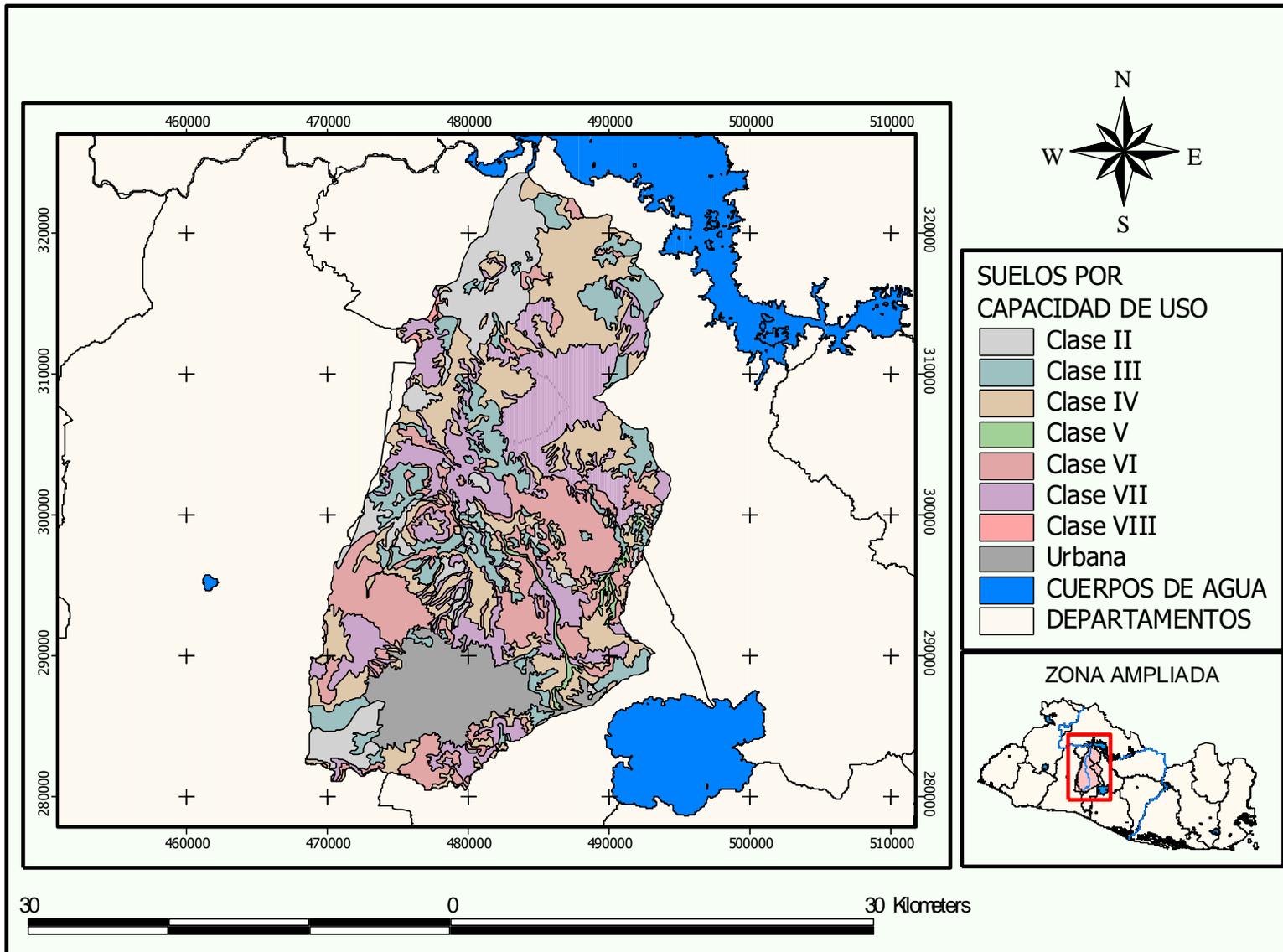


Figura 5. Mapa de clasificación de suelos por su capacidad de uso

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.10.1.3.4 - Suelos de Clase V: A esta clase pertenecen suelos contendientes inferiores a 30 %, en la zona de estudio existen 6.935Km² correspondientes al 0.97% del área de estudio.

5.2.1.10.1.3.5 - Suelos de Clase VI: En la zona de estudio existen 125.473Km² correspondientes al 17.49% del área en estudio. En general, los suelos de esta clase tienen las siguientes características: fertilidad natural de baja a media, generalmente ácidos, de textura muy variable, desde arenosa hasta arcillosa, suelos orgánicos-fibrosos, a menudo con aluminio tóxico alto, suelos frágiles. Su uso se restringe a una gama limitada de cultivos de la zona, como maíz, café, plátano, pastos, yuca.

5.2.1.10.1.3.6 - Clase VII: Agrupa suelos con limitaciones muy severas para la agricultura y su uso se restringe a cultivos de tipo permanente (frutales o bosque) o praderas, los cuales requieren un manejo muy cuidadoso, se distribuyen en las zonas media y alta. Les corresponde un área de 164.225Km² y un 22.89% del área de estudio.

5.2.1.10.1.3.7 - Clase VIII: Agrupa suelos que no permiten el uso agrícola de ningún tipo. Se recomienda que sustenten vegetación de protección permanente. Se localiza principalmente baja, entre los municipios de Aguilares y Quezaltepeque. Les corresponde un área de 0.959 Km² lo que equivale a un 0.13% del área de estudio.

5.2.1.11 – GEOMORFOLOGÍA

El **AMSS** se encuentra en la meseta central, ubicado entre la cadena costera y cordilleras fronterizas septentrionales. Su altura en relación al nivel del mar oscila entre los 434 msnm de Apopa y los 950 msnm de Nueva San Salvador. El escurrimiento superficial es hacia el noreste.

5.2.1.12 – GEOLOGÍA

El área de estudio ha sido marcada por la intensa actividad volcánica sucedida desde el Oligoceno superior hasta nuestros días. Esta influencia es clara en los

suelos que ocupan la región, tanto en su composición como en su desarrollo, a menudo truncado por nuevas erupciones.

Se diferencia un material rojizo formado por limos y arcillas arenosas (MS) ubicados en las zonas altas, que data de un periodo de escasa actividad volcánica durante el Pleistoceno. Otro horizonte de color café indica un nivel de remoción de suelos.

También la geomorfología del área estudiada está influenciada por la composición y origen de los materiales. Las quebradas y los ríos se han excavado en los materiales volcánicos blandos, tobas y cenizas recientes, poco consolidadas. Esta excavación profunda da lugar a valles angostos y lomas con la parte superior plana con una paleopendiente hacia oriente. Estas características definen un relieve muy accidentado pero suave.

5.2.1.12.1 – Litología

La práctica total de la superficie que ocupa San Salvador está ocupada por la formación San Salvador. Sin embargo, se describen a continuación todas aquellas formaciones rocosas que también aparecen en menor medida.

5.2.1.12.1.1 – Formación Cuscatlán

La formación Cuscatlán aflora principalmente en la zona suboccidental de San Salvador, en Antiguo Cuscatlán. Puntualmente también está representada en el fondo de algunas quebradas de la parte norte de la ciudad, donde los cauces fluviales han excavado su lecho y han dejado en superficie estos materiales más antiguos. Esta formación está constituida de techo a muro, por depósitos piroclásticos que, en la cordillera del Bálsamo, puede alcanzar hasta 80 metros de potencia. Estos depósitos están formados principalmente cenizas y lapillos de color café que por su composición están clasificadas como piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas procedentes del volcán de San Salvador. Por debajo de éstos se encuentran materiales escoriáceos negros que han sido clasificados como rocas efusivas básicas e intermedias, coladas de lava andesítica, que alcanzan hasta 25 metros de potencia al oeste de Antiguo Cuscatlán. Estos materiales provienen de erupciones del cráter de la laguna. Bajo estas coladas de lava, en el sector del lago

de Ilopango, se encuentran materiales piroclásticos removidos de origen fluvial o aluvial. Formando la base de la formación se encuentran materiales alterados de composición areno-limosa (SM) o arcillosa (MS) y en la zona norte del AMSS aparecen mineralizaciones de cuarzo, cornerina, limonita y calcita. La edad de esta formación corresponde al pleistoceno.

5.2.1.12.1.2 – Formación San Salvador

Toda el área de estudio se encuentra prácticamente cubierta por esta formación. Esta constituida por materiales volcánicos, pero incluye también algún material sedimentario formado a partir de la remoción de los depósitos volcánicos. Se encuentra sobre los materiales efusivos básicos a intermedios de la formación Cuscatlán. La formación San Salvador es de la edad del Holoceno.

- Un nivel de cenizas volcánicas poco consolidadas (piroclastitas ácidas a intermedias y epiclasticas volcánicas)
- Coladas de lavas basálticas y andesititas con cristales de plagioclasa y piroxenos en las primeras y de biotita, hornblendas y piroxenos en las segundas (efusivas básicas)
- Un nivel de tobas alteradas (tobas color café) formadas por fragmentos de piroclastos, cenizas, pumitas y escorias volcánicas (efusivas básicas a intermedias y piroclastitas subordinadas) con granulometrías de finas a gruesas alcanzando una potencia máxima de 25 metros.
- Aluviones, formando las terrazas del río, constituidos por la remoción de los materiales anteriores.
- Cenizas volcánicas blancas (Tierras blancas) de composición dacítica de tamaño muy fino, con pumitas intercaladas (piroclastitas ácidas a intermedias y epiclastitas volcánicas).
- Sedimentos meteorizados, retrabajados, cenizas y tobas en origen.

Las tobas de color café y las coladas andesítico-basálticas tiene su origen en erupciones provenientes del Boquerón, cráter situado en el complejo volcánico del volcán de San Salvador. Por su extensión territorial en casi toda el AMSS vamos a tratar los niveles de las Tierras Blancas por separado.

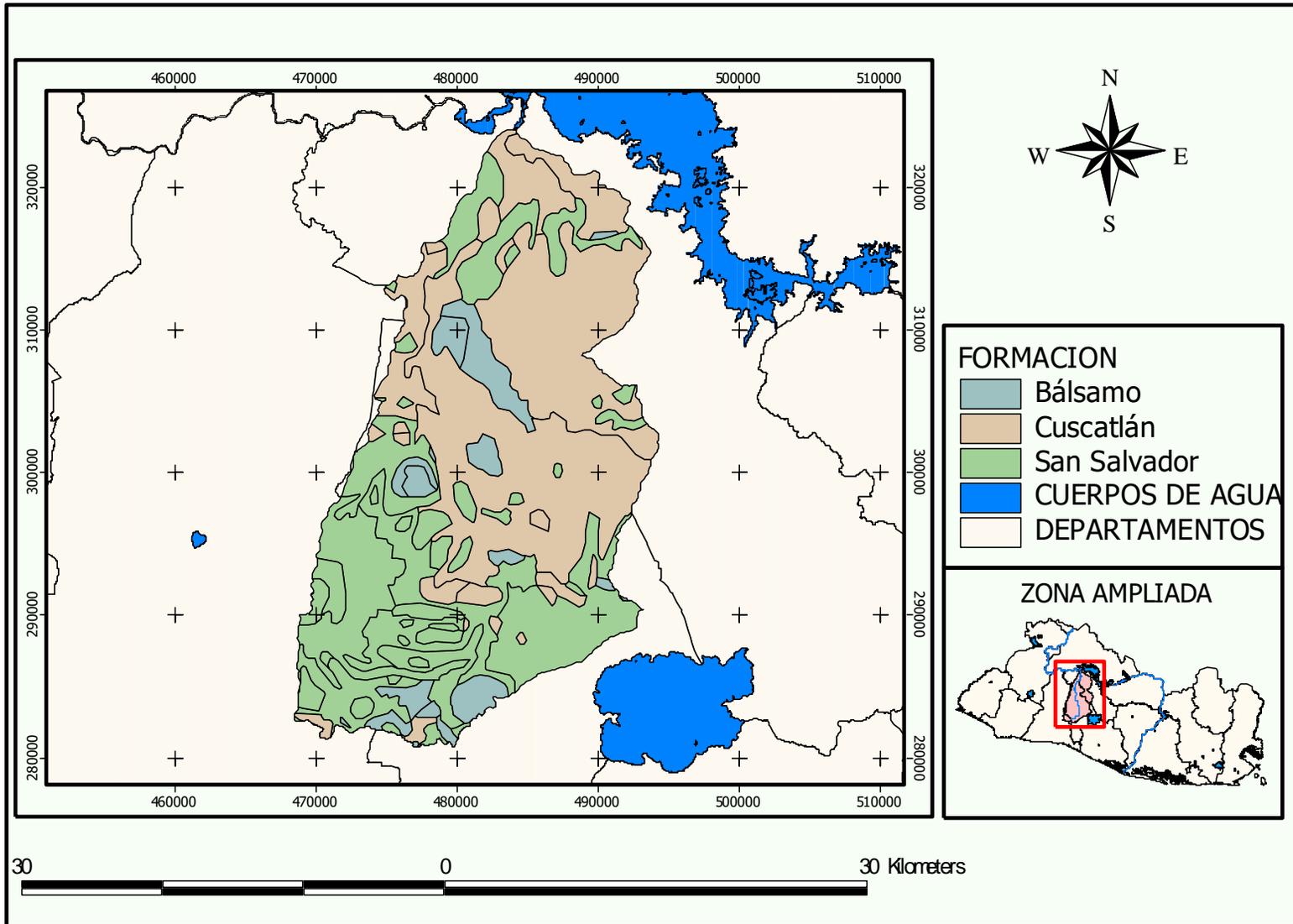


Figura 6. Litología de la Subcuenca Acelhuate
 Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.12.1.2.1 - Tierras blancas

Son depósitos Holocenos procedentes del complejo volcánico del Lago de Ilopango. Estos materiales están formados por tobas blancas de composición dacítica en la base y por cenizas pumíticas y lapillos hacia techo (epiclastitas y piroclastitas ácidas) pertenecientes a la Formación San Salvador. Constituyen un magnífico horizonte guía, por su extensión clara distinción en el paisaje debido al contraste de su color blanco con los demás materiales. Cubriendo estas tierras blancas se encuentra un horizonte oscuro al que por contraposición se ha denominado Tierras Negras. Estos materiales presentan escasa estabilidad y una porosidad y permeabilidad aceptables, por lo que constituyen niveles de amplificación de las ondas sísmicas y por tanto deberán ser consideradas especialmente a la hora de construir sobre ellos.

5.2.1.12.1.2.2 - Lavas Basáltico- Adesíticas

durante el Holoceno el Volcán de San Salvador también se mostró activo a través de su cráter del Boquerón, que expulsó lavas de composición basáltico-andesítica de granulometría media a fina con textura laminar en la base y escoriáceo en el techo, sobre las que se sedimentaron amplios niveles de ceniza y tobas de color café, las cuales en la quebrada la mascota alcanzan hasta 20 metros de potencia.

En la zona sur del cementerio la Bermeja, el Arenal Montserrat, Colonia la Chacra y a lo largo del río Acelhuate se observan estas coladas de lava andesítico-basálticas con una matriz de granulometría de fina a media, textura laminar y una elevada densidad, características que confieren al terreno una buena estabilidad. Estas coladas de lava están a su vez sepultadas por niveles de piroclastos.

5.2.1.13 – ZONAS DE VIDA

la vegetación es un elemento fundamental en los aspectos de conservación de suelos, ya que al sustentarse sobre él ejerce con las raíces una acción de sujeción importante.

5.2.1.13.1 – bh-S Bosque húmedo Subtropical

Esta zona es la de mayor extensión en la zona de estudio, Ocupa un área aproximadamente de 391.482 Km² que representa un 54.57 % de la Zona de Estudio y abarca la parte sur de la subcuenca, desde los 250 msnm a 1950 msnm, entre la vegetación existente en esta zona encontramos Área Urbanizada, Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea, Sistemas productivos mixtos, Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en Época seca (matorral y arbustal), Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontaña de confieras, Vegetación cerrada principalmente siempre verde tropical ombrofila submontaña, Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas, Vegetación cerrada tropical ombrofila semidesidua de tierras bajas, Zonas de cultivos forestales y frutales, Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos, Zonas de cultivos permanentes (cafetales).

5.2.1.13.2 - bh-S Bosque húmedo Subtropical. Transición a tropical

Esta zona ocupa una extensión de 314.202 Km² correspondientes al 43.80 % del área total. Esta formación ocupa zonas con altitudes entre 250 a 530 msnm y pequeñas áreas entre 530 a 770 msnm, la vegetación de esta zona comprende: Área Urbanizada, Sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea, Sistemas productivos mixtos, Vegetación abierta arbustiva predominantemente decidua en Época seca (matorral y arbustal), Vegetación abierta predominantemente siempre verde tropical submontaña de confieras, Vegetación abierta, sabanas, campos y pastizales similares de tierras bajas y submontañas (matorral), Vegetación cerrada tropical decidua en estación seca, de tierras bajas, Vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas, Zonas de cultivos forestales y frutales, Zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos, Zonas de cultivos permanentes (cafetales).

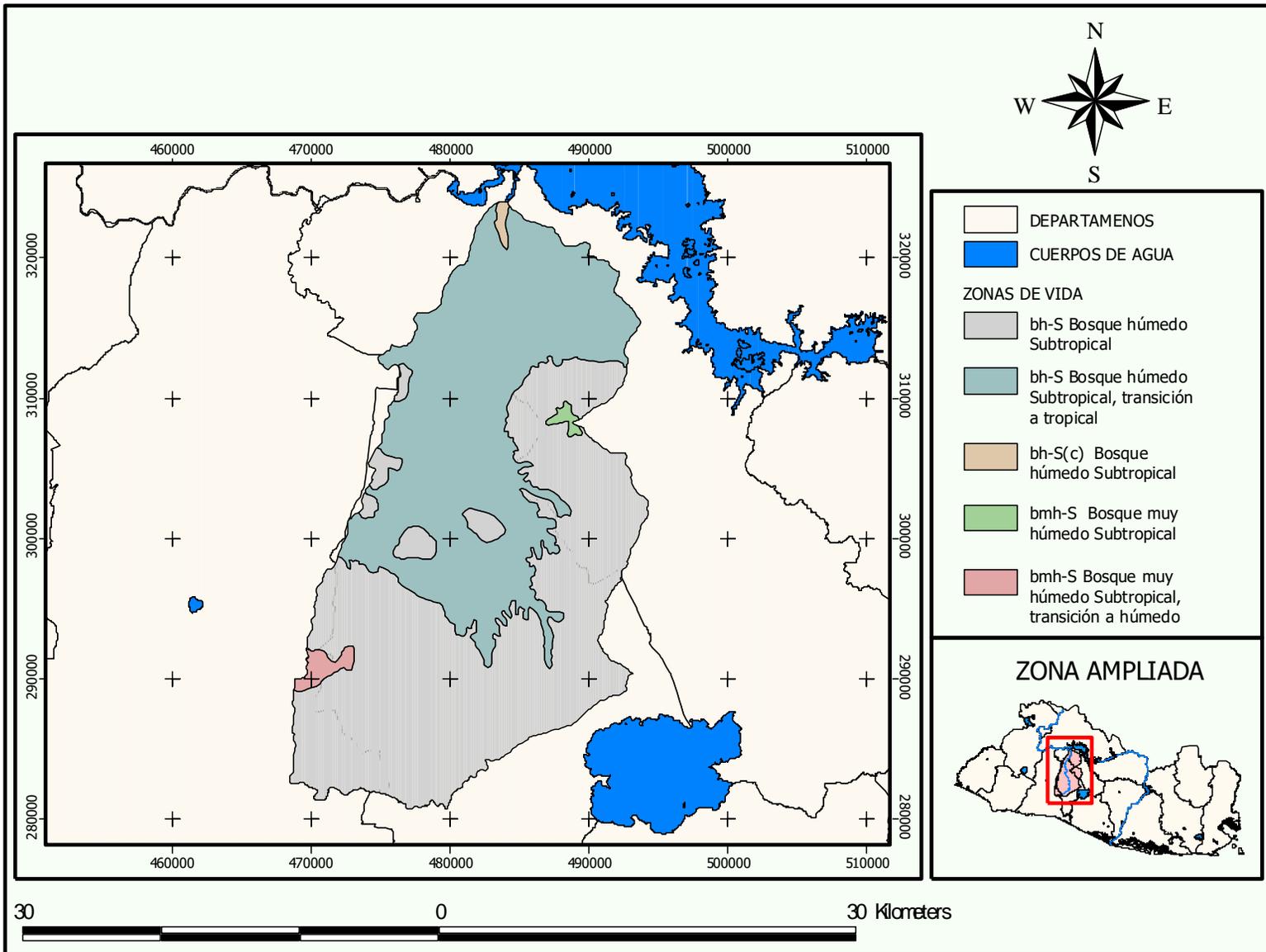


Figura 7. Mapa de Zonas de Vida
Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.13.3 – bh-S(c) Bosque húmedo Subtropical

Esta zona ocupa una extensión de 2.395 Km² correspondientes al 0.33 % del área total.

5.2.1.13.4 – bmh-S Bosque muy húmedo Subtropical

Esta zona ocupa una extensión de 2.603 Km² correspondientes al 0.36 % del área total.

5.2.1.13.5 - bmh-S Bosque muy húmedo Subtropical. Transición a húmedo

Esta zona ocupa una extensión de 6.669 Km² correspondientes al 0.93 % del área total. Esta formada por zonas con altitudes entre 800 y 1300 msnm. Generalmente, en estas áreas la precipitación pluvial es mayor a los 2000 mm año.

Actualmente, el uso del suelo en esta zona un mosaico de parcelas ocupadas por sistemas productivos mixtos, Zonas de cultivos permanentes (cafetales), vegetación cerrada tropical ombrófila semidesidua de tierras bajas, sistemas productivos con vegetación leñosa natural o espontánea, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos, zonas de cultivos forestales y frutales, también incluye el Área Urbanizada de San Salvador.

5.2.1.14 - USO DE SUELOS

El estudio de cartografía de alta resolución desarrollado por Paniagua 2003, determino que el uso de suelo dentro de la subcuenca Acelhuate presenta una gran variedad de usos tal como se puede ver en la tabla 5.

