PROYECTO:

"GESTIÓN INTERMUNICIPAL DE LA CUENCA DEL RÍO LAS CAÑAS BAJO EL ENFOQUE DE GÉNERO Y LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EL SALVADOR"

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA DEL RIO LAS CAÑAS

SAN SALVADOR, JUNIO DE 2014

Ajuntament de Barcelona

GEÓLOGOS DEL MUNDO

CATIE
Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Proyecto:

"Gestión Intermunicipal de la cuenca del río Las Cañas bajo el enfoque de género y la reducción del riesgo de desastres, El Salvador"

Caracterización y Diagnóstico de la Microcuenca del Río Las Cañas

Ejecución:

Geólogos del Mundo-GM
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE
Área práctica de género PNUD.
Comité Intermunicipal:
Alcaldía de Apopa,
Alcaldía de Ilopango,
Alcaldía de Ciudad Delgado,
Alcaldía de San Martín,
Alcaldía de Soyapango y
Alcaldía de Tonacatepeque

San Salvador, Junio de 2014

Ajuntament de Barcelona

GEÓLOGOS DEL MUNDO
WORLD GEOLOGISTS

CATIE
Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

INDICE

I. PRESENTACIÓN **7**

II. CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA **7**

2.1. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA 8

2.1.1. Ubicación política, geográfica e hidrológica de la microcuenca *8*

2.1.2. Pendientes *8*

2.1.3. Climatología *12*

2.1.4. Geomorfología *12*

2.1.5. Geología *15*

2.1.6. Hidrología *18*

2.1.7. Inunabilidad *19*

2.1.8. Hidrogeología *21*

2.1.9. Recarga hídrica *56*

2.1.10. Capacidad de uso del suelo *58*

2.1.11. Uso del suelo *61*

2.1.12. Tipos de suelo *63*

2.1.13. Erosión del rio las Cañas *65*

2.1.14. Análisis de las extracciones de materiales pétreos *66*

2.1.15. Calidad del agua en los ríos a nivel de microcuenca *69*

2.2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA 70

2.2.1. Población *70*

2.2.2. Educación *71*

2.2.3. Abastecimiento de agua potable *73*

2.2.4. Percepción de la problemática e impactos. *74*

2.2.5. Actividad socioeconómica y reproductiva (roles según sexo) *76*

2.2.6. Acceso y control de los recursos naturales. *78*

2.2.7. Participación y acceso a puestos de toma de decisión. *80*

2.2.8. Capacidades y disposición a participar *80*

III. DIAGNÓSTICO **81**

2.3. DEFINICIONES 82

2.3.1. Presiones *82*

2.3.2. Estado *82*

2.3.3. Impacto *83*

IV. CONSTRUCCIÓN DE LÍNEA BASE **84**

4.1. OBJETIVOS DE LA LÍNEA BASE 84

4.2. INDICADORES 85

V. BIBLIOGRAFÍA **89**

VI. ANEXO FOTOGRÁFICO **91**

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de la microcuenca del río Las Cañas 9
Figura 2.2. División política administrativa de la microcuenca del río Las Cañas 10
Figura 2.3. Pendientes de la microcuenca del río Las Cañas 11
Figura 2.4. Unidades Morfoestructurales de El Salvador 13
Figura 2.4. Caldera de Ilopango 14
Figura 2.5. Volcán de San Salvador 14
Figura 2.7. Mapa geológico de la microcuenca del río Las Cañas 15
Figura 2.8. Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 10 años 19
Figura 2.9. Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 25 años 20
Figura 2.10. Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 100 años 20
Figura 2.11. Extracto de mapa hidrogeológico en el área de estudio 22
Figura 2.12. Demarcación del acuífero de San Salvador 23
Figura 2.13. Isopiezas zona de estudio 26
Figura 2.14. Mapa piezométrico elaborado de la zona de estudio 28
Figura 2.15. Situación de los puntos con croquis 29
Figura 2.16. Facies químicas en el diagrama de Piper 31
Figura 2.17. Diagrama de Piper parte alta 31
Figura 2.18. Diagrama de Piper parte media 31
Figura 2.19. Diagrama de Piper parte media 32