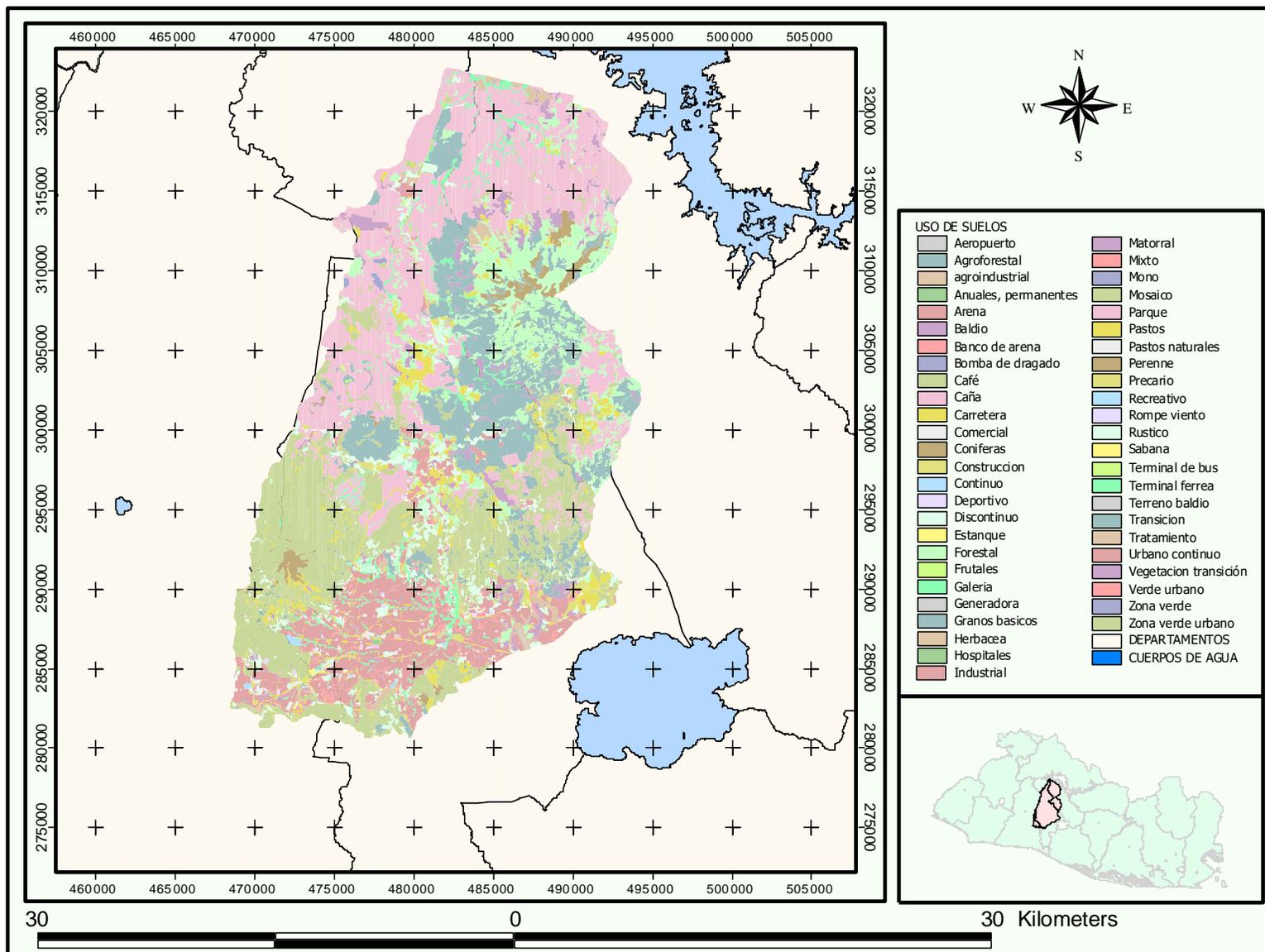


Figura 8. Mapa de usos de suelos

Fuente: Paniagua 2003

Usos	Área (M ³)	Usos	Área (M ³)
Aeropuerto	202,962.99	Industrial	5,596,045.76
Agroforestería	3,978,632.05	Matorrales	22,892,316.59
Agroindustrial	32,858.19	Mixto	329,588.89
anuales con permanentes	97,868.72	Monoespecifico	1,157,632.15
Arena	73,509.05	Mosaico	19,191,756.44
Baldío	1,719,422.13	Parque	171,266.57
Bancos de arena	689,439.59	Pastos naturales	25,515,821.33
Bomba de dragado	10,812.44	Patos	191,817.74
Caña	169,133,494.47	Perenne disperso	11,341,568.74
Café	130,427,298.42	Precario	957,715.35
Carretera	5,318,944.94	Recreativo	661,633.26
Comercial	1,279,794.79	Rompe viento	29,653.16
Confieras	140,580.69	Rustico	107,162.98
Construcción	6,419,368.49	Sabana	141,367.22
Continuo	365,826.40	Semi	67,829,876.83
Deportivo	1,288,169.36	terminal bus	77,743.70
Discontinuo	32,729,662.67	terminal ferro	39,539.84
Estanque	8,971.96	terreno baldío	48,431.77
Forestales	28,437.30	Transición	140,590.96
Frutales	492,986.21	Tratamiento	333,501.39
Galería	19,707,369.84	ND	34,576.15
Generadora	224,748.38	urbano continuo	71,177,071.40
Granos básicos.	91,871,915.78	Vegetación	8,725.33
Herbáceo	11,040,044.65	Zona verde	5,026,474.95
Hospitales	233,281.98	Zona verde urbana	73,813.67

Cuadro 5. Usos de suelos en la zona de estudio

Fuente: Paniagua 2003.

5.2.1.15 – RED HIDROGRÁFICA

La subcuenca del río Acelhuate, corresponde a la cuenca del río Lempa, se divide en las microcuencas de San Antonio, El Garrobo, Arenal Montserrat, Arenales, Los Limones, Matalapa, Las Cañas, Anchiotal, Ilohuapa, La Esperanza, Tomayate, Guazapa, Guaycume.

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	CATEGORIA	ÁREA (Km ²)
Lempa	Acelhuate	San Antonio	Río	59.612
Lempa	Acelhuate	El Garrobo	Río	1.746
Lempa	Acelhuate	Arenal Montserrat	Río	55.914
Lempa	Acelhuate	Arenales	Río	16.159
Lempa	Acelhuate	Los Limones	Río	112.004
Lempa	Acelhuate	Matalapa	Río	7.261
Lempa	Acelhuate	Las Cañas	Río	64.505
Lempa	Acelhuate	Anchiotal	Qda	17.809
Lempa	Acelhuate	Ilohuapa	Río	7.175
Lempa	Acelhuate	La Esperanza	Río	19.177
Lempa	Acelhuate	Tomayate	Río	111.486
Lempa	Acelhuate	Guazapa	Río	150.636
Lempa	Acelhuate	Guaycume	Río	15.518
Lempa	Acelhuate	Sin Nombre		78.3477451

Cuadro 6. Microcuencas en la zona de estudio

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.1.15.1 – Conformación de la red hidrológica

El río Acelhuate se encuentra localizado dentro de la cuenca del río Lempa, el cual cubre en su mayor parte el territorio nacional. Nace el oriente del Volcán de San Salvador, cruza el Área Metropolitana de San Salvador hacia el este y el norte para ir a morir en el río Lempa justo antes de su entrada en el embalse del Cerrón Grande. Su punto más alto se ubica en el sector de Santa tecla, con una elevación 920 metros sobre el nivel del mar, y en su parte baja atraviesa el valle de la Capital con una elevación de 600 metros sobre el nivel del mar. En su curso alto, dentro del área metropolitana, recibe los aportes de la quebrada Mascota y Arenal Montserrat al sudeste del barío de la Candelaria y del río Garrobo al sudeste del barío de la Vega.

El flujo principal desciende desde Santa tecla seguido por la quebrada la Lechuza bordeando la feria internacional al Occidente de la capital, cruzando por las colonias Nueva Israel, continuando hasta llegar al Arenal Montserrat, donde recibe el drenaje que viene del Arenal San Felipe, bajando por la urbanización Lomas de San Francisco, hasta continuar por el cementerio la Bermeja y la colonia Málaga.

En la zona cercana a la Vega, se recibe una vertiente que baja de la quebrada de los Planes de Renderos, con el nombre del río Nohuapa continuando con un meandro bien marcado sobre la colonia el Carmen al Sureste de la capital.

El río Acelhuate recorre 71 Km. desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Lempa. El área de la subcuenca es de 709 Km² (el 3.5% de la superficie del país y el 5% de la superficie total de la cuenca del río Lempa), la longitud recorrida desde su parte alta hasta los lugares que atraviesa en el radio de la capital alcanza los 19.6 Km.

El sistema de drenaje de la cabecera del río Acelhuate cruza el AMSS hacia el este y el norte, desde su nacimiento en las partes altas que circundan la metrópolis salvadoreña. Este drenaje está impuesto por la pendiente impuesta por las laderas del Volcán de San Salvador y por la existencia de un juego de fracturas conjugadas NW-SE y NE-SW.

El flujo normal del cauce desciende sobre una pendiente con topografía abrupta, pero su caudal no es muy fuerte en su cauce principal y en la mayor parte del año, solamente se utiliza como desagüe de aguas negras del Gran San Salvador. Los caudales medios parciales por isócronas (Murrillo, 2000) oscilan entre los 3.6 m³/s para la isócrona 1 en el nacimiento del río y los 29.9 m³/s de la isócrona 19. Sin embargo, en las épocas de mayor precipitación, que dependiendo de la altura, oscilan en las épocas de mayor precipitación, que dependiendo de la altura, oscilan entre los 1700 y los 2000 milímetros, se producen incrementos importantes de este caudal. Esta gran cantidad de agua de escorrentía que llega a las quebradas es el principal agente erosivo que actúa en ellas.

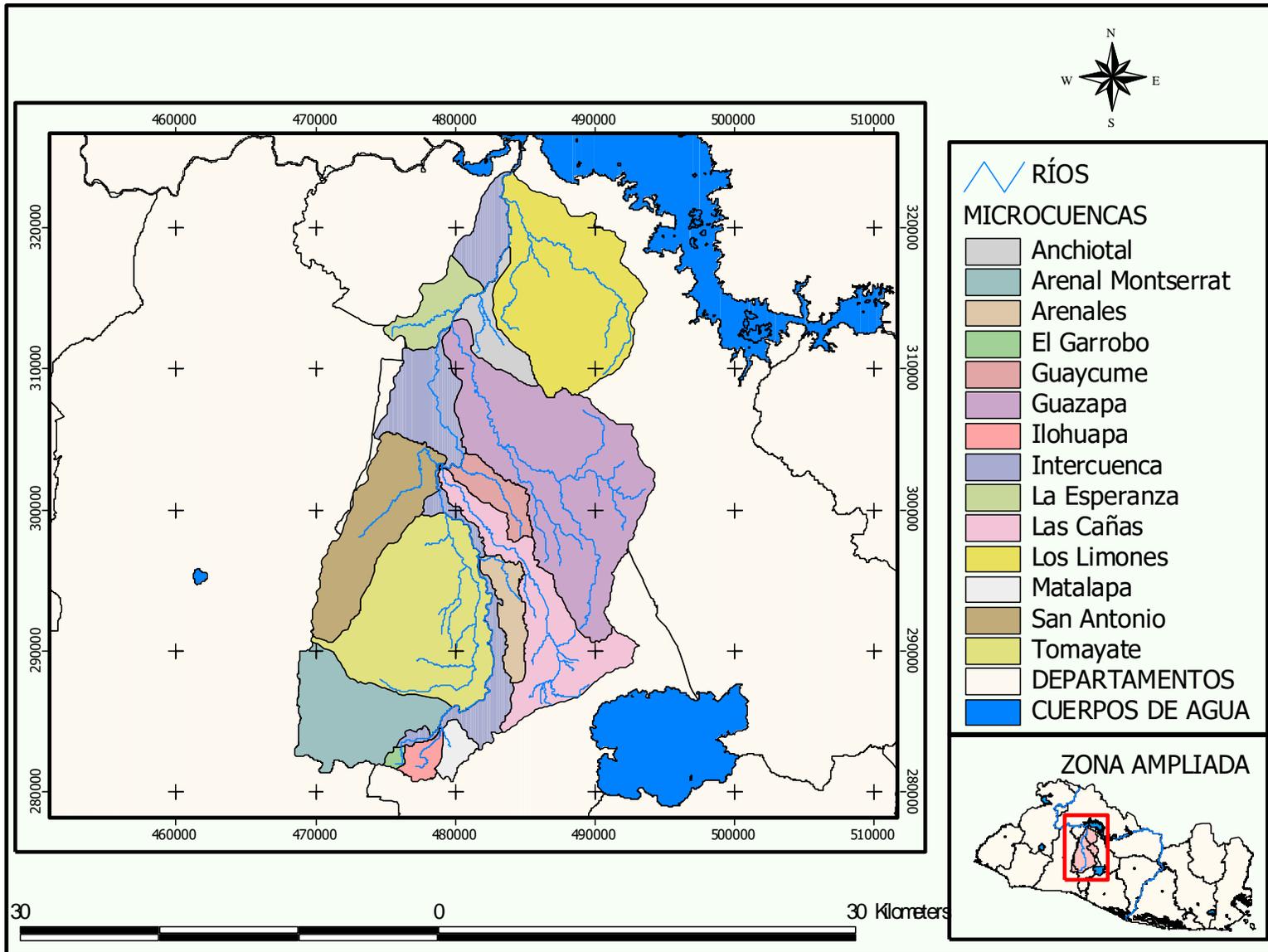


Figura 9: Red Hidrográfica
 Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

NOMBRE DEL RÍO	LONGITUD Km.	NOMBRE DEL RÍO	LONGITUD Km.
Qda. arenal seco	4.780	Río guazapa	22.411
Qda. el agua hedionda	4.678	Río llohuapa	4.710
Qda. el anchiotal	4.933	Río jaguen	3.681
Qda. el caracol	1.217	Río la esperanza	6.895
Qda. Las pavas	1.097	Río las cañas	23.009
Qda. Victoria	2.124	Río los amates	9.818
Río acelhuate	61.483	Río los limones	3.401
Río agua caliente	4.757	Río los naranjos	5.087
Río ángel	2.098	Río los plátanos	1.628
Río arenal	1.995	Río mariona	6.836
Río arenales	5.348	Río Matalapa	1.484
Río chagüite	2.515	Río mistancingo	3.034
Río chalchigue	17.535	Río pacaya	4.097
Río champado	5.532	Río san Antonio	16.474
Río chamulapa	8.293	Río santa Maria	1.996
Río chantecuan	2.875	Río sin nombre	2.870
Río de piedras	4.014	Río sumpa	2.168
Río el borbollón	2.067	Río tasajera	2.884
Río el Garrobo	1.759	Río Tomayate	9.297
Río el riyito	1.069	Río Tutunichapa	8.793
Río el sillero	11.664	Río Urbina	3.447
Río entre piedras	3.099	Río zapotitán	2.070
Río Guaycume	7.868	Ríos santa lucia	2.054

Cuadro 7. Longitud de los ríos de la subcuenca Acelhuate

FUENTE: Cobertura Ríos, Sistema de Información Ambiental del MARN.

5.2.2 – CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

5.2.2.1 – Población actual y futura

La zona de estudio cuenta con un total de población de 1,104,236 habitantes para el año 1992, según el censo de ese año, entre 1971 y 1992 la tasa promedio anual de crecimiento poblacional del país fue de 1.73%, mientras que en AMSS fue de 3.69%. por ello, la concentración de población en AMSS destaca debido a la urbanización de esta; de acuerdo a las proyecciones de población para el año 2000 se tenía una población de 1,458,346 Habitantes, para el año 2002 se tenía una

población de 1,487,299 Habitantes; para el año 2005 se tendrá una población de 1,604,208 Habitantes y para el 2010 la población dentro de la zona de estudio será de 1782,057 habitantes; en las figura XX se puede apreciar la población por cantones dentro de la subcuenca Acelhuate para los años 1992, 2002, 2005 y 2010; en el cuadro 8 se puede apreciar la población por municipio según el censo del año 1992, DIGESTIC, y las proyecciones para los años 2000, 2002, 2005 y 2010:

Municipio	Años				
	1,992	2,000	2,002	2,005	2,010
Oratorio de Concepción	743	801	801	807	812
San José Guayabal	6,069	6,481	6,492	6,847	6,593
Suchitoto	3,645	4,318	4,312	4,318	4,316
Antiguo Cuscatlan	27,985	44,803	47,409	57,797	141,582
Santa Tecla	47,185	65,646	68,029	77,517	88,489
Nuevo Cuscatlan	506	710	736	842	967
Quezaltepeque	658	812	829	885	936
Aguilares	19,267	20,560	20,669	21,086	21,479
Apopa	20,357	32,029	33,288	38,112	43,922
Ayutuxtepeque	3,676	6,166	6,401	4,347	8,394
Cuscatancingo	23,186	94,062	97,452	111,009	125,618
Delgado	109,865	153,354	156,678	170,010	180,728
El Paisnal	1,275	1,544	1,562	1,625	1,722
Guazapa	10,070	14,485	14,838	16,235	17,457
Ilopango	82,631	120,555	124,244	139,003	153,670
Mejicanos	144,852	189,392	192,947	208,146	217,245
Nejapa	17,755	23,930	23,726	26,144	27,423
San Marcos	6,619	8,003	8,113	8,544	8,748
San Martín	6,943	13,165	13,823	16,470	19,757
San Salvador	392,802	453,556	458,898	480,096	485,056
Soyapango	155,751	170,157	171,268	175,717	184,765
Tonacatepeque	22,395	33,817	34,784	38,650	42,377
Total	1,104,236	1,458,346	1,487,299	1,604,208	1,782,057

Cuadro 8. Población por municipios en la subcuenca Acelhuate

Fuente. Censo poblacional (1992) y proyecciones (fuente: DYGESTIC y Propia)

5.2.2.2 - Tenencia de la tierra y actividades de la población

La tenencia de la tierra es mayoritariamente privada con extensiones variables de pequeño tamaño.

De acuerdo con el censo de población, la gran mayoría de personas contempladas dentro de las actividades económicas se concentran en el AMSS, con excepción de los sectores de agricultura y pesca.

Las actividades agrícolas son las que ocupan la mayor parte de la zona rural, con cultivos de café, caña de azúcar, cultivos anuales, permanentes y pastos.

5.2.2.3 – Vivienda

Según el estudio sobre manejo regional de residuos sólidos para el área metropolitana de San Salvador en la república de El Salvador, la estructura de la comunidad dentro de la zona en estudio está clasificada en: a)Centros Urbanos con una población desde 5000 habitantes con una dotación mínima de equipamiento hasta 200,000 habitantes, donde se desarrollan las actividades básicas urbanas, como los servicios de salud, escolar y administrativos de base, estos como unidades urbanas elementales de uno o más municipios urbanos y b)Asentamientos Marginales: que son comunidades que se insertan en el ambiente urbano y alrededores, están en la fase de desarrollo. Con insuficiencia de estructura básica tales como vías de acceso, suministro de agua, sistemas de alcantarillado, servicio de recolección de residuos, así como también algunas instalaciones comunitarias como escuelas, centros comunitarios, campos deportivos y centros de salud, Aseo.

5.2.2.4 – Educación

Según el censo de 1992 de la dirección General de Estadísticas Y Censos, de una población estimada de 4.5 millones (mayores de cinco años), el 72,3% (3.2 millones de personas) de la población es alfabeto, siendo la tasa de analfabetismo 27.7% en el ámbito nacional.

En el área urbana se encuentra concentrado el mayor porcentaje de población alfabeto. El 60% de la población nacional se encuentra en áreas urbanas y el 40% en áreas rurales.

Esta situación se debe a factores diversos como la alta tasa de desempleo que tiende a que los niños trabajen en las calles para ayudar a sus padres, y el limitado ingreso familiar para la educación que no permite dar cobertura a muchos niños de edad escolar.

5.2.2.5 – Salud

La diarrea es uno de los problemas de salud más significativo en El Salvador. Las mejoras realizadas en los servicios de agua y saneamiento, incluyendo el

manejo de los residuos sólidos, han reducido considerablemente la mortalidad causada por la diarrea en los niños e infantes.

El manejo de los residuos sólidos deberá considerar el aspecto de seguridad pública para reducir riesgos a la población que vive cerca de los sitios de disposición: sitios ilegales y botaderos a cielo abierto, arroyos, ríos y otros.

La proporción estimada de mortalidad infantil para 1998 era de 32 por cada mil nacidos vivos.

Las tres principales causas de muerte registradas en la consulta externa del MSPAS en 1997 fueron: 1) Infecciones respiratorias, 2) Parasitismo intestinal, 3) enfermedades gastrointestinales.

Dentro de las enfermedades prevalecen las infecciones y las parasitarias, la mayoría de ellas causadas por la falta de medidas sanitarias básicas. Según estadísticas presentadas por el MSPAS y el ISSS, el perfil está dominado en todas las edades por la presencia de enfermedades infecciosas, principalmente diarrea y las enfermedades parasitarias.

5.2.3 – PRODUCCIÓN, CONSUMO Y CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

5.2.3.1 - PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE AGUA EN LA SUBCUENCA

5.2.3.1.1 - Oferta de agua potable

El Salvador es un país rico en recursos hídricos debido a la combinación de la topografía montañosa y buenos regímenes de lluvia. Según los estudios y análisis de la oferta de agua y las cifras sobre la demanda, no existe una escasez absoluta de agua en El Salvador. Sin embargo, el panorama cambia considerablemente cuando se analiza el problema en términos más concretos, tomando en cuenta regiones, estaciones climáticas, calidad del agua, acceso a las fuentes y la demanda futura del agua. (Barry, 1994).

Según el Comité Regional de Recursos Hídricos, es importante reconocer que no todo lo que llueve sobre Centroamérica es aprovechable y no todos los lugares de la región reciben la misma cantidad. Si a esto le agregamos que un porcentaje muy grande de agua aprovechable no posee una calidad adecuada para consumo humano, ni siquiera para algunas aplicaciones sectoriales especializadas, por esta

razón la región se encuentra en un frágil equilibrio que requiere de acciones inmediatas.

Según la Asociación Mundial del Agua, El Salvador con una Población de 6,320,000 habitantes cuenta con un capital hídrico per cápita de 4,080 m³/p/año.

5.2.3.1.2 – Principales Sistemas Acuíferos

Las mayores fuentes generadoras de agua para ANDA durante el año 2002 fueron el Proyecto Río Lempa y el Sistema Zona Norte, ya que entre estos dos generaron un caudal del orden de los 102.2 millones de metros cúbicos, los cuales represento el 33.1% de la producción total a nivel nacional; luego se encuentran el acuífero del AMSS y Sistema Tradicional.

5.2.3.1.3 – Producción de agua por municipio

La subcuenca del río Acelhuate esta conformada por 22 municipios de los departamentos de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán. El mayor numero de municipio, 15 en total, corresponden al departamento de San Salvador, parte de 4 municipios son de la libertad y otros 3 corresponden a Cuscatlán. De estos 21, municipios 15 corresponden al Área Metropolitana de San Salvador, (Esquivel, 1997).

Según datos de ANDA para el año de 1992, el municipio con mayor producción de agua es San Salvador con 71,573.60 Mt³, seguido por Soyapango con 23,553.80 Mt³, y en tercer lugar en producción de agua dentro de la subcuenca Acelhuate, se encuentra Mejicanos con 13,862.50 Mt³, como se puede ver en el figura 7, los municipios con menor producción de agua dentro de la subcuenca se encuentran Nejapa con una producción de 934.80 Mt³, en segundo lugar se encuentra San Martín con 2,789.10 Mt³ y en tercer lugar se encuentra Cuscatancingo con una producción de agua de 4,372.60 Mt³; Anda no reporta datos de las producciones de agua de los municipios de Aguilares, El Paisnal, Guazapa, Nuevo Cuscatlan, Oratorio de Concepción, Quezaltepeque, San José Guayabal, Suchitoto y Tonacatepeque.

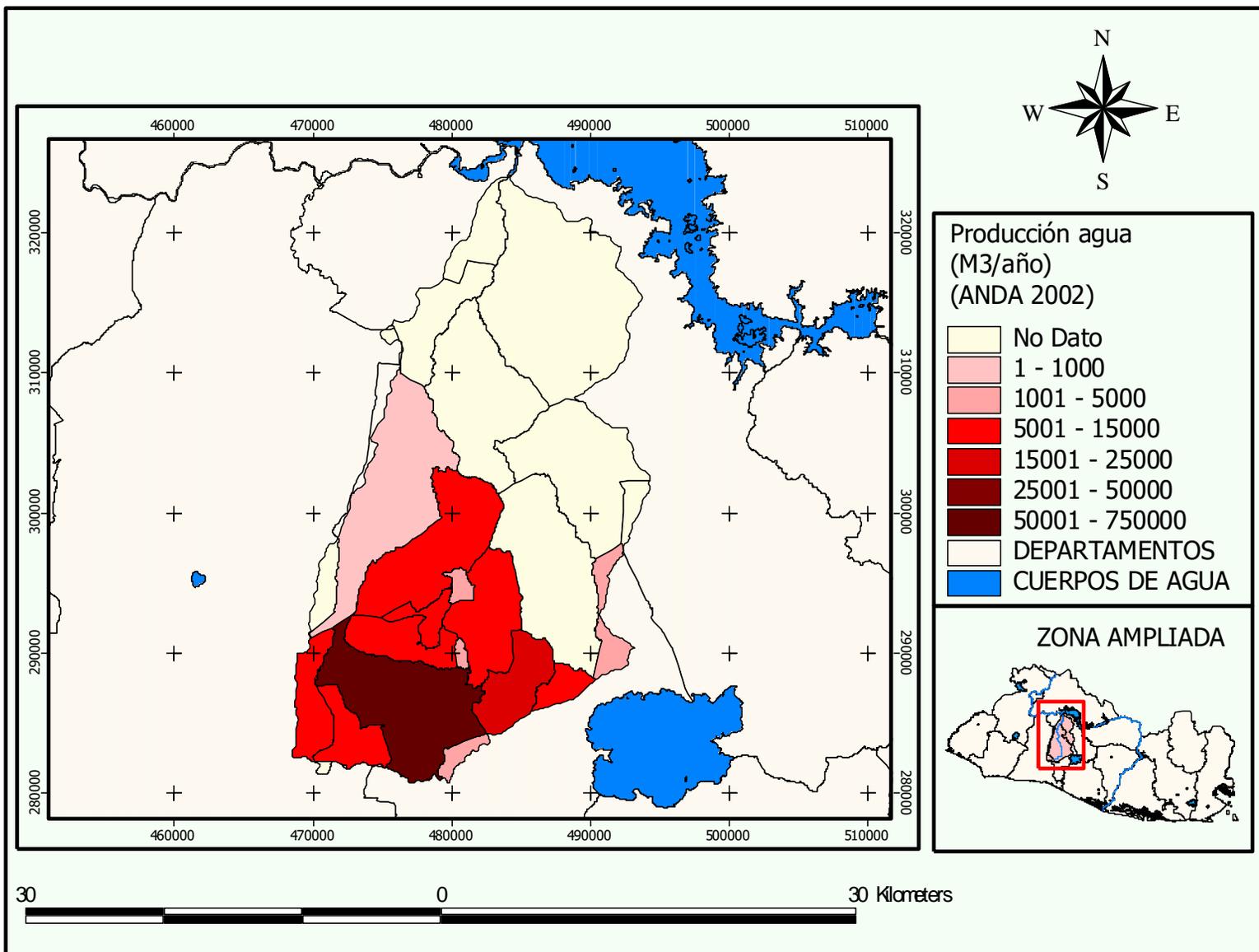


Figura 10. Producción de agua en los municipios de la subcuenca Acelhuate

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN y ANDA 2002.

5.2.3.1.4 – Manantiales y pozos

Un pozo es un orificio que se abre en el suelo mediante una perforación generalmente vertical, cuyo objetivo es transportar el agua subterránea a la superficie de la tierra con diversos propósitos, ya sea para consumo humano, industrial y agricultura.

De acuerdo a los reportes de ANDA, la extracción de agua por medio del Sistema Tradicional, que corresponde diferentes manantiales y pozos, para el año 2002 fue de 61,419,223.00 M³. la extracción de agua por medio del sistema Guluchapa fue de 13,925,849.00 M³; el sistema Zona Norte genero 36,892,434.00 M³ y el sistema Río Lempa genero 64,302,390.00 m³ de agua.

Según ANDA la producción de agua en el gran san salvador para el año 2002 en metros cúbicos fue de 176,539,896.00 como se puede apreciar en la el Anexo 6.

5.2.3.1.5 – Abastecimiento de agua potable

Los vertidos residuales domésticos e industriales, así como la disposición inadecuada de desechos en diversos territorios del país y la aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura son fuentes permanentes de contaminación del agua (Cuellar, 2001).

Según Esquivel 1997, la subcuenca Acelhuate se encuentra en un estado de equilibrio de explotación en cuanto a su oferta y a su demanda.

Sin embargo debe tomarse en cuenta que existen zonas específicas dentro de la cuenca en las cuales se ha determinado que existe desbalance entre la recarga y la explotación, tal es el caso del acuífero San Salvador – Soyapango, el cual según estudios efectuados, se ha establecido que está siendo sobre-explotado y experimenta un déficit anual de 17.7 Millones de metros cúbicos, Esquivel, 1997.

Según la Asociación Mundial del Agua, El Salvador con una Población de 6,320,000 habitantes cuenta con una extracción per cápita de 115 m³/p/año, 39 m³/p/año para uso domestico, 23 m³/p/año para uso industrial y 53 m³/p/año para uso agrícola.

En conclusión puede establecerse que para la subcuenca del río Acelhuate, existe disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, sin embargo, debe

planificarse cuidadosamente su explotación para evitar agudizar el problema de desbalance del acuífero del AMSS, o se lleve un desequilibrio general el sistema de aguas subterráneas de la cuenca.

5.2.3.1.6 – Consumo de agua por municipio

De acuerdo a reporte de ANDA, para el año 2002, se registro un consumo total de agua potable de 276.8 millones de metros cúbicos aproximadamente. Al finalizar el año se registra que la población del Gran San Salvador tuvo un consumo equivalente al 60.5%, la Región Occidental el 15.1%, la Región central el 13.8% y la Región Oriental el 10.6% del consumo total del país.

El consumo de agua dentro de los municipios de la subcuenca del río Acelhuate, según información de ANDA, presentan, al igual que la producción, diferencias significativas desde Los 934.80 Mt³ en el municipio de Nejapa, hasta los 71573.60 Mt³, en el municipio de San Salvador. ANDA no reporta el consumo de agua para los municipios de El Paisnal, Nuevo Cuscatlán, Oratorio de Concepción, como puede verse en la figura 11.

Por otra parte existen dentro de la subcuenca Acelhuate diferentes manantiales y pozos, ya sea para uso domestico, industrial, agrícola y comercial, que no están cuantificados en la extracción y consumo de agua.

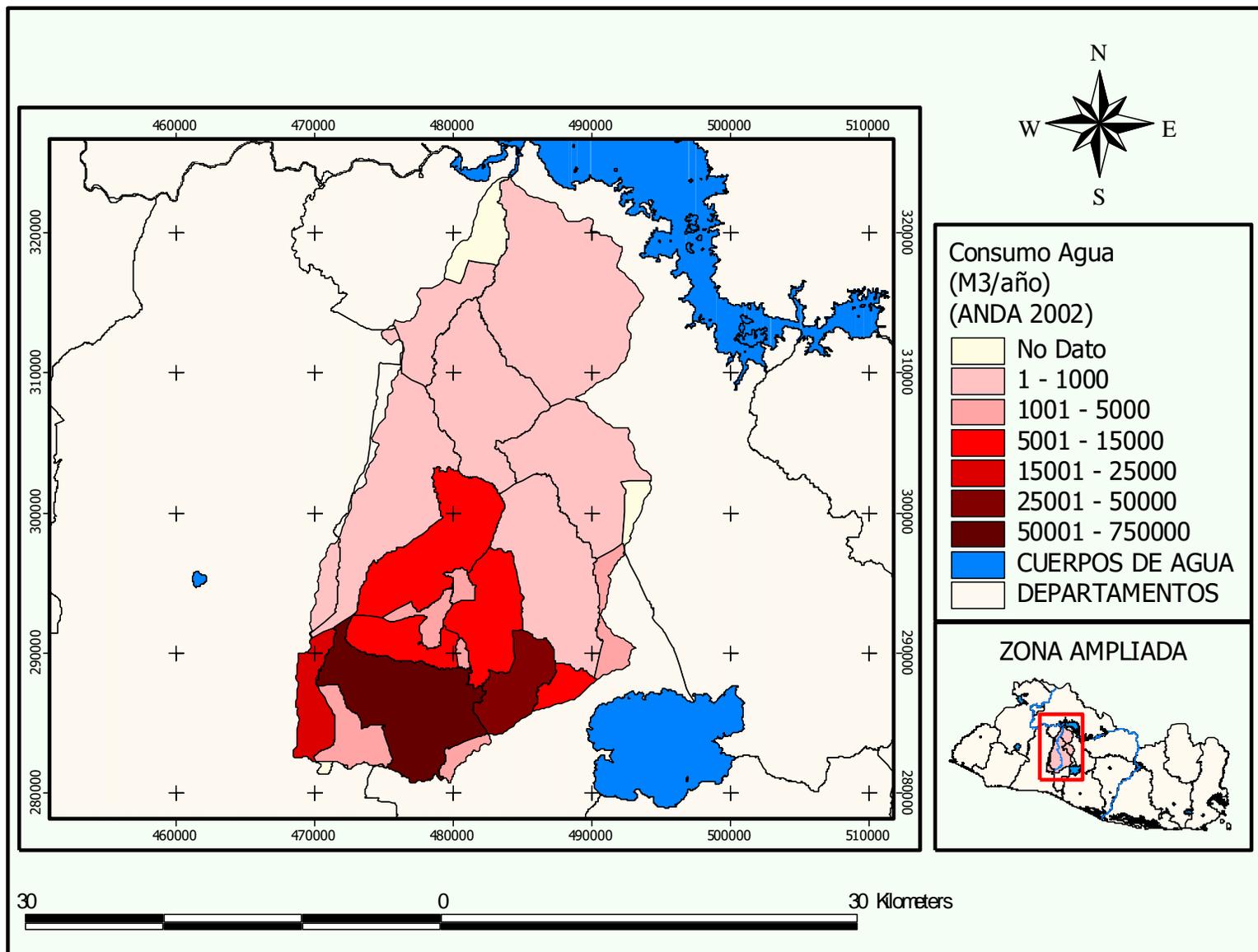


Figura 11. Consumo de agua en los municipios de la subcuenca Acelhuate

Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

5.2.3.1.7 - Usos del agua en la subcuenca

De acuerdo con referencias de las Naciones Unidas en sus publicaciones sobre población del año 2000, el uso del agua puede dividirse en: doméstico, agrícola e industrial; el uso industrial incluye el uso para consumo potable en vivienda y uso municipal así como gubernamental y comercial, el uso agrícola incluye el riego y la utilización en ganadería y el uso industrial incluye el uso para enfriamiento de plantas de energía y la producción industrial.

ANDA 2002, reporta que para el área metropolitana de San Salvador el consumo de agua para uso residencial fue de 141,053.10 Mt³, para uso industrial 1,554.10 Mt³, para uso comercial 9,564.30 Mt³ y para el sector público fue de 15,321.70 Mt³. En la figura 12 se puede apreciar el uso de los pozos y fuentes en el área de la subcuenca Acelhuate, según información de la Oficina Especializada del Agua de ANDA para el año de 1986.

RESUMEN DE CONSUMO POR CATEGORÍAS GENERALES DEL GRAN SAN SALVADOR (EN MILES DE METROS CÚBICOS) PERIODO: 1998 – 2002					
SECTORES	1998	1999	2000	2001	2002
Residencial	104,503.70	117,603.80	122,502.10	121,962.90	141,053.10
Industrial	3,269.70	1,726.00	1,414.10	1,454.80	1,554.10
Comercial	11,707.00	7,346.00	7,288.40	9,643.70	9,564.30
Sector público	6,789.90	6,572.60	7,362.20	14,342.40	15,321.70
TOTAL	126,270.30	133,248.40	138,566.80	147,403.70	167,493.20
FUENTE: Departamento de facturación y aviso y Dirección de Informática (ANDA)					

Cuadro 9. Consumo de agua por sectores

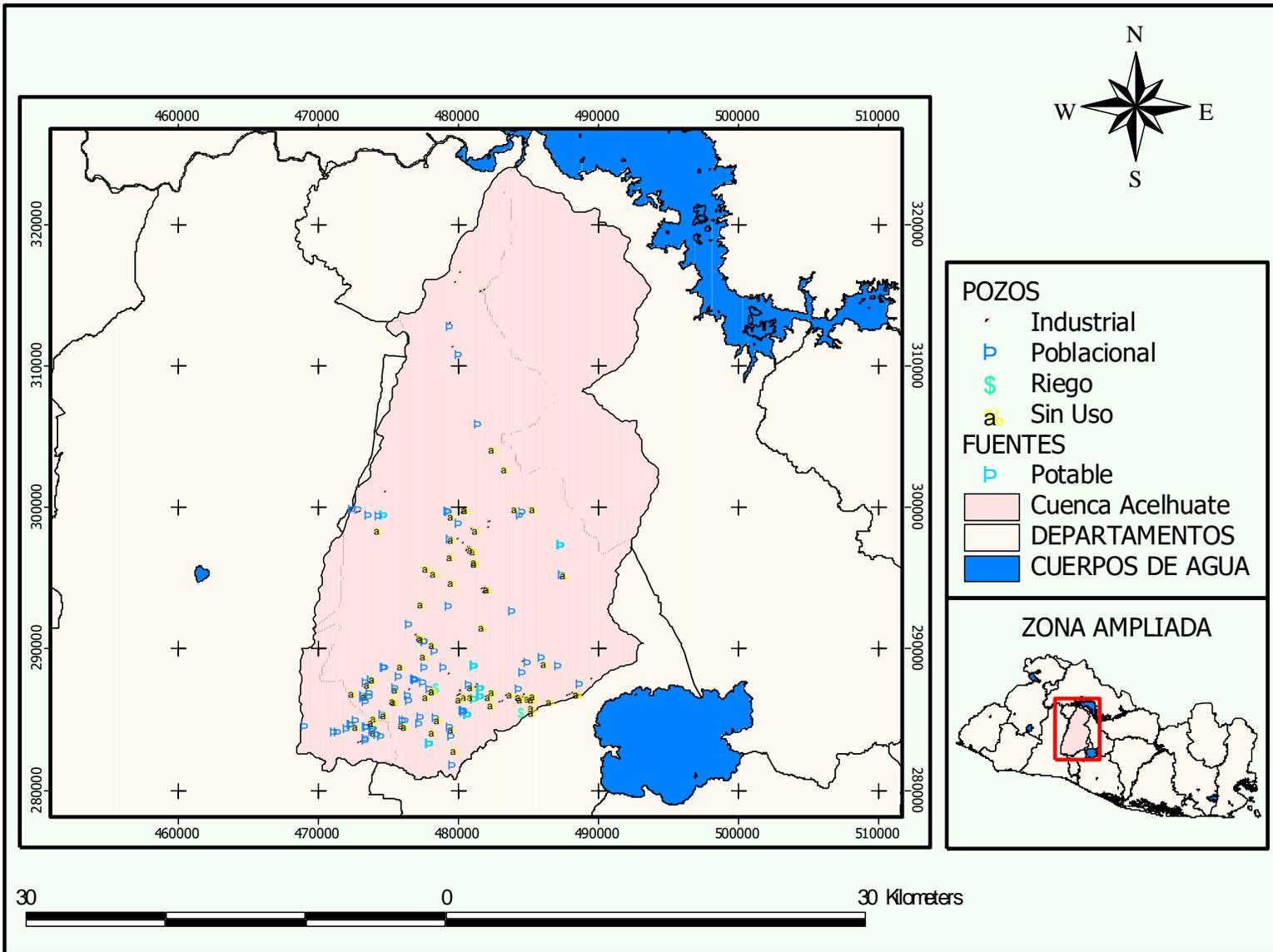


Figura 12. Uso de fuentes y pozos en la subcuenca Acelhuate

Fuente: Oficina Especializada del Agua, 1986.

5.2.3.1.8 – Calidad del agua

Según Coto Salamanca 1994, en la subcuenca Acelhuate, existe disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, sin embargo, debe planificarse cuidadosamente su explotación para evitar agudizar el problema de desbalance general al sistema de aguas subterráneas de la subcuenca.

La subcuenca del río Acelhuate tiene un área de 706 Km² recibe desde sus nacimiento, descargas puntuales (industriales y domesticas) y no puntuales (desechos sólidos, conexiones ilícitas de aguas grises y domesticas). Según el monitoreo de la calidad y cantidad de los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate para valorar la calidad de las aguas y su evaluación a través del tiempo, la calidad para los cuatro puntos de control de la contaminación del canal principal del río, la calidad en las valoraciones del primer y segundo semestre del periodo 2000-2003 se mantiene en calidad “pésima”, pero al evaluar el ICA para el año 2004, se observa una mejora hasta de 5 unidades para el primer semestre. Sin embargo la calidad se mantiene en “pésima”.

5.2.3.1.9 – Vertidos líquidos o aguas residuales

Las aguas residuales de las industrias se originan principalmente a partir efluentes de procesos derivados de la manufactura, aguas de lavado y aguas relativamente poco contaminadas procedentes de las operaciones de calentamiento y enfriamiento. Las aguas residuales de los procesos son las que más causan preocupación, y varían con amplitud según el tipo de industria.

Los residuos son específicos de cada industria y varían desde fuertes residuos biodegradables como los que proceden del empaçado de carne, hasta los residuos de talleres de metales y de fábricas textiles, los cuales pueden ser inorgánicos y tóxicos.

5.2.3.1.10 - Empresas que generan aguas residuales en la subcuenca

Como puede verse en la figura 13, la mayoría de las 275 empresas que vierten aguas residuales se encuentran ubicadas en las microcuencas de Arenal Montserrat, Tomayate, las Cañas, Ilohuapa y Matalapa; estas empresas generan

1,804,579,184.30 M³ de aguas residuales las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 69,104,138.15 Kg.; una demanda química de oxígeno de 27,545,882.67 Kg.

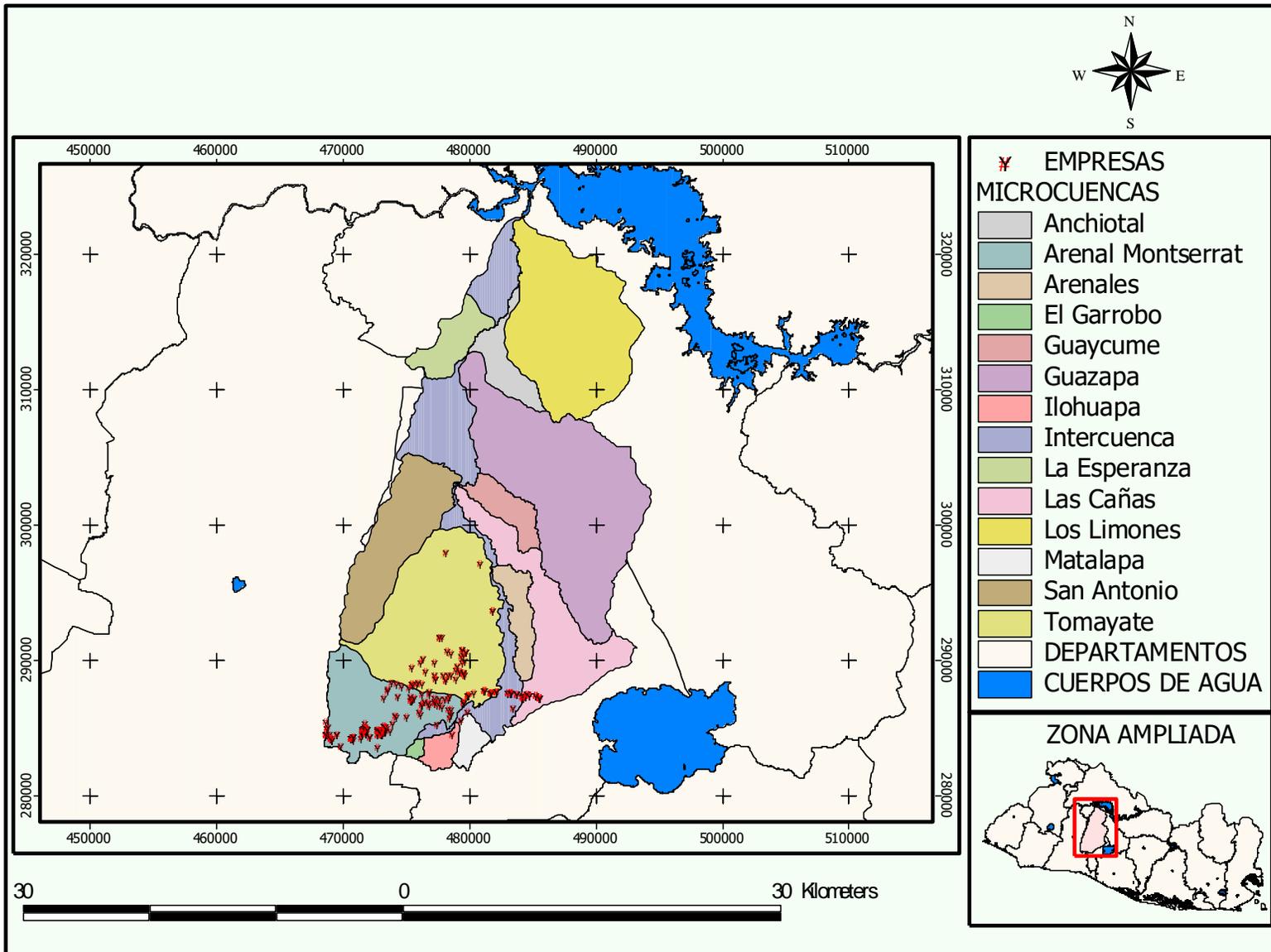


Figura 13. Empresas por microcuencas en subcuenca Acelhuate

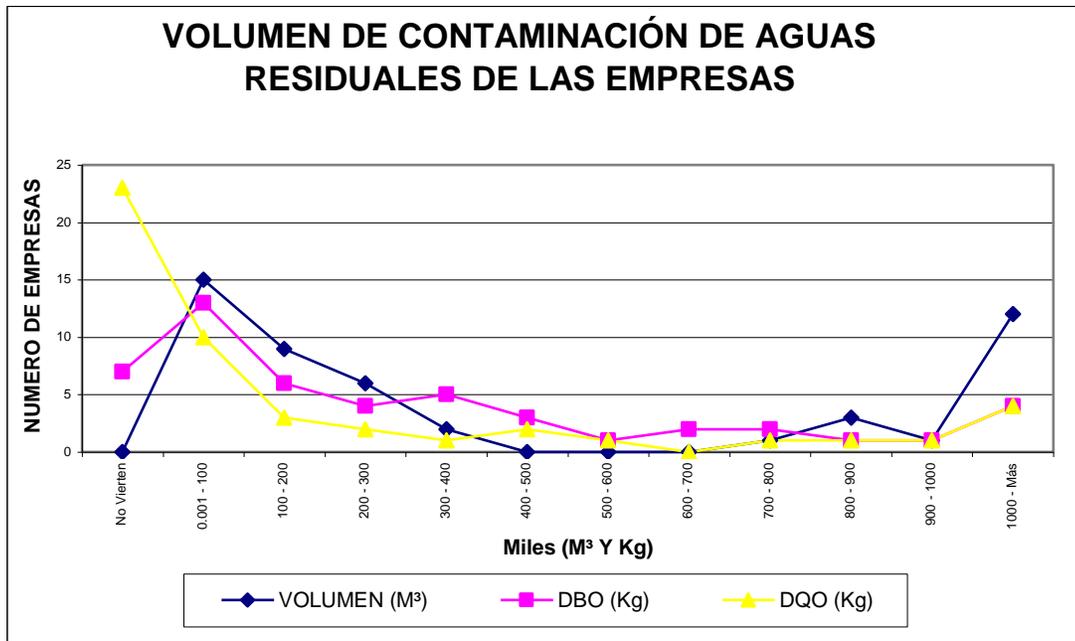
Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN e información propia