Figura 2.20. Mapa de variación de la temperatura en las aguas subterráneas 33
Figura 2.21. Mapa de variación de la conductividad eléctrica en las aguas subterráneas 34
Figura 2.22. Mapa de variación del pH en las aguas subterráneas 35
Figura 2.23. Mapa de concentración del oxígeno disuelto en las aguas subterráneas 36
Figura 2.24. Mapa de concentración de cloruros en las aguas subterráneas 37
Figura 2.25. Mapa de concentración de sulfatos en las aguas subterráneas 38
Figura 2.26. Mapa de concentración del sodio en las aguas subterráneas 39
Figura 2.27. Mapa de concentración del calcio en las aguas subterráneas 40
Figura 2.28. Mapa de concentración del magnesio en las aguas subterráneas 41
Figura 2.29. Mapa de concentración del potasio en las aguas subterráneas 42
Figura 2.30. Mapa de concentración de fosfatos en las aguas subterráneas 43
Figura 2.31. Mapa de concentración de nitratos en las aguas subterráneas 44
Figura 2.32. Mapa de concentración de nitrito en las aguas subterráneas 45
Figura 2.33. Mapa de concentración de aluminio en las aguas subterráneas 46
Figura 2.34. Mapa de concentración de hierro en las aguas subterráneas 47
Figura 2.35. Mapa de concentración de manganeso en las aguas subterráneas 48
Figura 2.36. Relaciones observadas entre Mg y Ca 49
Figura 2.37. Relaciones observadas entre CE, Sulfato, Fe y Mn 50
Figura 2.38. Red de muestreo comparada con la Norma Salvadoreña 52
Figura 2.39. Recarga hídrica en la microcuenca del río Las Cañas 57
Figura 2.40. Capacidad agrológica de la microcuenca del río Las Cañas 59
Figura 2.41. Uso del suelo en la microcuenca del río Las Cañas 62

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Puntos de la red de muestreo que no cumplen la Norma Salvadoreña 51
Tabla 2.2.Resumen de los análisis recopilados en campo 53
Tabla 2.3. Capacidad agrológica de la microcuenca 58
Tabla 2.4. Uso del suelo en la microcuenca del río Las Cañas 63
Tabla 2.5. Tipos de suelo por municipio y cantón en la microcuenca 64
Tabla 2.6. Medias de extracción mensuales en relación a 100% anual 67
Tabla 2.7. Volumen de extracción de arena. 67
Tabla 2.8. Población por municipio y cantón en la microcuenca del río Las Cañas 70
Tabla 2.9. Nivel educativo de la población ubicada en la microcuenca 72
Tabla 2.10. Nivel educativo por sexo de la población ubicada en la microcuenca 72
Tabla 2.11. Producción de agua por municipios de la microcuenca. 73
Tabla 2.12. Consumo de agua por municipios de la microcuenca. 74
Tabla 2.13. Mortalidad por insuficiencia renal crónica. 2007-2013 76
Tabla 2.14. Población que recibe remesas 76
Tabla 2.15. Relación de acceso a recursos naturales 79

ACRÓNIMOS

AMSS	Área metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
FORGAES	Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador
PROCAFE	Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
UES	Universidad de El Salvador
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

I. Presentación

El presente documento constituye la caracterización y diagnóstico de la microcuenca del río Las Cañas, localizada en el departamento de San Salvador, El Salvador. Este proceso de diagnosis se desarrolla en el marco del proyecto "*Gestión intermunicipal de la cuenca del río Las Cañas bajo el enfoque de género y la reducción del riesgo de desastres El Salvador*", que ejecuta Geólogos del Mundo, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Área práctica de género del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y el Comité Intermunicipal de la microcuenca del río Las Cañas, conformado por las municipalidades de San Martín, Ilopango, Soyapango, Tonacatepeque, Ciudad Delgado y Apopa.