5.2.3.2 – contaminación del recurso hídrico

5.2.3.2.1 - Caracterización de las aguas residuales de las empresas por municipio

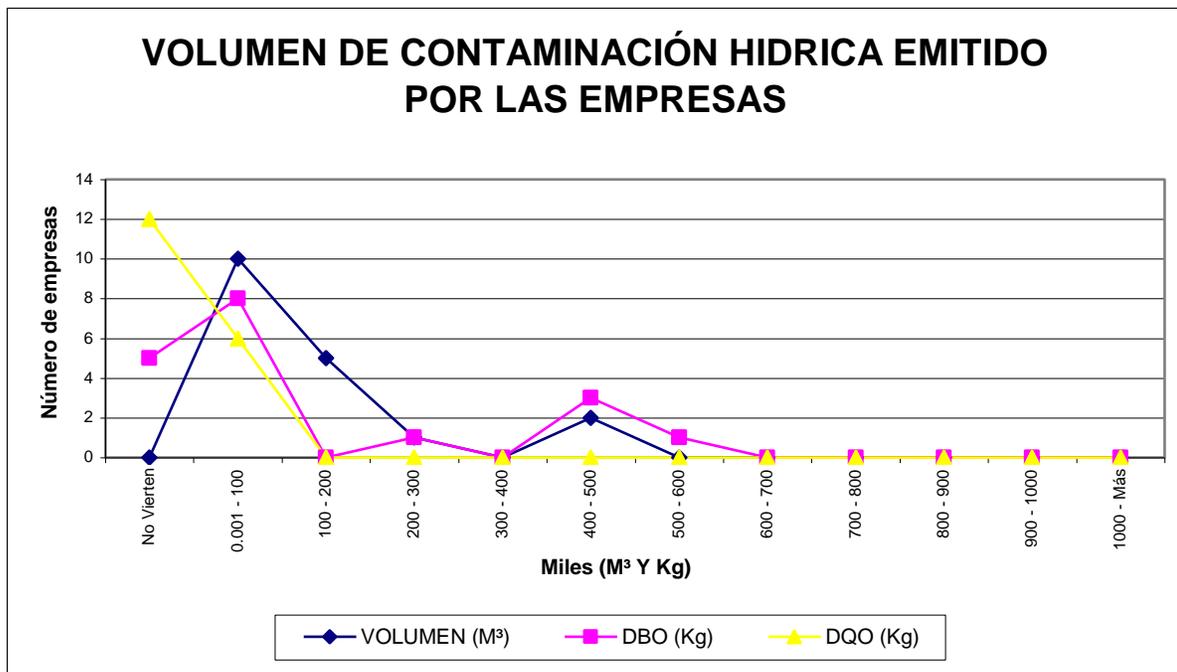
5.2.3.2.1.1 – Soyapango

El municipio de Soyapango con una población de 261,133 habitantes para el año de 1992, DIGESTIC 1992, y una extensión territorial, dentro de la subcuenca Acelhuate, de 118.840 Km², alberga 49 empresas las cuales generan 512,080,802.02 Mt³, de aguas residuales, esta agua residuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 19,803,846.58 Kg., equivalente a 38.67 mg/lit.; una demanda química de oxígeno (DQO) de 14,149,906.06 Kg. equivalente a 714.50 mg/lit; estas aguas residuales presentan 10,963,455.88 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 774.81 mg/lit; 25,126,376.83 Kg. de sólidos suspendidos totalmente de 25,126,376.83 Kg. equivalentes a 2291.83 mg/lit; 1,727,797.40 mg/lit de aceites, equivalentes a 68.76 mg/lit; 77,421.04 Kg. de nitrógeno, equivalente a 44.81 mg/lit; 40,140.48 de fósforo, equivalentes a 518.47 mg/lit; las aguas residuales de las empresas del municipio de Soyapango presenta un pH mínimo de 7 y un máximo de 10; en el Anexo 1. Se puede apreciar los rangos de concentración de contaminantes de las aguas residuales industriales para cada uno de los municipios.



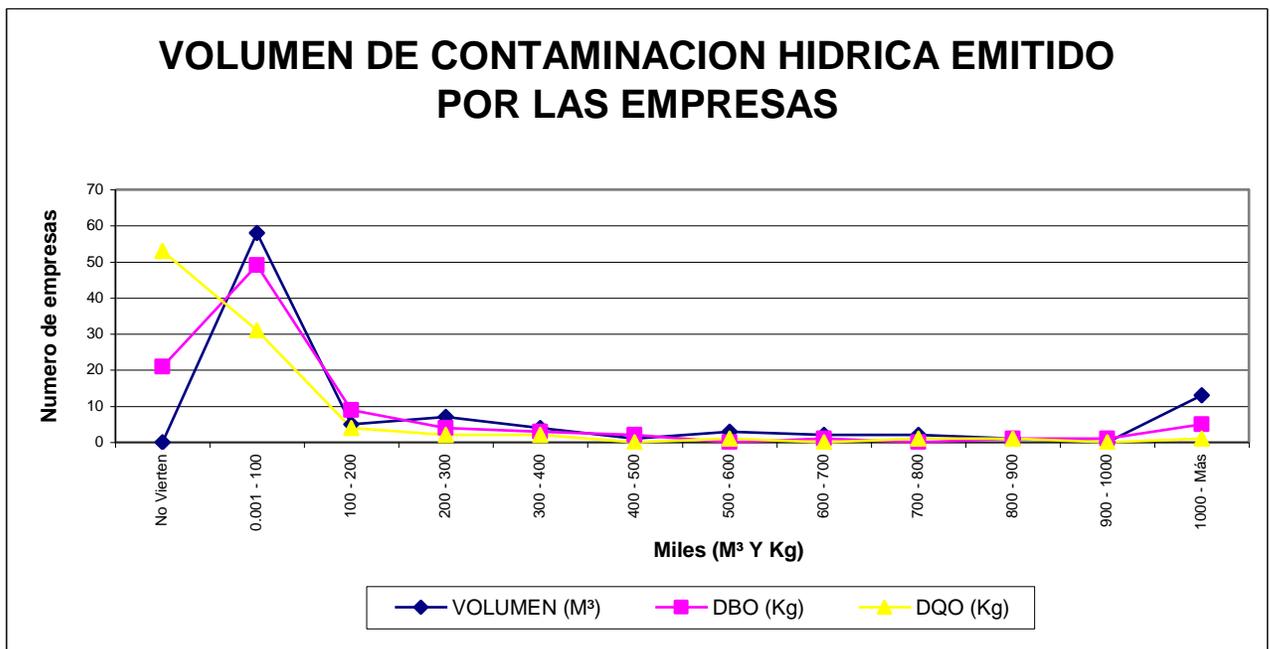
5.2.3.1.1.2 – Santa Tecla

El municipio de Santa Tecla, en el departamento de La Libertad, con una extensión territorial de 18.468 Km² dentro de la subcuenca Acelhuate y una población de 113,698 habitantes, según DIGESTIC 1992, Se encuentra alojando 18 empresas, las cuales generan un volumen de aguas residuales de 2,228,410.67 mt³, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 2,402,372.60 Kg., equivalente a 1078.07 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 64,238.05 Kg., equivalente a 28.83 mg/lit; 1,228,211.99 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 551.16 mg/lit; 572,208.67 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalente a 256.78 mg/lit; 2,292.00 Kg. de aceites, equivalente a 1.03 mg/lit y 0.00 Kg. de nitrógeno y fósforo; las aguas residuales de las empresas alojadas en la ciudad de Santa Tecla presentan un pH mínimo de 4 y un máximo de 10.



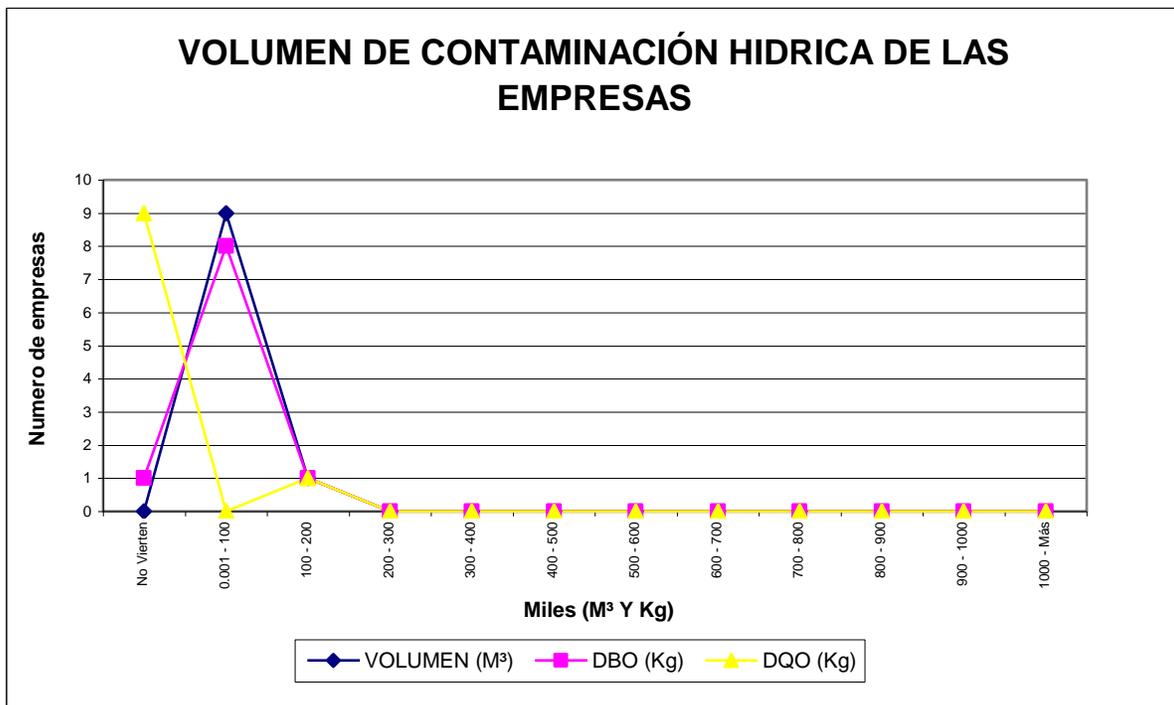
5.2.3.1.1.3 – San Salvador

El municipio de San salvador, del departamento del mismo nombre, con una extensión territorial de 68,236 Km² y una población de 415,346 habitantes, para el año de 1992, aloja en su territorio 96 empresas, las cuales generan 519,264,881.52 Mt², este volumen de aguas residuales tiene una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 1,947,299.88 Kg. equivalente a 30.19 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 5,956,277.86 Kg. equivalente a 11.47 mg/lit; 25,671,183.79 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 49.44 mg/lit; 23,612,661.83 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 45.47 mg/lit; 372,823.73 Kg. de aceites, equivalentes a 0.72 mg/lit; 118,459.72 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 0.23 mg/l y 76,444.23 Kg. de fósforo, equivalentes a 0.15 mg/lit. Las aguas residuales de las empresas del municipio de San Salvador presentan un valor de pH mínimo de 4 y un máximo de 12.



5.2.3.1.1.4 – Mejicanos

El municipio de Mejicanos, del departamento de San Salvador, con una extensión 20.116 Km² y una población, para el año de 1992, de 144,855 habitantes, dentro de su territorio se encuentran alojadas 10 Empresas, las cuales generan un volumen de aguas residuales de 139,603.19 Mt³, estas tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 17,000.59 Kg. equivalentes a 121.78 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 1,931.63 Kg. los cuales equivalen a 13.84 mg/lit; una cantidad de 8,634.05 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 61.85 mg/lit; 5,521.50 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 39.55 mg/lit; 4,943.09 Kg. de aceites, equivalentes a 35.41 mg/lit; 2,348.37 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 23.27 mg/lit y 0.00 Kg. de fósforo. Las aguas residuales de las empresas instaladas en el municipio de Mejicanos no presentan valor de pH.



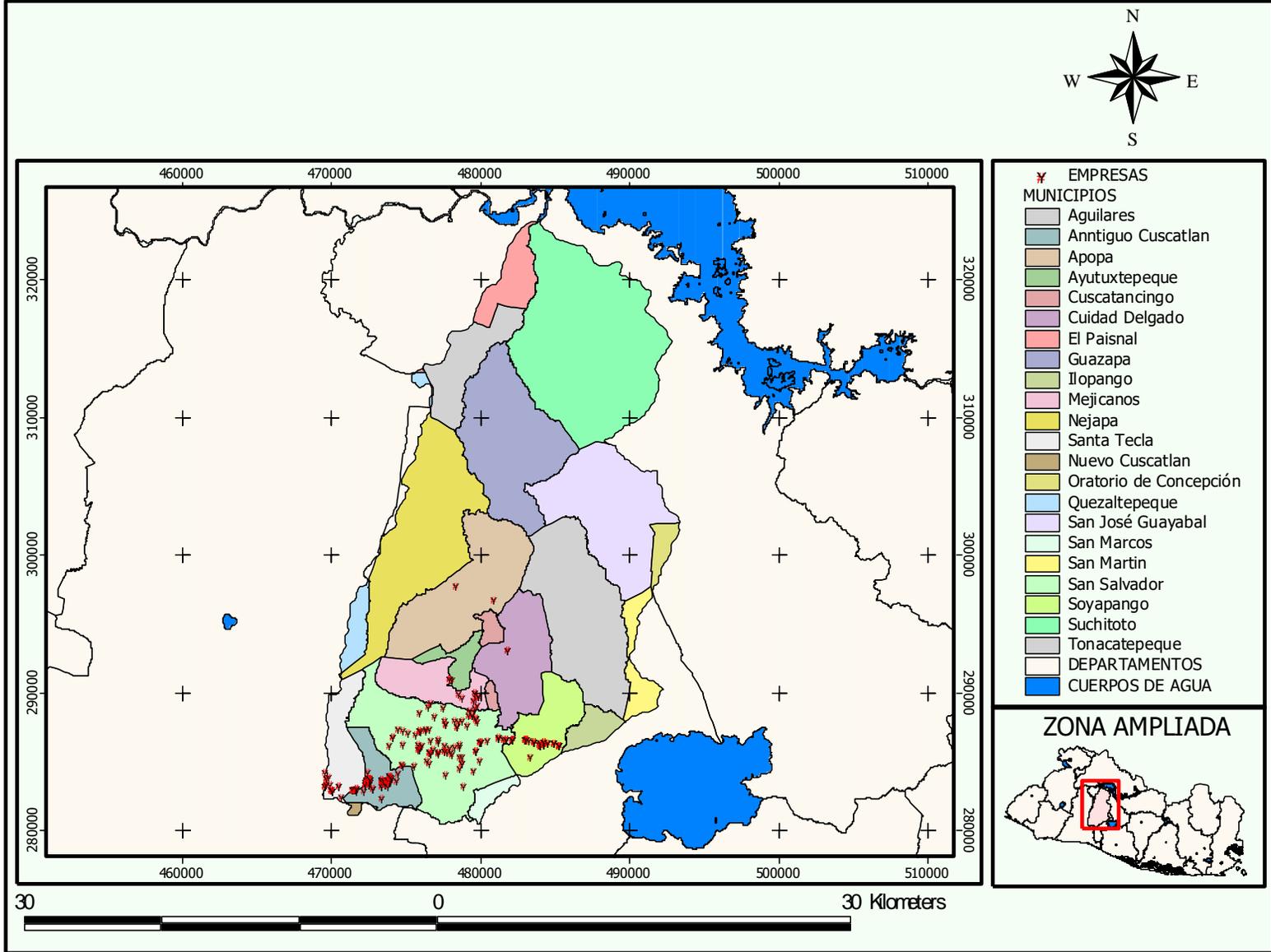
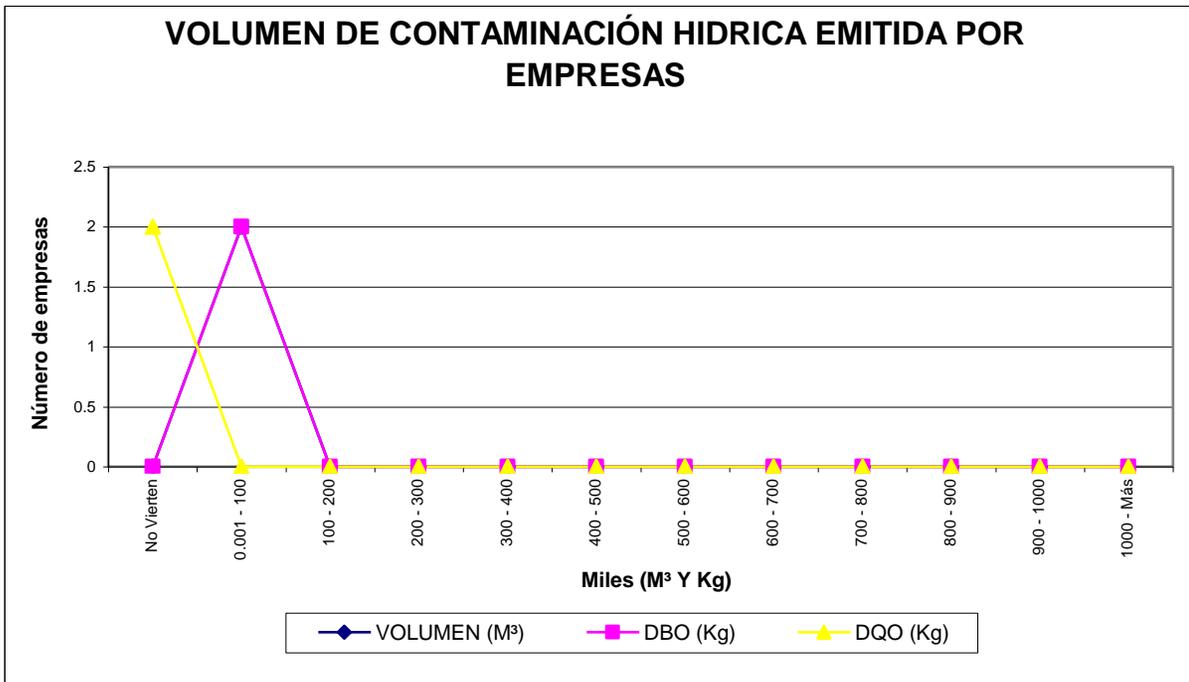


Figura 14. Mapa de empresas por municipios
 Fuente: Sistemas de Información Geográfica MARN

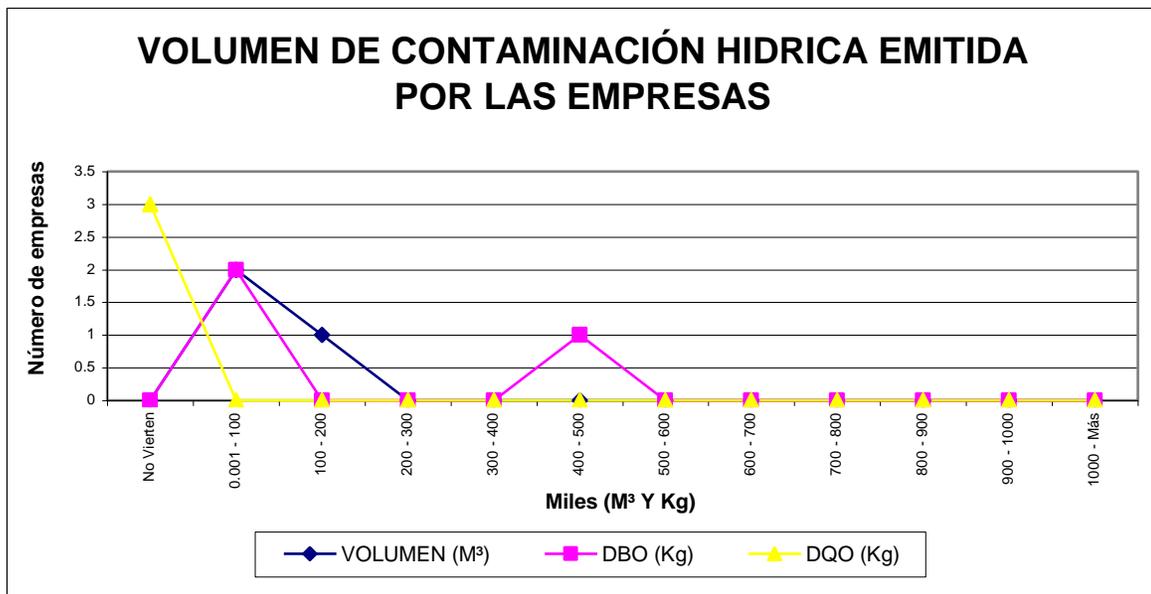
5.2.3.1.1.5 – Ciudad Delgado

El municipio de Ciudad Delgado, en el departamento de San Salvador, con una extensión territorial dentro de la subcuenca Acelhuate de 34.454 Km² y una población de 109,863 habitante para el año de 1992, según DIGESTIC, en su territorio se encuentran alojadas 2 empresas que generan 101,022.40 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 51,088.00 Kg. equivalente a 505.71 mg/lt; así también tienen una demanda química de oxígeno (DQO) de 0.00 Kg.; también tienen 29,664.00 Kg. equivalentes a 293.64 mg/lt de sólidos sedimentables; 303,232.00 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 3001.63 mg/lt; así como también presentan 0.00 Kg. de aceites, nitrógeno y fósforo; las aguas residuales del municipio de Delgado no presentan registro del valor de pH.