El objetivo general del diagnóstico es la determinación, con base al análisis de contexto, de aquellos elementos biofísicos y socioeconómicos que determinan las limitaciones y potencialidades actuales de la microcuenca, así como las posibles soluciones a los problemas encontrados, contando con la participación de los actores locales e incorporando el enfoque de género en el proceso.

Para ello, se ha tenido como premisa la integración de los intereses locales orientado al manejo de cuencas y gestión del riesgo con el fin de lograr la sostenibilidad de los recursos naturales especialmente el agua, los aspectos productivos y de conservación y el bienestar de la población, incluyendo un enfoque antropocéntrico y de género, con la participación de los actores locales, las familias y sus organizaciones.

La metodología a seguir para hacer el levantamiento de diagnóstico se definió mediante los siguientes pasos: (i) caracterización de la Microcuenca: a través de la recopilación y revisión de información biofísica y socioeconómica; (ii) análisis de información; (iii) construcción de línea base; y (iv) sistematización de información para sintetizar el diagnóstico.

II. Caracterización de la Microcuenca

La caracterización se ha realizado utilizando el concepto hidrográfico e hidrológico de microcuenca como un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen, mediante una red de corrientes, hacia un mismo cauce.

La información de la caracterización ha supuesto un importante proceso de coordinación entre las instituciones participantes del proyecto y las municipalidades que conforman la microcuenca. La información que constituye la caracterización es del tipo biofísico y socioeconómico, y para su recolección ha sido necesario emplear fuentes primarias y secundarias, mediante técnicas como talleres, grupos focales, recorridos de campo, entrevistas y otros medios que permitieron alcanzar el objetivo del diagnóstico.

2.1. Caracterización biofísica

2.1.1. Ubicación política, geográfica e hidrológica de la microcuenca

La microcuenca del río Las Cañas es afluente del río Acelhuate, que a su vez desemboca en el río Lempa. Según Rivas, C., Ferrán, F., y Faustino, J. (1993), el centro de la microcuenca está aproximadamente a los 89°10' longitud oeste y 13º45' latitud norte, extendiéndose al norte del lago de Ilopango y de la ciudad de San Salvador, con un área de 7.503,5 hectáreas y un perímetro de 70.969,73 metros.

El territorio pertenece políticamente al departamento de San Salvador (figura 1), y comprende los municipios de San Martin, Ilopango, Soyapango, Tonacatepeque, Ciudad Delgado y Apopa. La elevación máxima es de 1,154 msnm, que corresponde a un punto alto del cerro de San Jacinto (Soyapango); y la mínima elevación de 353 msnm, en el municipio de Apopa. La pendiente promedio es de 1%.

El sistema hidrográfico de la microcuenca Las Cañas está conformado por 17 segmentos de cuenca, siendo la longitud del cauce principal de 21.5 Km. El río Las Cañas nace en el municipio de Ilopango, a 1.9 kms al Oeste de la ciudad de Ilopango; corre de Sureste a Noreste y desemboca en el río Acelhuate; recibe la confluencia de ríos y quebradas, como son: río Sumpa, Los Chorros, La Estacada, La Campanera, Ismatapa o La Presa, El Sauce, El Pacún, El Chorro, Zapotitán, El Chorro, Los Chorros, Seco y Las Perras, El Limón, El Jocote, El Jaguen o El Pital, Chantecúan, Agua Blanca o El Coyolar y muchas quebradas secas, tales como Santa Lucía, Arenal San Bartolo, Arenal Seco, etc. (IGN-CNR, 2000).

2.1.2. Pendientes

De acuerdo con la figura 2.3, más de la mitad del territorio posee pendientes que oscilan entre el 15% y 30%, correspondientes a terrenos localizados principalmente en Soyapango, Ilopango y San Martín. No obstante, también se pueden identificar áreas de máxima pendiente, características de los cerros Guaycume (en Apopa) y San Jacinto (Soyapango), en donde se tienen porcentajes entre 30% y 80%, al igual que en las partes altas de Tonacatepeque. El resto del territorio posee pendientes menores al 15%.