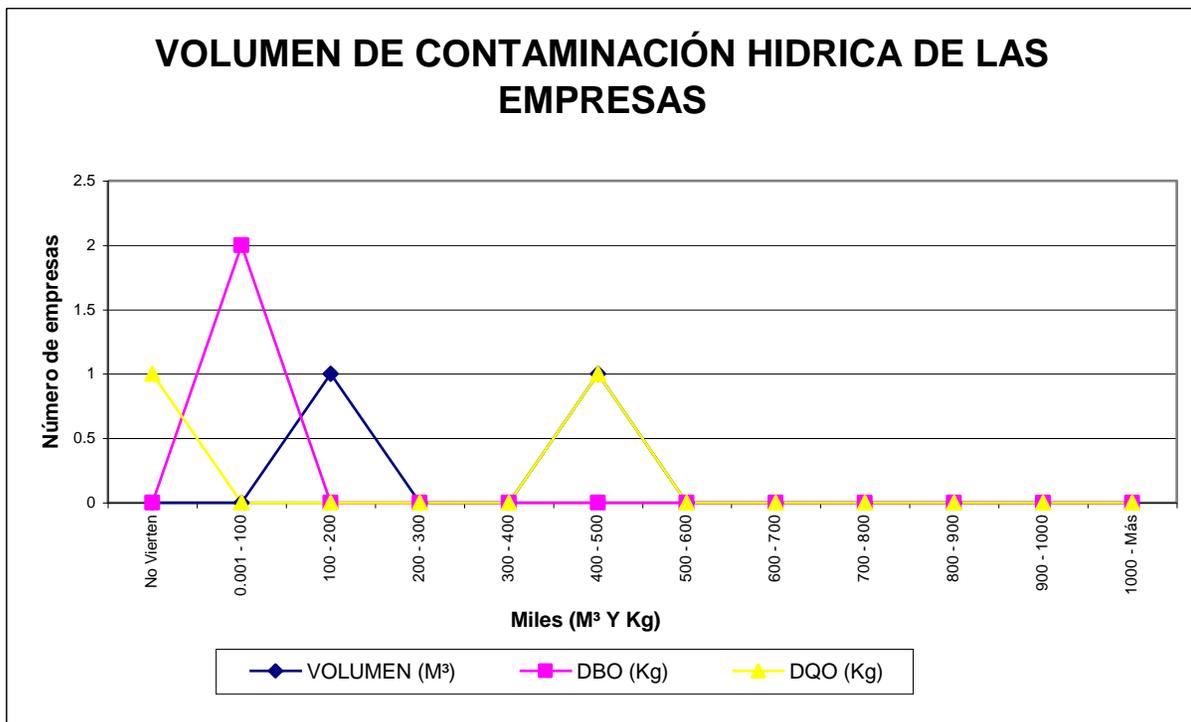
5.2.3.1.1.6 – Ayutuxtepeque

El municipio de Ayutuxtepeque, del departamento de San Salvador, con una extensión territorial de 7.609 Km² y una población de 23,810 habitantes, alberga dentro de sus territorio 3 empresas, las cuales generan 172,199.45 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 439,735.51 Kg. estos equivalen a 2553.64 mg/lt; una demanda química de oxígeno de 0.00 Kg.; 152,507.62 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 885.65 mg/lt; 0.00 Kg. de sólidos suspendidos totales ; 2,586.80 Kg. de aceites, equivalentes a 15.02 mg/lt; 1,772.85 Kg. de nitrógeno; equivalentes a 15.02 mg/lt; 0.00 Kg. de fósforo. Las aguas residuales de las empresas ubicadas en Ayutuxtepeque presentan un pH de 8.



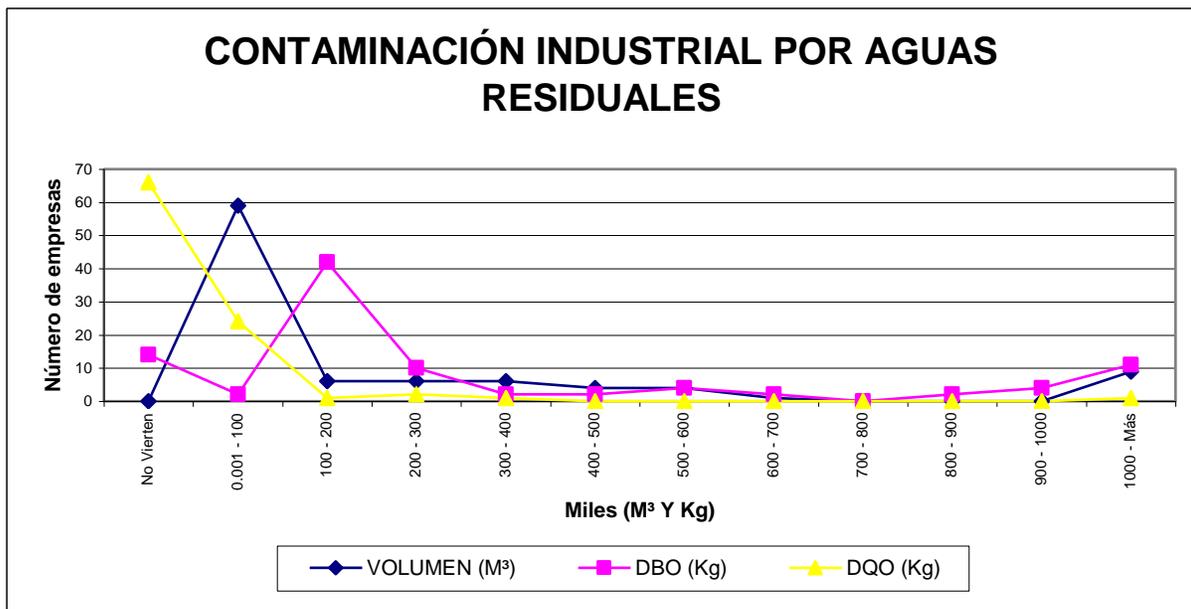
5.2.3.1.1.7 – Apopa

El municipio de Apopa, del departamento de San Salvador, con una extensión territorial de 54.443 Km² y una población para el año de 1992 de 109,179 habitantes, alberga en su territorio 2 empresas que generan 617,291.31 mt² de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 115,234.90 Kg. equivalente a 186.68 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 434,736.00 Kg. equivalentes a 704.26 mg/lit; una cantidad de 146,738.00 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 237.71 mg/lit; 103,551.70 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 167.75 mg/lit; 57,662.90 Kg. de aceites, equivalentes a 93.41 mg/lit; 0.00 Kg. de nitrógeno y fósforo, las aguas residuales de las empresas ubicadas en el municipio de Apopa presentan un pH máximo de 10.



5.2.3.1.1.8 – Antigua Cuscatlán

El municipio de Antigua Cuscatlán, en el departamento de La Libertad, con una extensión territorial dentro de la subcuenca Acelhuate de 16.495 Mt² y 28,187 habitantes; alberga en su interior 95 empresas, las cuales generan 769,974,973.74 mt³ de aguas residuales, este volumen de aguas residuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 30,600,106.16 Kg. equivalentes a 39.74 mg/lit; 6,938,793.07 Kg. de demanda química de oxígeno (DQO), equivalente a 9.01 mg/lit; también presentan 37,777,322.78 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 49.06 mg/lit; 151,961,422.42 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 197.36 mg/lit; 152,847.97 Kg. de aceites, equivalentes a 0.20 mg/lit; 2,212,812.96 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 2.87 mg/lit; 1,101,959.43 Kg. de fósforo, equivalente a 1.43 mg/lit. Las aguas residuales de las empresas instaladas en el municipio de Antigua Cuscatlan tienen un valor de pH mínimo de 4 y un máximo de 12.

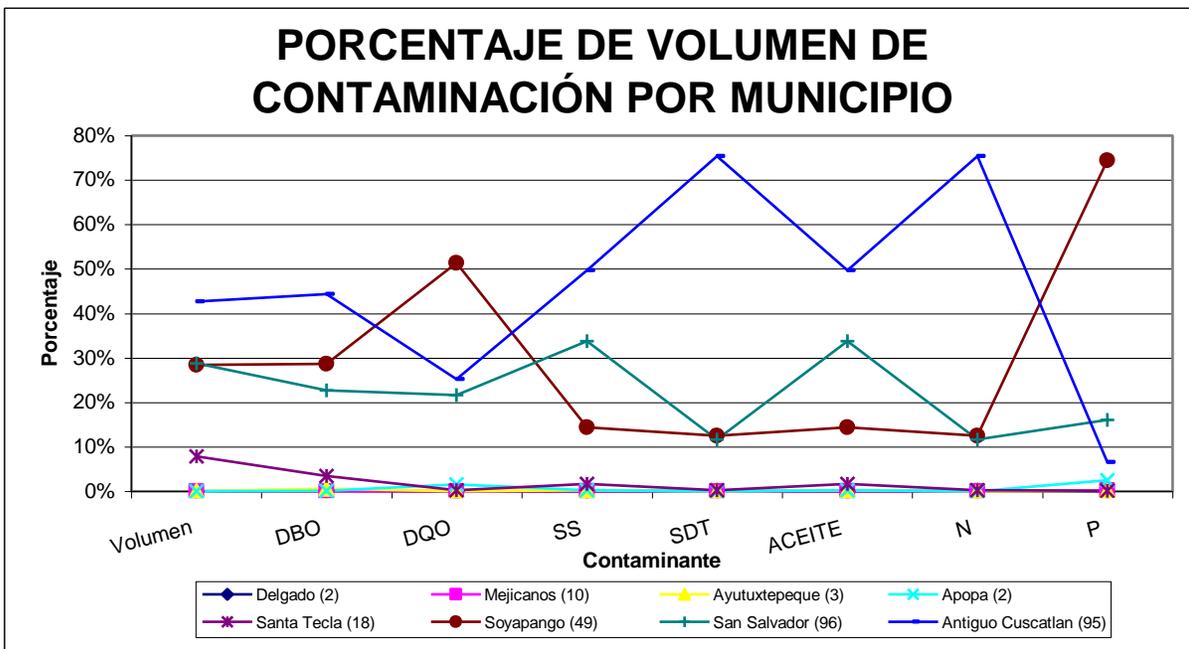


MUNICIPIO	VOLUMEN (M ³)	DBO (Kg.)	DQO (Kg.)	SS (Kg.)	SDT (Kg.)	ACEITES (Kg.)	N (Kg.)	P (Kg.)
Delgado	101,022.40	51,088.00	0.00	29,664.00	303,232.00	0.00	0.00	0.00
Mejicanos	139,603.19	17,000.59	1,931.63	8,634.05	5,521.50	4,943.09	3,248.37	0.00
Ayutuxtepeque	172,199.45	439,735.51	0.00	152,507.62	0.00	2,586.80	1,772.85	0.00
Apopa	617,291.31	115,234.90	434,736.00	146,738.00	103,551.70	57,662.90	0.00	0.00
Nueva San Sal	2,228,410.67	2,402,372.60	64,238.05	1,228,211.99	572,208.67	2,292.00	0.00	0.00
Soyapango	512,080,802.02	19,803,846.58	14,149,906.06	10,963,455.88	25,126,376.83	1,727,797.40	77,421.04	40,140.48
San Salvador	519,264,881.52	15,674,753.81	5,956,277.86	25,671,183.79	23,612,661.83	372,823.73	118,459.72	76,444.23
Antiguo Cuscatlán	769,974,973.74	30,600,106.16	6,938,793.07	37,777,322.78	151,961,422.42	152,847.97	2,212,812.96	1,101,959.43

Cuadro 10. Volúmenes de contaminación en aguas residuales industriales en los municipios de la subcuenca Acelhuate

MUNICIPIO	pH	VOLUMEN (M ³)	DBO (mg/lit)	DQO (mg/lit)	SS (mg/lit)	SDT (mg/lit)	ACEITES (mg/lit)	N (mg/lit)	P (mg/lit)
Santa Tecla	4-10	2,228,410.67	1,078.07	28.83	551.16	256.78	1.03	0.00	0.00
Antiguo Cuscatlan	4	769,974,973.74	39.74	9.01	49.06	197.36	0.20	2.87	1.43
Delgado	N D	101,022.40	505.71	0.00	293.64	3,001.63	0.00	0.00	0.00
Mejicanos	N D	139,603.19	121.78	13.84	61.85	39.55	35.41	23.27	0.00
Ayutuxtepeque	8	172,199.45	2,553.64	0.00	885.65	0.00	15.02	10.30	0.00
Apopa	10	617,291.31	186.68	704.26	237.71	167.75	93.41	0.00	0.00
Soyapango	7-10	512,080,802.02	38.67	27.63	21.41	49.07	3.37	0.15	0.08
San Salvador	4-12	519,264,881.52	30.19	11.47	49.44	45.47	0.72	0.23	0.15

Cuadro 11. Concentración de contaminación de las aguas residuales industriales en los municipios de la subcuenca Acelhuate.



Resumen: Los municipios de Mejicanos, Ayutuxtepeque y Delgado aportan el 0.01% del volumen total de aguas residuales, el municipio de Apopa aporta el 0.03 % del volumen total, Santa tecla el 7.85 % del volumen total de aguas residuales, Soyapango el 28.38 %, San Salvador el 28.77 % y el municipio de Antigua Cuscatlan aporta el 42.67 % del volumen total de aguas residuales industriales en las subcuenca Acelhuate.

De acuerdo al Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y zonas de protección, las empresas instaladas los municipio de la subcuenca Acelhuate se encuentran descargando más del limite máximo permisible de DBO₅, el cual esta comprendido entre 1.5 – 2.5 mg/lit, según la norma para aguas crudas superficiales que solamente requieren sistemas convencionales de tratamiento, el rango de pH, según el reglamento es de 6.5 – 9.2, emitido en las aguas residuales de las empresas, al igual que la DBO₅, se encuentra arriba del limite permisible, al limite máximo de aceites y grasas es de 20 mg/lit, por lo que las empresas de los municipio de Mejicanos y Apopa descargan volúmenes arriba de la norma más del limite máximo.

5.2.3.2.2 - Caracterización de las aguas residuales de las empresas por cantón

5.2.3.2.2.1 - Zacamil

El cantón Zacamil, con una extensión territorial de 5.906 Km² y una población de 131,972 habitantes, según el censo de 1992, del municipio de Mejicanos, este cantón es atravesado por los ríos Mariona con 1.63 kilómetros de longitud, Chagüite de 0.985 kilómetros de longitud y el río San Antonio con 3.053 kilómetros de longitud dentro del cantón, en el se encuentran instaladas 11 empresas que generan 139,603.19 M³ de aguas residuales, esta agua residuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 17,000.59 Kg. Equivalente a 121.78 mg/lit, una demanda química de oxígeno de 1,931.63 Kg. Equivalente a 13.84 mg/lit, 8,634.05 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 61.85 mg/lit, 5,521.50 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalente a 39.55 mg/lit, 4,943.09 Kg. de aceites equivalentes a 35.41 mg/lit, 3,248.37 Kg. de nitrógeno equivalentes a 23.27 mg/lit y 0.00 Kg. de Fósforo.

5.2.3.2.2.2 - Santa Tecla

La ciudad de Santa Tecla con una extensión territorial de 4.015 Km² dentro de la subcuenca Acelhuate y una población de 98,392 habitantes, según el censo de 1992, del municipio de Nueva San Salvador, en ella se encuentran alojadas 9 empresas que generan 1,088,627.90 Mt³ de aguas residuales, estas tienen una demandad bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 393,253.70 Kg., equivalentes a 361.24 mg/lit , 50,837.24 Kg. de Demanda Química de Oxígeno (DQO) equivalentes a 46.70 mg/lit, 55,464.20 Kg. de sólidos sedimentables equivalentes a 491.87 mg/lit, 564,545.08 Kg. de sólidos suspendidos totales equivalentes a 518.58 mg/lit, 2,292.00 Kg. de aceites equivalentes a 2.11 mg/lit y 0.00 Kg. de nitrógeno y fósforo. El pH de las agua residuales de las diferentes empresas presenta un PH máximo de 10.

5.2.3.2.2.3 - Santa Elena

La ciudad de Santa Elena con un área dentro de la subcuenca del río Acelhuate de 3.509 Km², y una población, de acuerdo al censo de 1992, de del municipio de Antiguo Cuscatlan, aloja dentro de ella 56 empresas que generan 763, 996,084.08 Mt³, de aguas residuales, con un pH máximo de 10, esta agua residuales presentan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 18, 408,444.69 Kg., equivalentes a 24.09 mg/lit; 6,545.644.86 Kg. de demanda química de oxígeno (DQO), equivalentes a 8.57 mg/lit; 25, 387,448.86 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 33.23 mg/lit; 142, 607,623.04 Kg.

de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 186.66 mg/lit; 147,632.04 Kg. De aceite, equivalentes a 0.19 mg/lit; 2, 070,342.90 Kg. de nitrógeno equivalentes a 2.71 mg/lit y 1, 032,280.50 Kg. de fósforo equivalentes a 1.35 mg/lit.

5.2.3.2.2.4 - Los Llanitos

El Cantón los Llanitos con un área de 5.867 Km² y una población de acuerdo al censo de 1992 de 2855 habitantes, del municipio de Ayutuxtepeque, aloja 3 empresas que generan un volumen de 172,199.45 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 439,735.51 Kg. Equivalente a 2553.64 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 0.00 Kg., 152,507.62 Kg. De sólidos sedimentables equivalente a 885.65 mg/lit; 0.00 Kg. de sólidos suspendidos totales, 2,586.80 Kg. de aceite equivalentes a 15.02 mg/lit; 1,772.85 Kg. de nitrógeno equivalentes a 10.30mg/lit y 0.00 Kg. de fósforo. Estas aguas residuales presentan un pH máximo de 8.

5.2.3.2.2.5 - Lomas de Candelaria

Lomas de candelaria del municipio de San Salvador con un área de 8.153 Km², el censo de 1992 solo reporta la población por municipio, aloja 1 empresa que genera 734.98 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen un pH de 7, una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 59,682.33 Kg. equivalente a 81202.66 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 221,981.61 Kg. equivalente a 302024.01 mg/lit; así como 1,486.48 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 2022.48 mg/lit; 5,533.023.50 Kg. De sólidos suspendidos totales equivalentes a 7528127.98 mg/lit; 0.00 Kg. de aceite, 82.582.45 Kg. de nitrógeno equivalentes a 112360.13 mg/lit y 41,291.22 Kg. de fósforo equivalentes a 56180.06 mg/lit.

5.2.3.2.2.6 - Puerta de la Laguna

La Puerta de la Laguna del municipio de Antigua Cuscatlan con una extensión territorial de 2.216 Km², alberga 35 empresa que generan 4,597,594.33 Mt³ los cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 12,187,551.57 Kg. equivalentes a 2650.85 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 392,908.21 Kg. equivalentes a 85.46 mg/lit; así como también 4,174,731.82 Kg. de sólidos sedimentables equivalentes 908.03 mg/lit; 9,351,379.90 Kg. de sólidos suspendidos totales equivalentes a 2033.97 mg/lit; 5,148.43 Kg. de aceites equivalentes a 1.12 mg/lit; 142,460.76 Kg. de nitrógeno equivalentes a 30.99 mg/lit y 69,678.93 Kg. de fósforo equivalentes a 15.16 mg/lit; esta agua residuales presentan un pH máximo de 12.

5.2.3.2.2.7 - La Labranza

El cantón La Labranza con una extensión dentro de la subcuenca Acelhuate de 4.067 Km² y una población de 477 Habitantes, según censo de 1992, alberga 3 empresas que generan 1,381,122.53 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 3,728.30 Kg. equivalentes a 2.70 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 240.00 Kg. Equivalentes a 0.17 mg/lit; 8,214,983.70 Kg. de sólidos sedimentables equivalentes a 5948.05 mg/lit; 2,181.30 Kg. de sólidos suspendidos totales equivalentes a 1.58 mg/lit; 67.50 Kg. de aceites equivalentes a 0.05 mg/lit; 9.30 Kg. de nitrógeno equivalentes a 0.01 mg/lit y 0.00 Kg. de fósforo, esta agua residuales presentan un pH máximo de 7.

5.2.3.2.2.8 - La Ceiba de Guadalupe

La Ceiba de Guadalupe del municipio de Antiguo Cuscatlan, con una extensión dentro de la subcuenca Acelhuate de 2.627 Km², se encuentra alojando 1 empresa, la cual genera un volumen de 172.80 Mt³ de aguas residuales, estas tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 381.60 Kg. equivalentes a 2208.33 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 0.00 Kg.; 158.40 Kg. De sólidos sedimentables equivalentes a 916.67 mg/lit; 237.60 Kg. de sólidos suspendidos totales; 0.00 Kg. de nitrógeno e igual cantidad de fósforo. Esta agua no tiene reporte del valor de pH.

5.2.3.2.2.9 - El Tejar

El Tejar, del municipio de San Salvador, con una extensión territorial dentro de la subcuenca Acelhuate de 5.868 Km², el censo de 1992 solo reporta la población por municipio de San Salvador, alberga 5 empresas, las cuales generan 8,711,268.00 Mt³ de aguas residuales, estas tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 1,102,971.00 Kg. equivalentes a 126.61 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 1,944,456.00 Kg. equivalente a 223.21 mg/Lit; 174,556.00 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 20.04 mg/lit; 5,446,347.00 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 625.21 mg/lit; 55,585 Kg. de aceites, equivalentes a 6.38 mg/lit; 2,529 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 0.29 mg/lit y 0.00 Kg. de fósforo. Estas aguas residuales presentan un pH máximo de 12.

5.2.3.2.2.10 - El Matazano

El Matazano, del municipio de Santa Tecla, con una extensión territorial de 2.386 Km² y una población de 1,281 habitantes se encuentra alojando 9 empresas que generan

1,139,782.77 Mt³ de aguas residuales, estas tienen 2,009,118.90 Kg. de demanda bioquímica de oxígeno, equivalentes a 1762.72 mg/lit; 13,400.81 Kg. de demanda química de oxígeno, equivalente a 11.76 mg/lit; 692,747.79 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 607.79 mg/lit; 7,663.59 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalente a 6.72 mg/lit; 0.00 Kg. de aceite, nitrógeno y fósforo, las aguas residuales de las empresas de El Matazano presentan un pH mínimo de 4 y un máximo de 8.

5.2.3.2.2.11 - El Guaje

El Guaje, del municipio de Soyapango, con una extensión territorial de 5.941 Km², el censo de 1992 solo reporta la población por municipio de Soyapango, se encuentra alojando dentro de su extensión en la subcuenca Acelhuate 31 empresas las cuales generan 506,953,305.87 Mt³ de aguas residuales con una demanda bioquímica de oxígeno de 6,118,211.46 Kg. equivalente a 12.07 mg/lit; 13,941,411.91 Kg. de demanda química de oxígeno (DQO), equivalente a 27.50 mg/lit; 6,268,209.76 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 12.36 mg/lit; 19,938,436.53 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalente a 39.33 mg/lit; 1,727,797.40 Kg. de aceites, equivalente a 3.41 mg/lit; 0.00 Kg. de nitrógeno y 1,429.96 Kg. de fósforo, equivalente a 0.00 mg/lit; las aguas de las empresas dentro de El Guaje presentan un pH máximo de 10.

5.2.3.2.2.12 - El Ángel

El Ángel, en el municipio de Apopa, con una extensión territorial de 8.950 Km² y una población de 9827 habitante para el año de 1992, aloja 2 empresas que generan 617,291.31 Mt³ de aguas residuales las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 115,234.90 Kg. equivalente a 186.68 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 434,739.00 Kg. Equivalente a 704.26 mg/lit; así como también generan 146,738.00 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 237.71 mg/lit; 103,551.70 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 167.75 mg/lit; 57,662.90 Kg. de aceites, equivalentes a 93.41 mg/lit; 0.00 Kg. de nitrógeno y fósforo, esta agua residuales tienen un pH máximo de 10.

5.2.3.2.2.13 - Ciudad Capital

La Ciudad Capital del municipio de San salvador con una extensión territorial de 4.240 Km², el censo de 1992 solo reporta la población por municipio de San Salvador, alberga 90 empresas que generan 51,552,878.54 Mt³ de aguas residuales, las cuales tiene una demanda bioquímica de oxígeno de 14,512,100.10 Kg. equivalentes a 28.42 mg/lit; y una

demanda química de oxígeno de 3,789,840.22 Kg. Equivalente a 7.42 mg/lit; 25,495,141.55 Kg. de sólidos sedimentables, equivalente a 49.94 mg/lit; 12,633,291.33 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 24.74 mg/lit; 317,238.74 Kg. de aceites, equivalentes a 0.62 mg/lit; 33,348.27 Kg. de nitrógeno, equivalente a 0.07 mg/lit y 35,153.01 Kg. de fósforo, equivalente a 0.07 mg/lit; esta agua residuales presenta un pH máximo de 12.

5.2.3.2.2.14 - Calle Real

Calle Real del municipio de Ciudad Delgado, con una extensión territorial de 3.507 Km² y una población para el año de 1992 de 17,998; aloja 2 empresas que generan 101,022.40 Mt³ de aguas residuales las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno de 51,088.00 Kg. equivalentes a 505.71 mg/lit; y una demanda química de oxígeno de 0.00 Kg., así también esta agua presentan 29,664.00 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 293.64; 303,232.00 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 3001.63 mg/lit; 0.00 Kg. de aceite, nitrógeno y fósforo. Estas aguas residuales no presentan informe de pH.

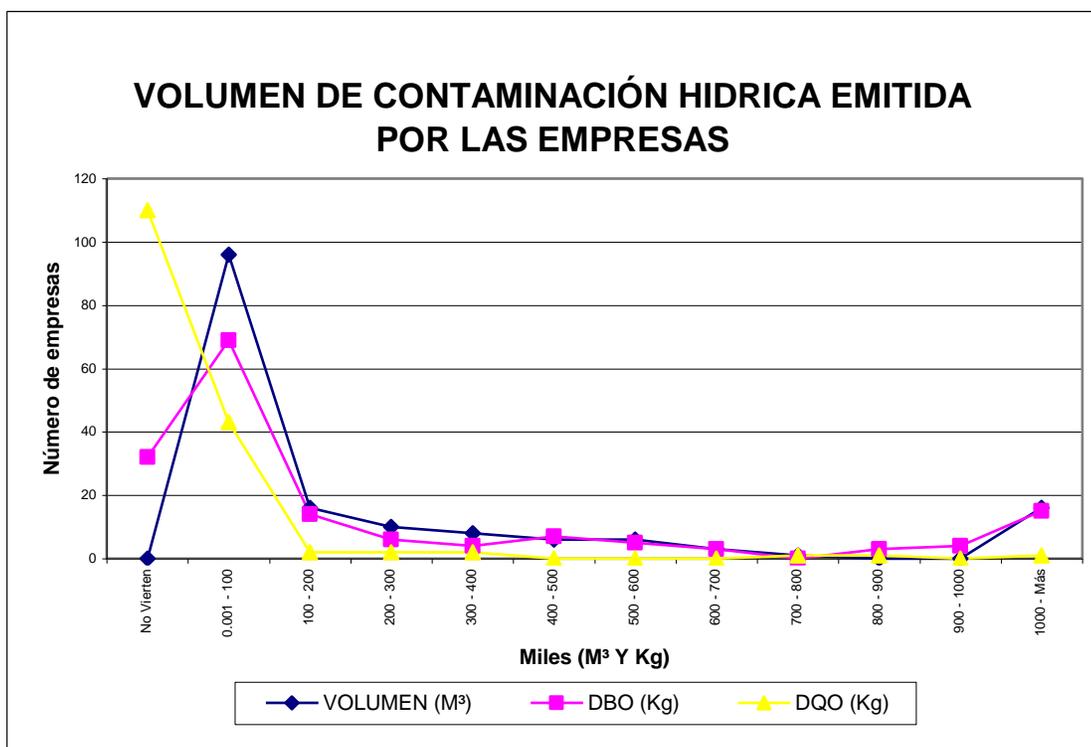
5.2.3.2.2.15 - Buena Vista

El cantón Buena vista del municipio de Soyapango, con un área de 5.442 Km² dentro de la subcuenca Acelhuate, el censo de 1992 solo reporta la población por municipio de Soyapango, aloja 18 empresas las cuales generan 5, 127,496.15 Mt³ de aguas residuales las cuales necesitan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 13,685,635.12 Kg. Equivalentes a 2669.07 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 208,494.15 Kg. equivalentes a 40.66 mg/lit; 4,695,246.12 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 915.70; 5,187,940.30 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 1011.79 Mg/lit; 0.00 Kg. de aceites, 77,421.04 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 15.10 mg/lit y 38,710.52 Kg. de fósforo, equivalentes a 7.55 mg/lit. Las aguas residuales de las empresas del cantón Buena Vista tienen un pH máximo de 9.

5.2.3.2.3 - Caracterización de las aguas residuales de las empresas por microcuenca

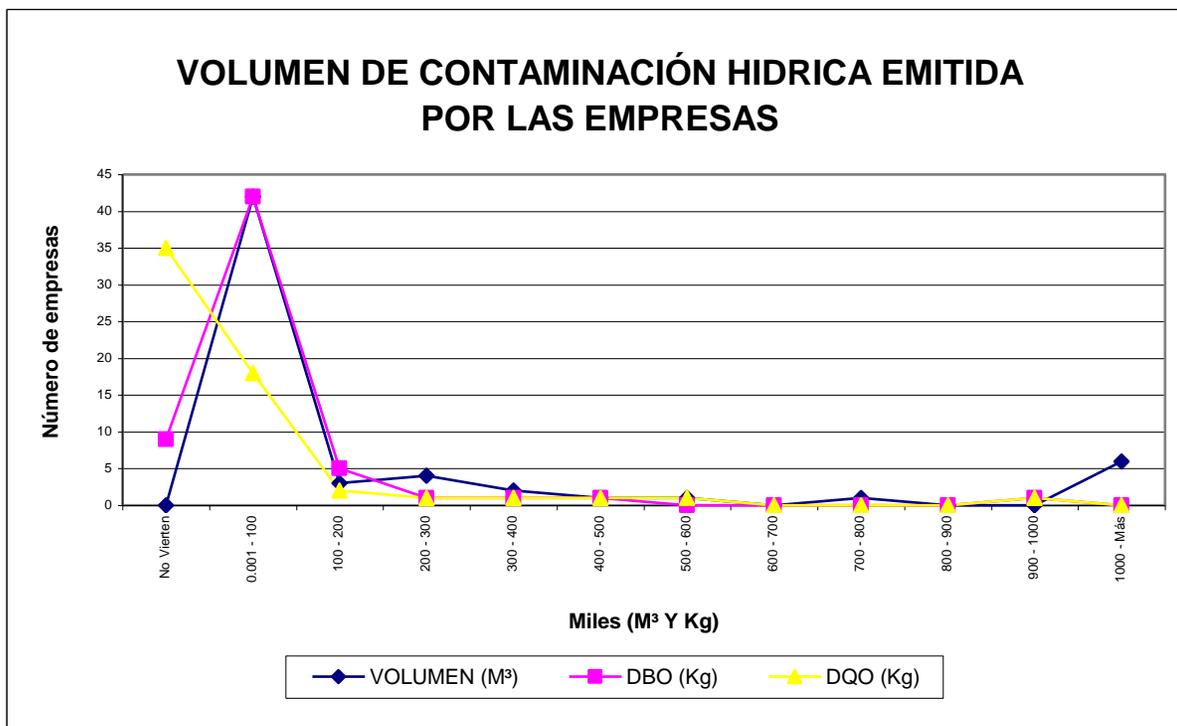
5.2.3.2.3.1 - Arenal Montserrat

La microcuenca Arenal Montserrat, ubicada en los municipios de San salvador con una área dentro de la microcuenca de 22.482 Km², Antiguo Cuscatlán con un área dentro de la microcuenca de 16.041 Km² y Santa Tecla con un área dentro de la microcuenca de 16.544 Km², Nuevo Cuscatlán con un área dentro de la microcuenca de 0.797 Km², siendo el área total de la microcuenca de 55.914 Km², se encuentra alojando 162 empresas, las cuales generan 1,239,993,745.81 Mt³ de aguas residuales, estas tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 44,670,123.64 Kg., equivalentes a 36.02 mg/lit; 9,360,845.00 Kg. de demanda química de oxígeno (DQO), equivalentes a 7.55 mg/lit; 63,216,418.37 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 50.98 mg/lit; 161,415,797.81 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 130.17 mg/lit; así también presentan 365,447.61 Kg. de aceites, equivalentes a 0.29 mg/lit; 2,225,272.30 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 1.79 mg/lit; 1,126,662.53 Kg. de fósforo, equivalentes a 0.91 mg/lit; las aguas residuales de las empresas ubicadas en la microcuenca Arenal Montserrat presentan un pH mínimo de 4 y un máximo de 12; en el Anexo 2. se puede apreciar los rangos de concentración de aguas residuales industriales para cada una de las microcuencas.



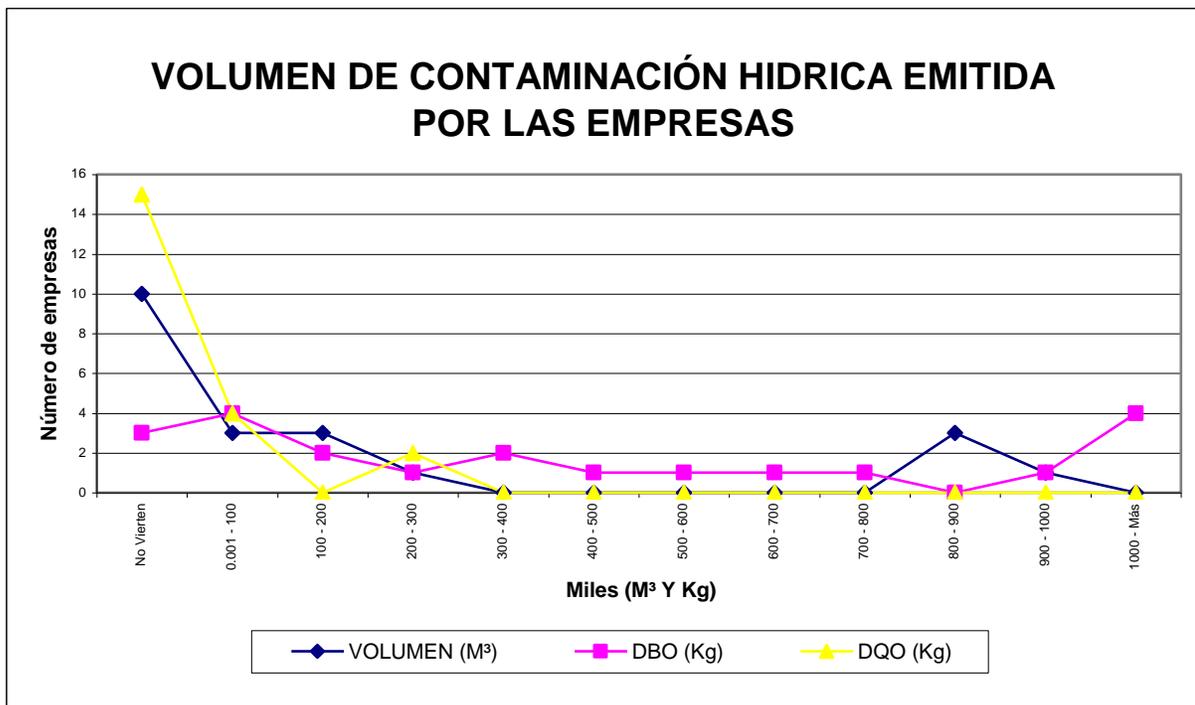
5.2.3.2.3.2 - Tomayate

La microcuenca Tomayate, con un área total de 111.486 Km², se encuentra dentro de los municipios de: Nejapa con una área dentro de la cuenca de 3.581 Km², Apopa con un área dentro de la microcuenca de 34.037 Km², Cuscatancingo con un área dentro de la microcuenca de 5.029 Km², Ayutuxtepeque con un área dentro de la microcuenca de 7.609 Km², Delgado con un área dentro de la microcuenca de 14.054 Km², Mejicanos con un área dentro de la microcuenca de 19.998 Km², Santa Tecla con un área dentro de la microcuenca de 0.749 Km², San Salvador con un área dentro de la microcuenca de 26.318 Km² y Soyapango con un área dentro de la microcuenca de 0.112 Km²; alberga en su interior 60 empresas, las cuales generan 51,158,577.52 Mt³ de aguas residuales, estas a la vez tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 3,306,082.17 Kg. equivalentes a 64.62 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 3,709,832.72 Kg. equivalentes a 72.52 mg/lit; 1,335,999.53 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 26.11 mg/lit; 9,457,193.81 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 184.86 mg/lit; 221,654.74 Kg. de aceites, equivalentes a 4.33 mg/lit; 25,910.15 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 0.51 mg/lit y 10,449.91 Kg. de fósforo, equivalentes a 0.20 mg/lit; esta agua residual presenta un pH mínimo de 4 y un máximo de 12.



5.2.3.2.3.3 – Intercuencia

Las riberas del río Acelhuate, las cuales no corresponden a ninguna microcuenca, con un área de 78.349 Km², se encuentra alojando en la parte sur 21 empresas, pertenecientes a los municipios de San Salvador y Soyapango, las cuales generan 5,211,708.13 Mt³ de aguas residuales con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 14,020,749.45 Kg. equivalentes a 2690.24 mg/lit; así también una demanda química de oxígeno (DQO) de 518,990.76 Kg. equivalentes a 99.58 mg/lit; 5,072,551.60 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 973.30 mg/lit; 11,227,346.80 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 2154.25 mg/lit; 4,496.00 Kg. de aceites, equivalentes a 0.86 mg/lit; 162,532.49 Kg. de nitrógeno, equivalentes a 31.19 mg/lit; 80,001.74 Kg. de fósforo, equivalentes a 15.35 mg/lit; las aguas residuales de las egresas instaladas en esta zona presentan un pH mínimo de 7 y un máximo de 12.

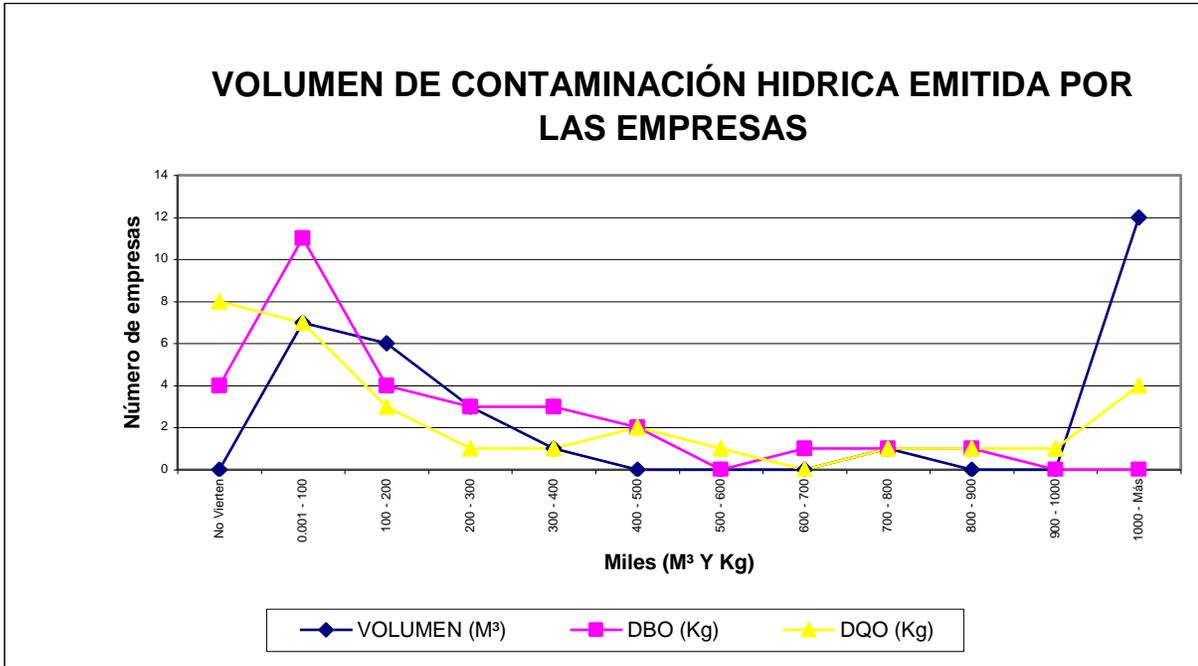


5.2.3.2.3.4 – Matalapa

La microcuenca Matalapa con una extensión territorial de 7.261, ubicada en la parte sur de la subcuenca Acelhuate y en la parte sur de los municipios de San Salvador y San Marcos, se encuentra alojando en su territorio 1 empresa, la cual genera 872,555.69 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 7,790.68 Kg. equivalentes a 16.96 mg/lit; 6,232.54 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 7.14 mg/lit; 0.00 Kg. de sólidos suspendidos totales; 1,558.14 Kg. de aceites, equivalentes a 1.79 mg/lit y 0.00 Kg. de nitrógeno y fósforo; las aguas residuales de esta empresa no presentan registro de pH.

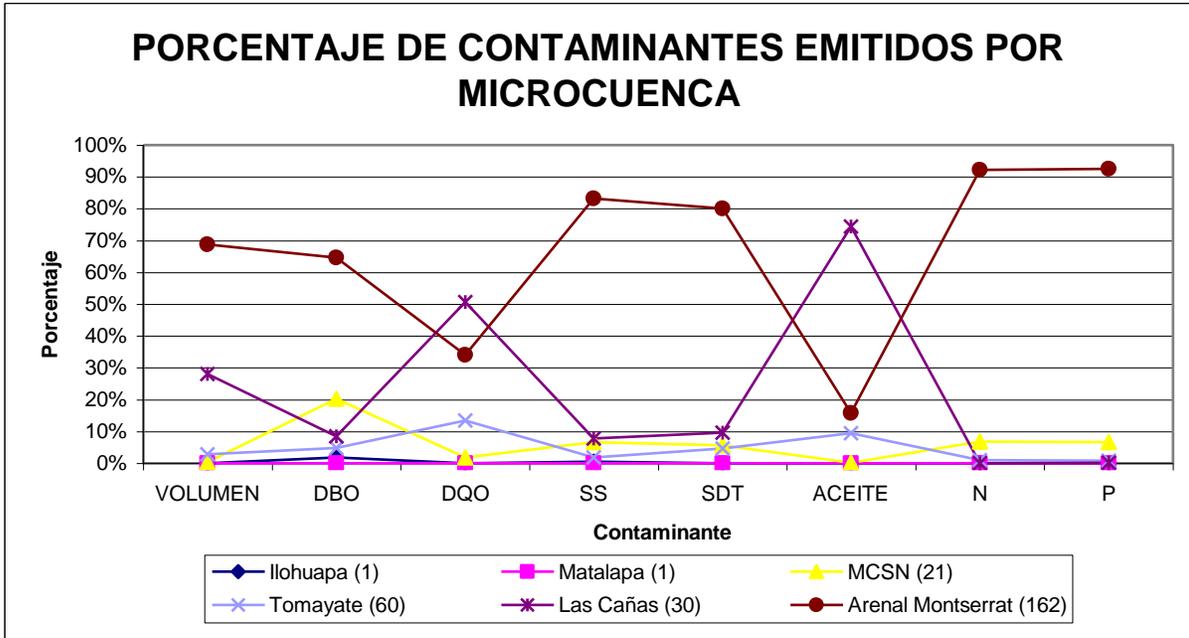
5.2.3.2.3.5 - Las Cañas

La microcuenca Las Cañas, de la subcuenca Acelhuate, ubicada en los municipios de Apopa, Tonacatepeque, Ciudad Delgado, San Martín, Ilopango y Soyapango, comprende un área de 64.505 Km², aproximadamente un 9% del área de la subcuenca Acelhuate, se encuentra alojando 30 empresas, las cuales generan 506,880,225.87 Mt³ de aguas residuales, las cuales tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 5,863,011.46 Kg. equivalentes a 11.57 mg/lit; una demanda química de oxígeno (DQO) de 13,941,411.91 Kg. equivalente a 27.50 mg/lit; 5,920,209.76 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 11.68 mg/lit; 19,584,636.53 Kg. de sólidos suspendidos totales, equivalentes a 38.64 mg/lit; 1,727,797.40 Kg. de aceites, equivalentes a 3.41 mg/lit; 0.00 Kg. de nitrógeno; 1,429.96 Kg. de fósforo, equivalentes a 0.00 mg/lit; las aguas residuales de las empresas ubicadas en la microcuenca las cañas presentan un pH mínimo de 8 y un máximo de 10.



5.2.3.2.3.6 - Ilohuapa

La microcuenca Ilohuapa, de la subcuenca Acelhuate, con una extensión territorial de 7.175 Km², ubicada en el municipio de San Salvador, se encuentra alojando una empresa la cual genera 462,371.28 Mt³ de aguas residuales, con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 1,236,380.75 Kg. equivalente a 2674.00 mg/lit; una demanda química de oxígeno de 0.00 Kg.; 426,306.31 Kg. de sólidos sedimentables, equivalentes a 922.00 mg/lit; 0.00 Kg. de sólidos suspendidos totales, aceites, nitrógeno y fósforo; las aguas de esta empresa tienen un valor de pH de 8.



Resumen de microcuencas: Como se puede apreciar en el cuadro 12, la microcuenca Arenal Montserrat se encuentra alojando 162 empresas, las cuales general la mayor cantidad de aguas residuales

MICROCUENCA	EMPRESAS	VOLUMEN (M ³)	DBO (Kg.)	DQO (Kg.)	SS (Kg.)	SDT (Kg.)	ACEITES (Kg.)	N (Kg.)	P (Kg.)
Ilohuapa	1	462,371.28	1,236,380.75	0.00	426,306.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Matalapa	1	872,555.69	7,790.68	14,802.28	6,232.54	0.00	1,558.14	0.00	0.00
Intercuenca	21	5,211,708.13	14,020,749.45	518,990.76	5,072,551.60	11,227,346.80	4,496.00	162,532.49	80,001.74
Tomayate	60	51,158,577.52	3,306,082.17	3,709,832.72	1,335,999.53	9,457,193.81	221,654.74	25,910.15	10,449.91
Las Cañas	30	506,880,225.87	5,863,011.46	13,941,411.91	5,920,209.76	19,584,636.53	1,727,797.40	0.00	1,429.96
Arenal Montserrat	162	1,239,993,745.81	44,670,123.64	9,360,845.00	63,216,418.37	161,415,797.81	365,447.61	2,225,272.30	1,126,662.53

Cuadro 12. Volúmenes de contaminación en aguas residuales industriales en las microcuencas

6 – CONCLUSIONES

Las Aguas residuales industriales constituyen un aporte importante en la carga de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, por lo que implementar medidas como producción mas limpia, tratamiento de vertidos antes de descargar al medio receptor, entre otras, constituyen las medidas inmediatas para la disminución de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

La carga de contaminación de las aguas residuales en la mayoría de municipios y microcuencas está por encima del Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección para aguas residuales, por lo que los sectores industriales no están aplicando sistemas de tratamiento o tecnologías adecuadas para disminuir la contaminación.

De continuar la contaminación de las aguas superficiales y la sobre explotación de las aguas subterráneas en el país la disponibilidad será cada vez menor y los costos de tratamientos de aguas para el abastecimiento será cada vez más altos.

7 – RECOMENDACIONES

Es de importancia que se continué con la investigación sobre la contaminación de los recursos hídricos, especialmente en las zonas urbanas que es donde se genera la mayor parte de la contaminación por ser estas donde se encuentra alojadas las industrias que vierten desechos producto de los procesos ineficientes de producción y los asentamientos urbanos. A partir de ello empezar a tomar decisiones para la descontaminación y preservación de las fuentes de agua que aseguren la disponibilidad y abastecimiento de agua a través del tiempo.

El pago por servicios ambientales podría ser una de las alternativas a implementar en la que se conceda un incentivo a los dueños de las propiedades donde se da la recarga de agua para la preservación de la vegetación, en donde los que pagarían el servicio serían las empresas y personas que utilizan y contaminan los recursos hídricos.

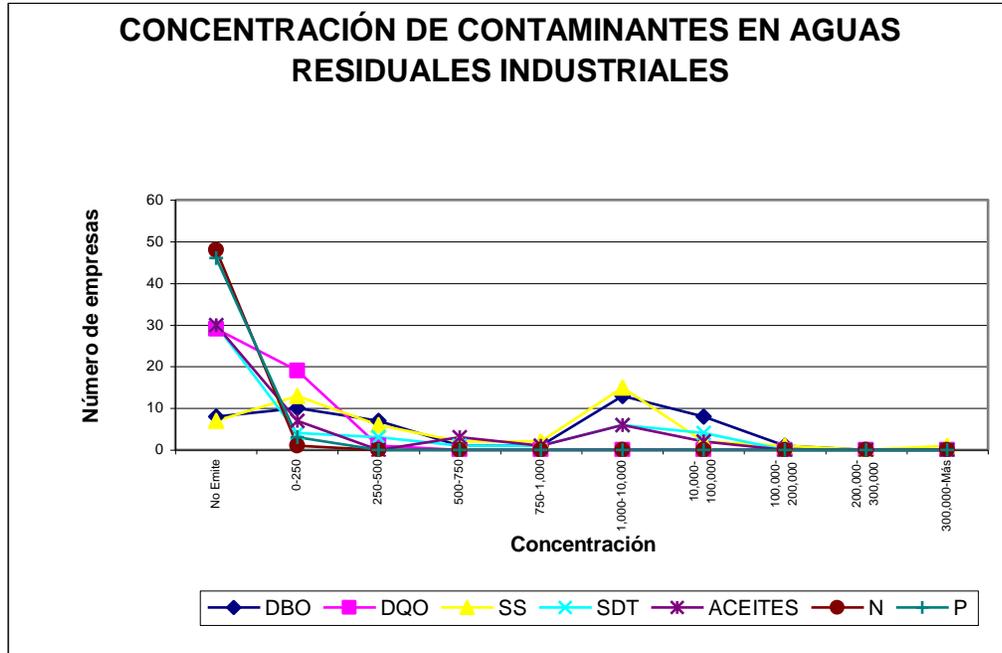
8 – BIBLIOGRAFIA

1. Cuellar, N. 2001. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. Boletín N° 43. PRISMA. San Salvador, El Salvador. Pág. 1. Disponible línea: www.prisma.org.sv
2. Deborah Barry. 1994. El agua: Limite ambiental para el desarrollo de futuro de El Salvador. PRISMA. Boletín N° 5. Pág. 1 y ss. San Salvador, El Salvador. Disponible línea: www.prisma.org.sv
3. Esquivel Orellana, O. A. 1996. Investigación aplicada sobre el impacto ambiental de la contaminación del agua en las cuencas de los ríos Sucio, Acelhuate y Cuaya. UCA– FIAES. San salvador, El salvador. Pág. 11 y ss.
4. Esquivel Orellana, Olga Armida. 1997. Investigación aplicada sobre el impacto ambiental de la contaminación del agua en las cuencas de los ríos Sucio, Acelhuate y Cuaya. UCA – FIAES. San salvador, El salvador. s. e. Pág. 11 y ss
5. Lungo, Mario; Oporto, Francisco; Roberto, Chinchilla. 1996. Proceso de urbanización y sostenibilidad en El salvador. PRISMA. Boletín N° 17. San Salvador, El Salvador. Pág. 1 y ss. Disponible línea: www.prisma.org.sv
6. MAG – DGRNR – PAES. 1997 – 2003. Análisis de resultados del monitoreo preliminar de contaminación de las subcuencas de los río Sucio, Suquiapa y Acelhuate. San Salvador, El Salvador. Pág. 2 y ss.
7. MAG – DGRNR- Administración de Desarrollo de Ultramar. 1979. Proyecto de ordenamiento del río Acelhuate, Propuesta de plan de manejo de la subcuenca del río Acelhuate. El Salvador; Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. Pág. 5-103.
8. Nelson Cuéllar. 2001a. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. PRISMA. Boletín N° 43. San Salvador, El Salvador. Pág. 1 y ss. Disponible línea: www.prisma.org.sv
9. Nelson Cuéllar. 2001b. Los desafíos del agua y la reforma del sector hídrico en El Salvador: La respuesta institucional. PRISMA. Boletín N° 45. San Salvador, El Salvador. Pág. 1,3,4. Disponible línea: www.prisma.org.sv

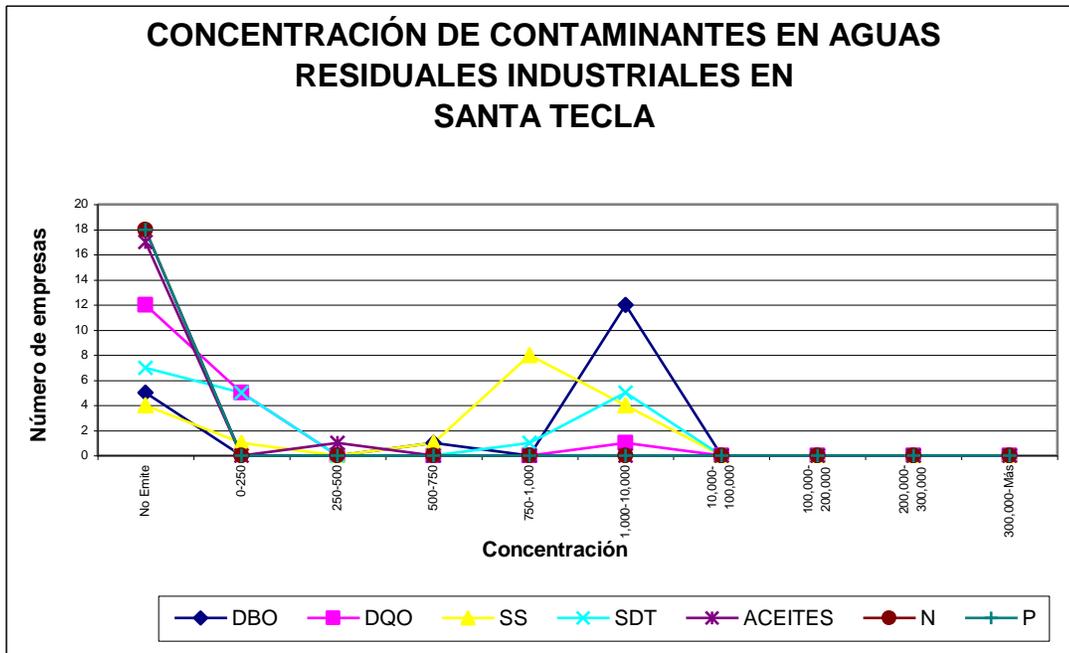
10. Nelson Cuéllar; Roberto Duarte. 2001. Alteración del ciclo hidrológico en El Salvador: Tendencias y desafíos para la gestión territorial. PRISMA. Boletín N° 44. San Salvador, El Salvador. Pág. 1 – 5. Disponible línea: www.prisma.org.sv
11. Nelson Cuéllar; Silvia de Larios. 2001. Acceso al agua potable en El Salvador, tendencias, perspectivas y desafíos. PRISMA. Boletín N° 42. San Salvador, El Salvador. Pág. 1,2,3,5. Disponible línea: www.prisma.org.sv
12. Raúl Artiga; Herman Rosa. 1999. La reforma del sector hídrico en El Salvador: Oportunidad para avanzar hacia la gestión integrada del agua . PRISMA. Boletín N° 38. San Salvador, El Salvador. Pág. 1-3. Disponible línea: www.prisma.org.sv
13. SNET. 2002. Propuesta de descontaminación del canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. (En línea). San salvador, El Salvador. Consultado 25 enero de 2004. Disponible en: www.snet.gob.sv/Documentos/dac/documento.pdf
14. SNET. 2003. Análisis de riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del Arenal de Montserrat. (En línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 25 enero de 2004. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/rapca/InformeFinal.pdf>
15. UCA – FIAES. 1997. Monitoreo de calidad de recursos hídricos en las cuencas Sucio y Acelhuate y protección de márgenes del río Sucio. San Salvador, El salvador. Pág. 1 y ss.

9 – ANEXOS

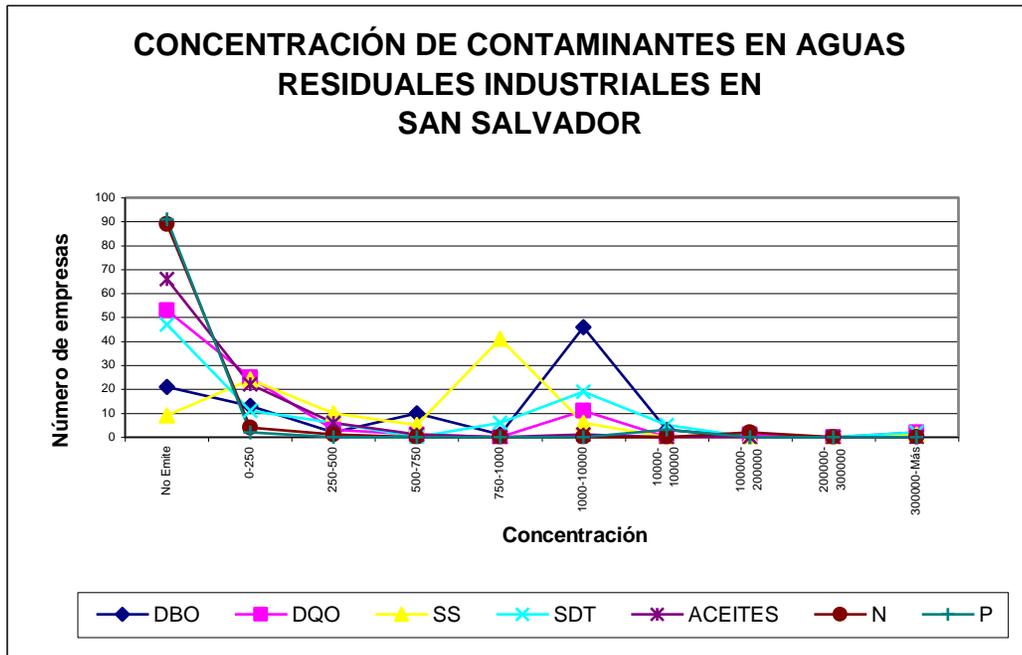
Anexo 1. Rango de concentración de contaminantes en los municipio Municipio de Soyapango



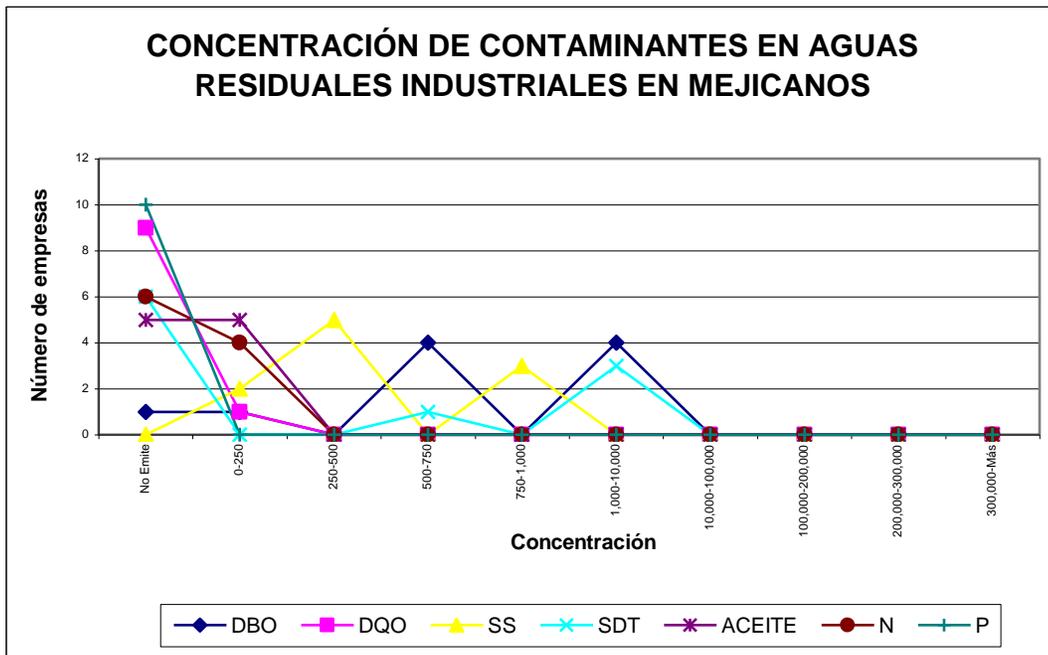
Municipio de Santa Tecla



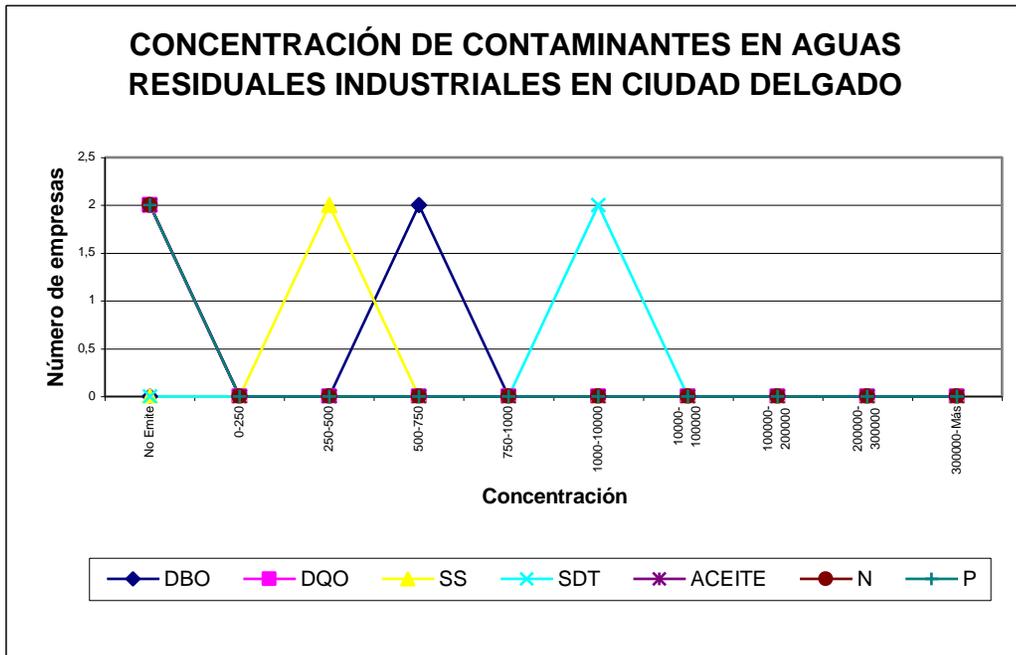
Municipio de San Salvador



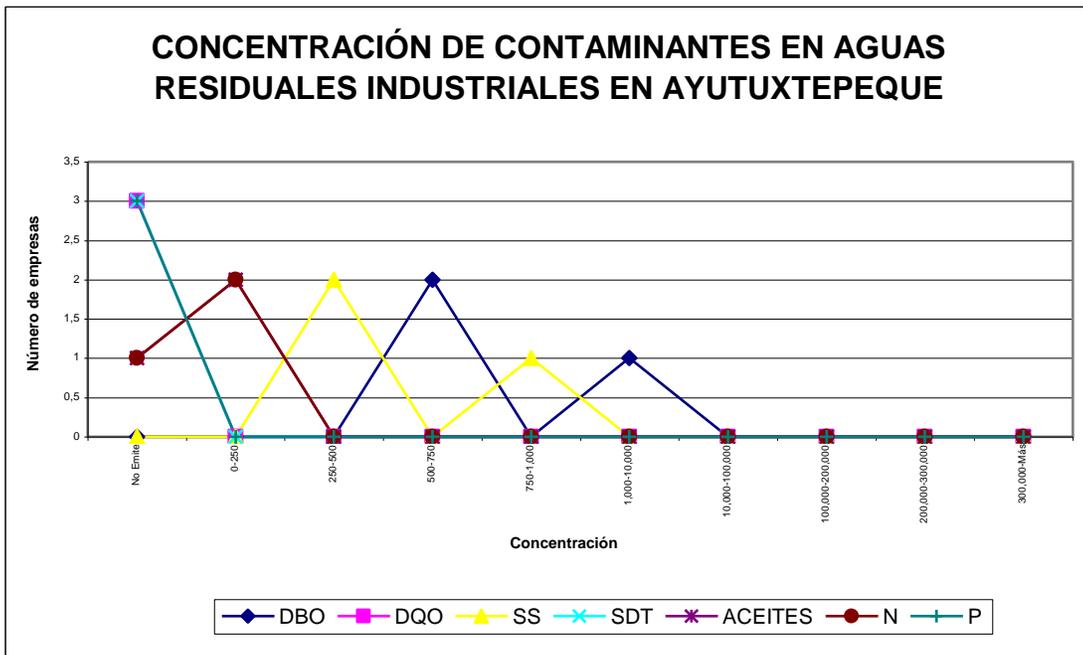
Municipio de Mejicanos



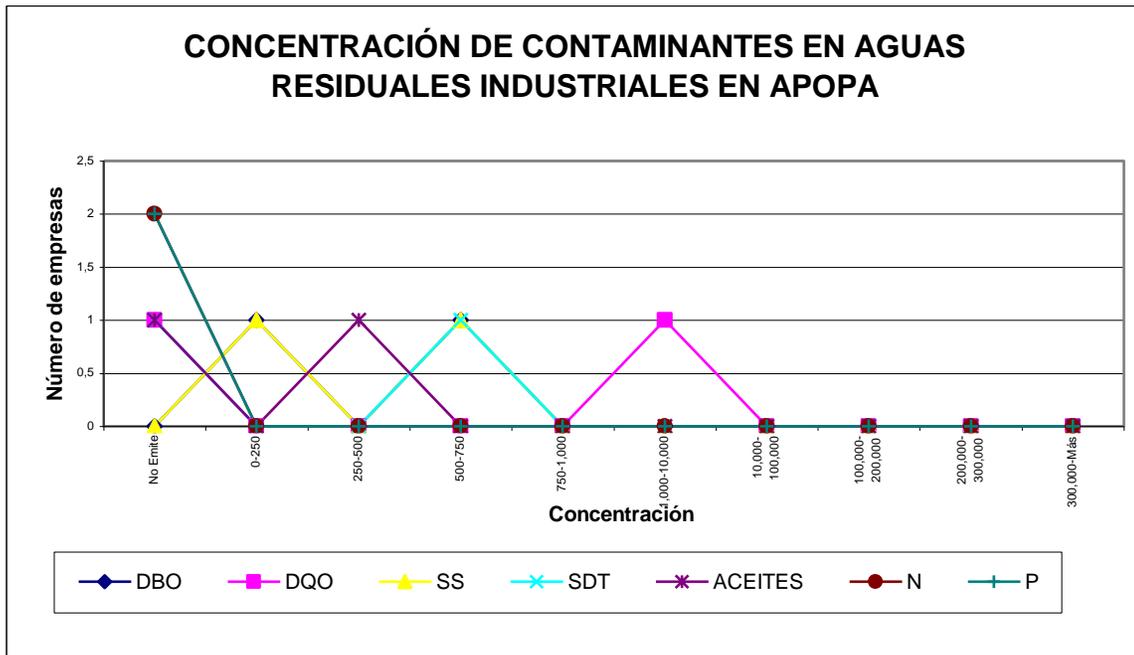
Municipio de Ciudad Delgado



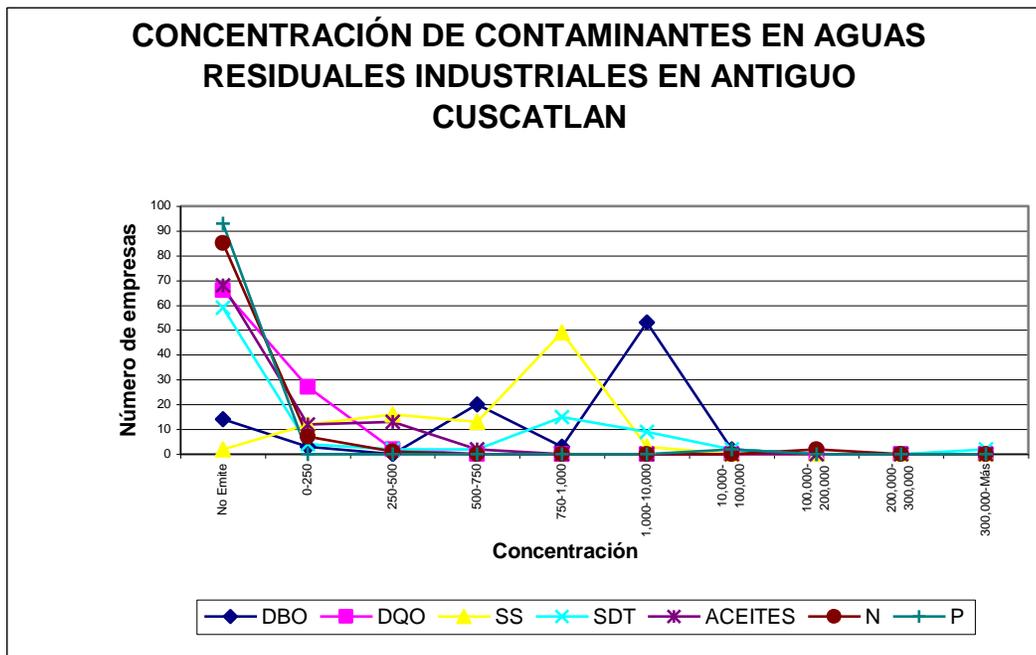
Municipio de Ayutuxtepeque



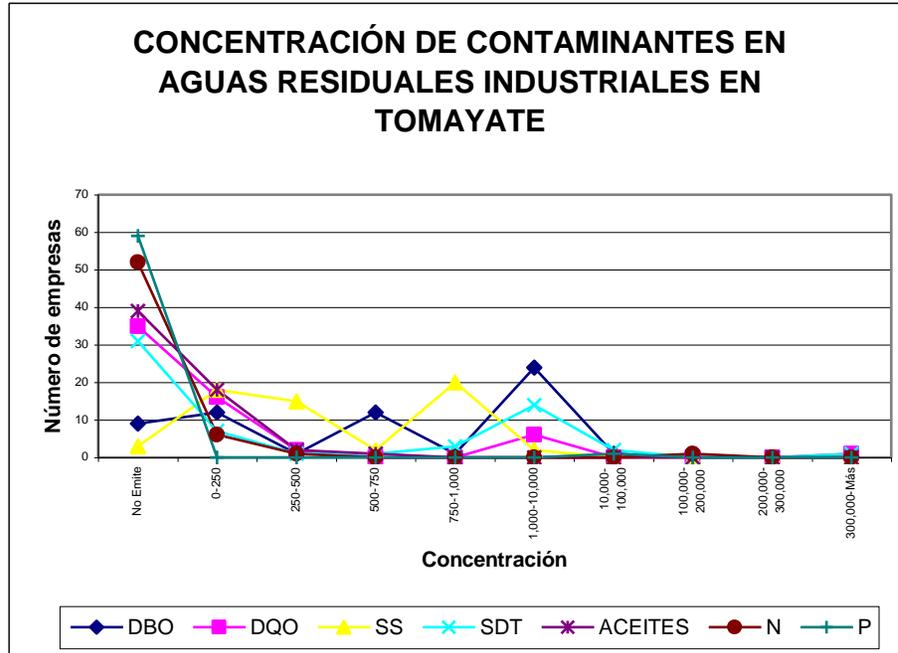
Municipio de Apopa



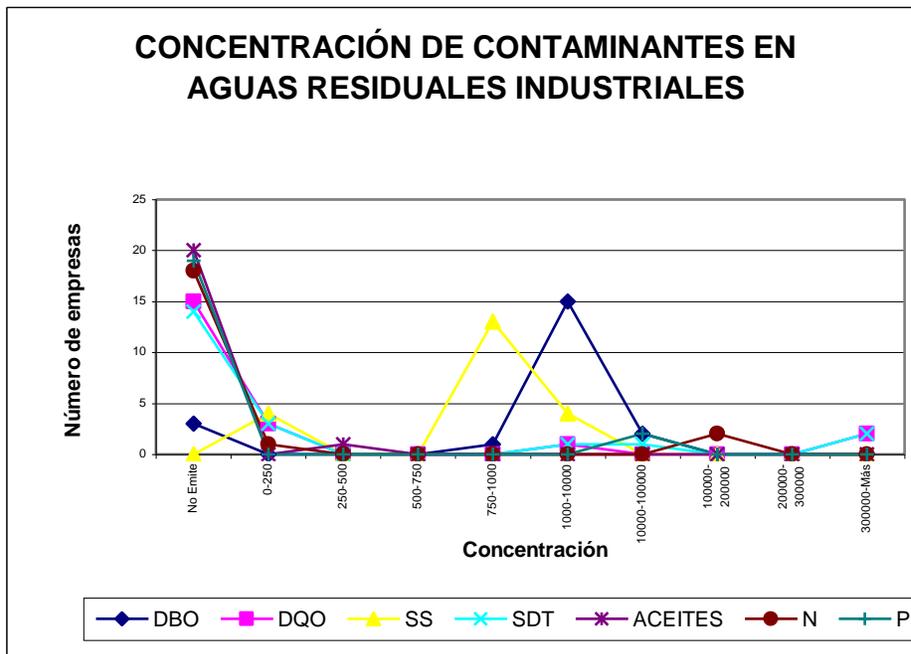
Municipio de Antiguo Cuscatlán



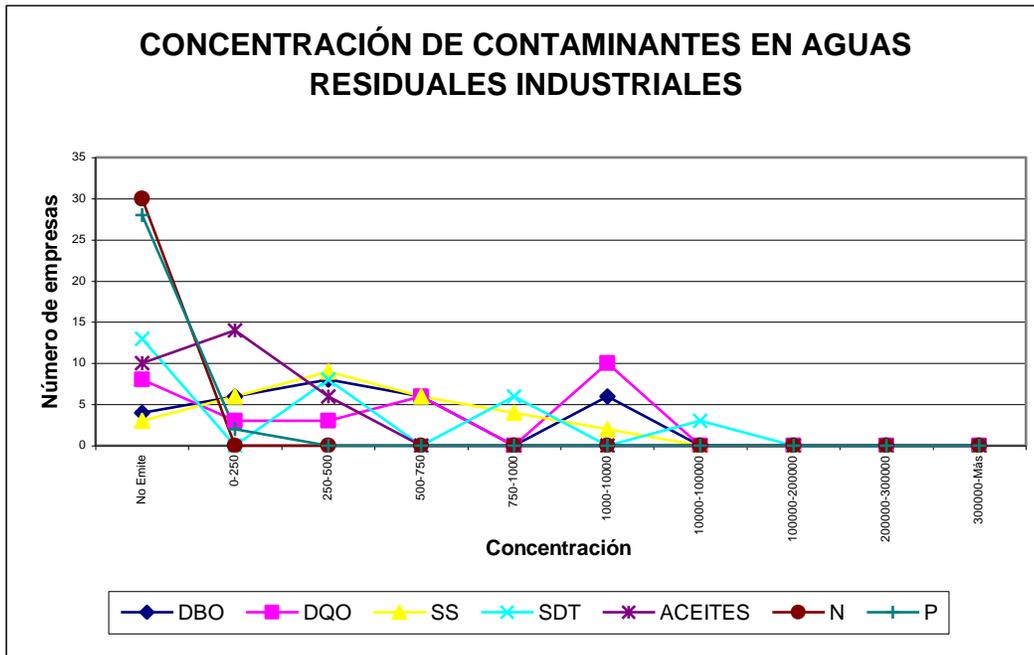
Anexo 2. Rango de concentración de contaminantes en las microcuencas
Microcuenca Tomayate



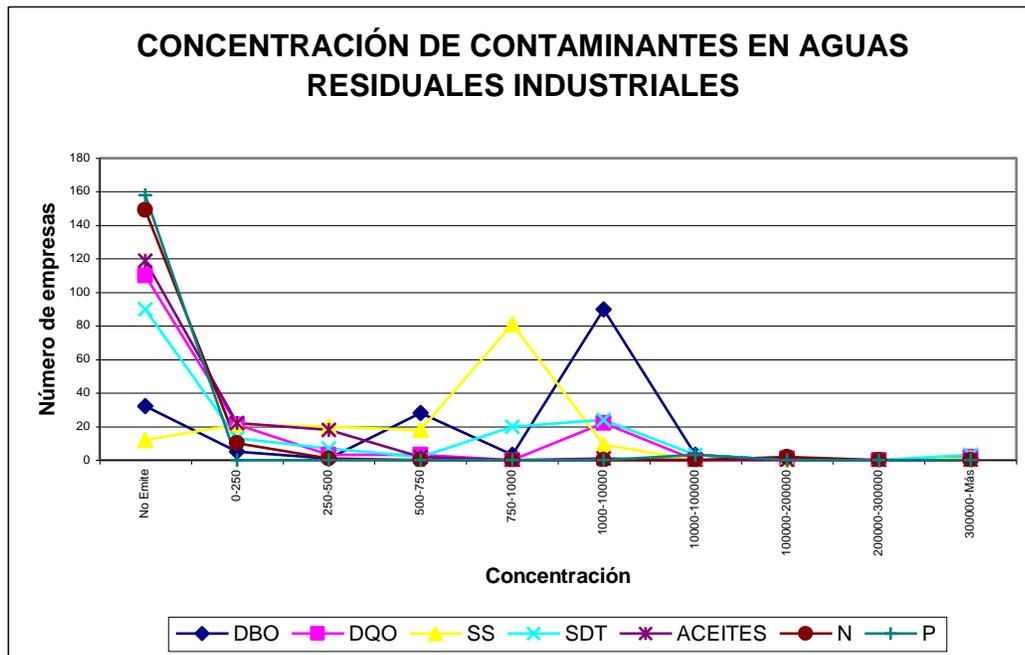
Intercuenca



Microcuenca Las Cañas



Microcuenca Arenal Montserrat



Anexo 3. REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

DECRETO N° 50.

TITULO IX De la Protección de las Obras Sanitarias

CAPITULO I Límites Permisibles

Art. 80.-No serán vertidos a la red pública de alcantarillado de aguas negras, aguas que perjudiquen las tuberías y/o alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas, separadamente o en conjunto, de las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado o sean nocivas para las instalaciones de tratamiento de aguas negras.

Art. 81.-No serán vertidos a la red de Alcantarillados de aguas negras, ni a algún sistema de alcantarillado, aguas que contengan en exceso a los límites siguientes:

1.-Sustancias tóxicas y venenosas:

a.- Cobre (Cu)	0.20 mg/1
b.- Cromo (Cr)	0.05 mg/1
c- Niquel (Ni)	0.80 mg/1
d.- Zinc (Zn)	5.00 mg/1
e.- Arsénico (As)	0.05 mg/1
f.- Cianuro	0.10 mg/1
g.- Fenoles	0.005 mg/1

2.-Sustancias explosivas

3.-Agentes bactericidas, fungicidas e insecticidas entre 0.10 a 10 mg/1

4.-Aceites y grasas 20 mg/1

5.-Materiales radio-activos entre 3 a 1000 pc/1

6.-Otros que se establezcan para casos especiales.

Art. 82.-El contenido de sólidos de las aguas residuales industriales que reciban los alcantarillados deberán tener las siguientes características:

1.-Sólidos totales inferior a 100 mg/1; y

2.-Sólidos en suspensión inferior a 500 mg/1

Art. 83.-El pH de las aguas residuales industriales no deberán ser inferior a 5 ni superior a 9.0.

Art 84.-La temperatura de las aguas residuales industriales no deberá ser superior a 5°C de la temperatura media de la localidad y nunca mayor de 35°C.

Art. 85.-No serán permitidas descargas momentáneas de grandes volúmenes de aguas residuales industriales de alta concentración que altere las características físicas, químicas o bacteriológicas de las aguas receptoras de los alcantarillados, debiendo en estos casos hacer los vertidos con volumen uniforme durante el período de funcionamiento de la industria.

En casos especiales de acuerdo con ANDA, se podrán hacer vertidos de aguas residuales industriales en un período menor o mayor.

Art. 86.-Cuando las aguas residuales industriales sean vertidas a la red de alcantarillado de aguas negras y perjudiquen la red y/o alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas separadamente o en conjunto con las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado, o sean nocivas para las instalaciones de tratamiento de aguas residuales industriales deberán ser sometidas a un tratamiento previo correctivo.

Art. 87.-Los tratamientos previos correctivos a que se someterán los efluentes industriales serán determinados de acuerdo con el tipo de industria pudiendo incluir los siguientes procesos:

- 1-rejillas;
- 2-neutralización;
- 3-remoción de aceites;
- 4-remoción de sólidos sedimentables y flotantes;
- 5-precipitación química; y
- 6-otros que se consideren necesarios.

Anexo 4.

DECRETO N° 50.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR:

CONSIDERANDO:

I.- Que siendo la salud de los habitantes un bien público reconocido por la Constitución de la República, deben dictarse normas reglamentarias que eviten, controlen o reduzcan la contaminación de los recursos hídricos.

II.- Que es misión del Estado mantener las mejores condiciones de calidad de los recursos hídricos de manera compatible con una política económica adecuada que aproveche, en lo posible, las condiciones de los medios receptores como agentes en los procesos de transporte y autodepuración de residuos.

III.- Que la Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos promulgada por Decreto Ley N° 886 de la Junta Revolucionaria de Gobierno, de fecha 2 de diciembre de 1981, publicada en el Diario Oficial N° 221, Tomo 273, de aquella misma fecha, y su Reglamento de fecha 23 de marzo de 1982, establecen en sus disposiciones la potestad del Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, en coordinación con los otros Ramos, y en este caso con los de Agricultura y Ganadería, de Salud Pública y Asistencia Social y el de Obras Públicas, todo lo relativo en cuanto a "elaborar Proyectos de normas sobre calidad del agua y sobre el control de los vertidos de aguas negras, desechos fabriles, industriales, mineros y cualquier otro uso activo o pasivo del agua que pueda contaminar dicho recurso"; disposición que armoniza con lo que disponen los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento para dictar un Reglamento en tal sentido;

POR TANTO:

En uso de sus facultades constitucionales, DECRETA, el siguiente

REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN

TABLA N° 1

NORMAS DESEABLES PARA AGUAS CRUDAS SUPERFICIALES QUE SOLAMENTE REQUIEREN SISTEMAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO

PARAMETROS

RANGO DE VALORES

DBO Prom. Mensual (mg/lit)	1.5	-	2.5
5			
DBO / muestra (mg/lit)	3.0	-	4.0
5			
Coliformes Pro. men.(NMP/100)	50	-	5000
OD (mg/lit)	4.0	-	6.5
PH	6.5	-	9.2
Cloruros (mg/lit)	50.0	-	250.0
Color (unidades)	20.0		150.00
Turbidez (unidades)	10.0	-	250.0
Fluoruros (mg/lit)	1.5	-	3.0
Compuestos Fenólicos (mg/lit)	0.005		
Sustancias Tóxicas	ausentes		

D.E. Nº 50, del 16 de octubre de 1987, publicado en el D.O. Nº 191, Tomo 297, del 16 de octubre de 1987.

Anexo 5. PRODUCCIÓN DE AGUA POR MUNICIPIO EN EL GRAN SAN SALVADOR

(EN MILES DE METROS CUBICOS)
AÑO: 2002

MUNICIPIOS	TIPO SISTEMA	TOTAL
SAN SALVADOR1/	ZN	22910.20
	ST	11753.80
	RL	36909.60
AYUTUXTEPEQUE	ZN	1365.00
	ST	2185.00
	RL	4308.30
MEJICANOS	ZN	4132.00
	ST	2335.70
	RL	7394.80
CUSCATANCINGO	RL	4372.60
CIUDAD DELGADO	ST	8288.00
SOYAPANGO	ST	16802.00
	RL	6751.80
ILOPANGO	ST	4822.10
	RL	2250.60
SAN MARCOS	ST	4897.40
SAN MARTIN	ST	602.80
	RL	2186.30
APOPA	ST	12808.70
NEJAPA	ZN	332.00
	ST	602.80
ANTIGUO CUSCATLAN	ZN	774.70
	ST	8514.00
SANTA TECLA	ZN	7378.50
	ST	602.80
ZN		36892.40
ST		75345.10
RÍO LEMPA		64302.40
TOTALES		176539.90

1/ Incluye Panchimalco y Planes de Renderos

Fuente: Gerencia de producción

RL/ : Abastece Río Lempa
ZN/: Abastece Zona Norte
ST/: Abastece Sistemas Tradicionales

**Anexo 6. PRODUCCIÓN DE AGUA POR USUARIOS EN EL GRAN SAN SALVADOR METROS CÚBICOS
AÑO: 2002**

N°	FUENTE O SISTEMA	TOTAL (mt ³)	FUENTE O SISTEMA	TOTAL (mt ³)
1	Sistema RÍO LEMPA	64,302,390.00	Pozo El Colegio	118,133.00
2	Sistema ZONA NORTE	36,892,434.00	Pozo El Espino 2	562,508.00
3	Sistema GULUCHAPA	13,925,849.00	Pozo El Espino 2	2,099,551.00
4	Sistema TRADICIONAL	61,419,223.00	Pozo El Espino 2	975,051.00
	Amatepec RB1	178,437.00	Pozo El Espino 2	851,107.00
	Amatepec RB2	243,810.00	Pozo El Limón 1	265,286.00
	Caites del Diablo RB1	1,844,735.00	Pozo El Milagro	193,889.00
	Caites del Diablo RB1	1,227,606.00	Pozo El Socorro	0.00
	Caites del Diablo RB1	2,129,592.00	Pozo Estadio N°. 1	1,530,453.00
	Captación Castaño 1, Nejapa	2,179,046.00	Pozo Florencia, San Marcos	27.00
	Captación de Cuapa	59,989.00	Pozo jardines de la Hacienda	662,605.00
	Captación de la danta	642,889.00	Pozo Jardines del Norte	129,464.00
	Captación de Panchimalco	161,002.00	Pozo Junta 1, Apopa	549,796.00
	Captación El Castillo, Apopa	686,925.00	Pozo Junta 2, Apopa	633,047.00
	Captación el Coro	4,540,088.00	Pozo La Cancha 1, Apopa	52,931.00
	Captación la Chacra	5,408,230.00	Pozo La Cancha 2, Apopa	170,656.00
	Captación Río Urbina	714,467.00	Pozo La Coruña	278,081.00
	Captación Santa Carlota	123,700.00	Pozo La militar N°. 2	0.00
	Captación Ilohuapa	167,379.00	Pozo La Militar N°. 3	919,400.00
	Cataratas RB1	405,793.00	Pozo La Sultana	1,031,661.00
	Cataratas RB2	306,385.00	Pozo Las Conchas	93,860.00
	Jutiapa, Santo Tomas. RB1	94,669.00	Pozo Los Conacastes 3	375,447.00
	Jutiapa, Santo Tomas. RB1	77,903.00	Pozo Margarita 5a. Etapa	81,881.00
	Jutiapa, Santo Tomas. RB1	56,991.00	Pozo Margaritas, Mejicanos	116,388.00
	Jutiapa, Santo Tomas. RB1	57,649.00	Pozo Margaritas S N°. 1	252,296.00
	Pozo 1 La Guayacán	99,158.00	Pozo Margaritas S N°. 2	497,972.00
	Pozo 3 San Martín	139,849.00	Pozo Margaritas S N°. 3	286,200.00
	Pozo 3 San Ramón B	1,688,513.00	Pozo Montes de San Bartola 1	101,922.00
	Pozo 6 La Chacra	453,999.00	Pozo Montes de San Bartola 1	7,678.00
	Pozo 6 Nejapa	500,131.00	Pozo Montes de San Bartola 1	124,973.00
	Pozo 7 La Chacra	457,681.00	Pozo Montes de San Bartola 1	333,189.00
	Pozo 7 Nejapa	0.00	Pozo Montserrat 2	190,790.00
	Pozo 8 Soyapango	232,034.00	Pozo Nuevos Horizontes 1	140,944.00
	Pozo 8 Nejapa	298,256.00	Pozo Nuevos Horizontes 2	140,305.00
	Pozo 9 Nejapa	572,524.00	Pozo Pasaje Verde	461,654.00
	Pozo Altamira N° 1	0.00	Pozo Popotlan, Apopa N°. 5	693,430.00
	Pozo Altamira N° 1	121,482.00	Pozo Popotlan, Apopa N° 3	444,980.00
	Pozo Altamira N° 1	288,183.00	Pozo Popotlan, Apopa N° 4	627,807.00
	Pozo Altos del Cerro	460,460.00	Pozo Prados de Venecia IV	113,218.00
	Pozo América	404,406.00	Pozo Río Urbina N°. 4	213,122.00
	Pozo Antiguo Cuscatlan N°. 2	899,187.00	Río Urbina RB. 1	0.00
	Pozo Antiguo Cuscatlan N°. 2	1,091,645.00	Río Urbina N°. 2	0.00
	Pozo Antiguo Cuscatlan N°. 2	812,575.00	Pozo San Andrés, Apopa	82,451.00
	Pozo Antiguo Cuscatlan N°. 2	823,116.00	Pozo San Antonio Abad	557,097.00
	Pozo Apulo	65,538.00	Pozo San Bartola/San Felipe	178,182.00
	Pozo Balboa N°. 1	364,347.00	Pozo San José Cortés	327,357.00
	Pozo Balboa N°. 2	226,540.00	Pozo San José de la Montaña	558,827.00

Pozo California N°. 1	491,031.00	Pozo San Miguel, Mejicanos 1	917,514.00
Pozo California N°. 2	329,892.00	Pozo San Miguel, Mejicanos 2	552,382.00
Pozo Castaño N°. 2, Nejapa	2,054,867.00	San Patricio Pozo	583,276.00
Pozo Cayala Nuevo, Apopa	101,271.00	San Patricio Pozo Nuevo	495,388.00
Pozo Cayala Apopa	193,038.00	Pozo Santa Mata, Apopa 1	70,492.00
Pozo Cima II	214,593.00	Pozo Santa Marta, Apopa 2	86,472.00
Pozo Ciudad Futura	138,597.00	Pozo Sierra Morena 3	292,136.00
Pozo Cumbres de Cuscatlan 1	1,133,525.00	Pozo Universitaria	698,813.00
Pozo Cumbres de Cuscatlan 2	1,081,891.00	Pozo Villa Mariona 1	100,100.00
Pozo Cumbre 3	116,730.00	Pozo Villa Mariona 2	146,260.00
Pozo Cumbres de la Esmeralda	31,442.00	Pozo Zacamil 2	995,767.00
Pozo Chanhuiste 1	290,503.00	Santa Carlota Pozo 4	14,265.00
Pozo Chanhuiste 1	207,047.00	Santa Carlota Pozo 4	70,471.00
Pozo Chanhuiste 1	381,030.00	Santa Carlota Pozo 4	23,796.00
Pozo Dorita	183,031.00	Tres piedras, Nejapa. RB1	91,031.00
		TOTALES	176,539,897.00