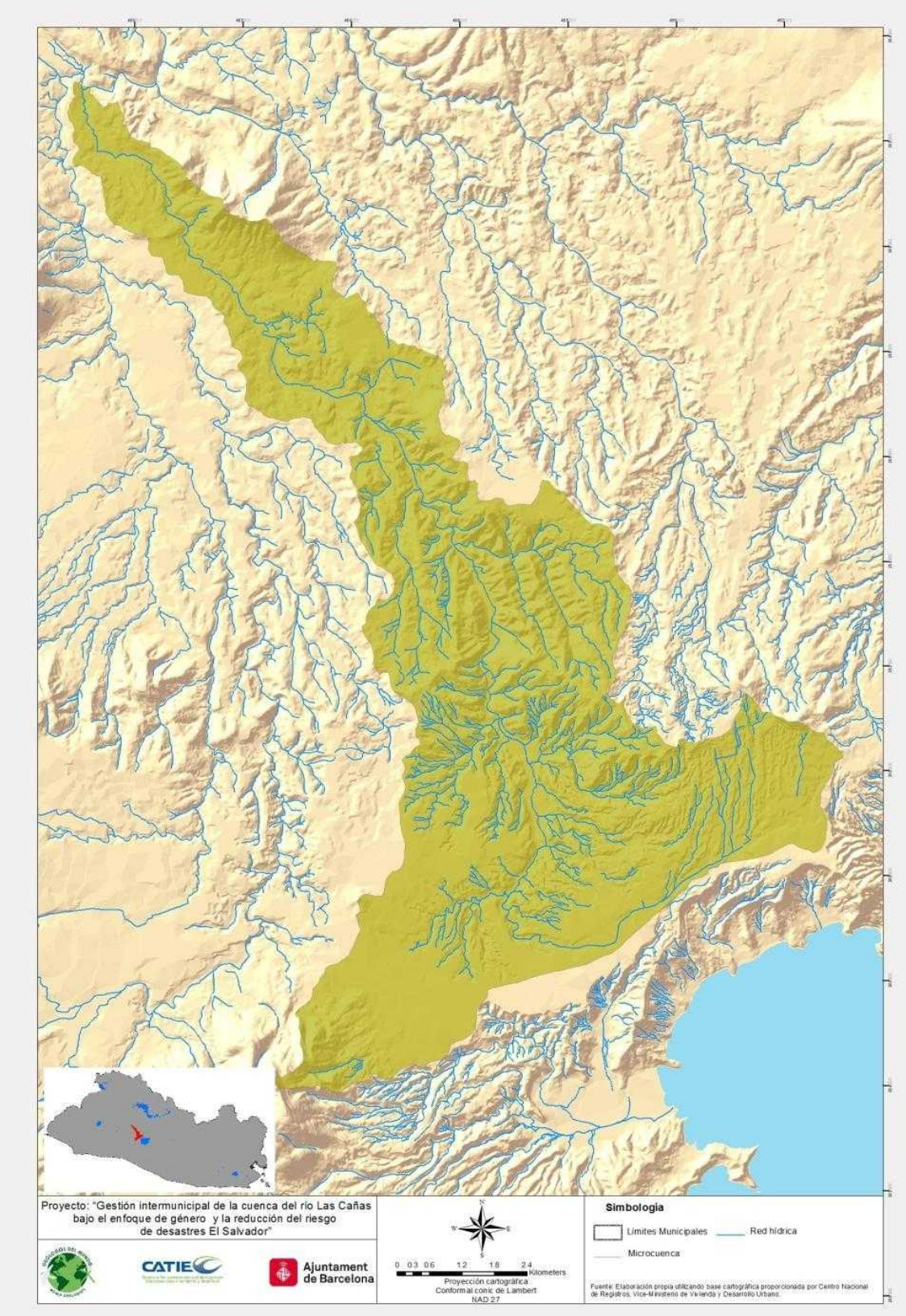


Figura 2.1. **Ubicación de la microcuenca del río Las Cañas.**

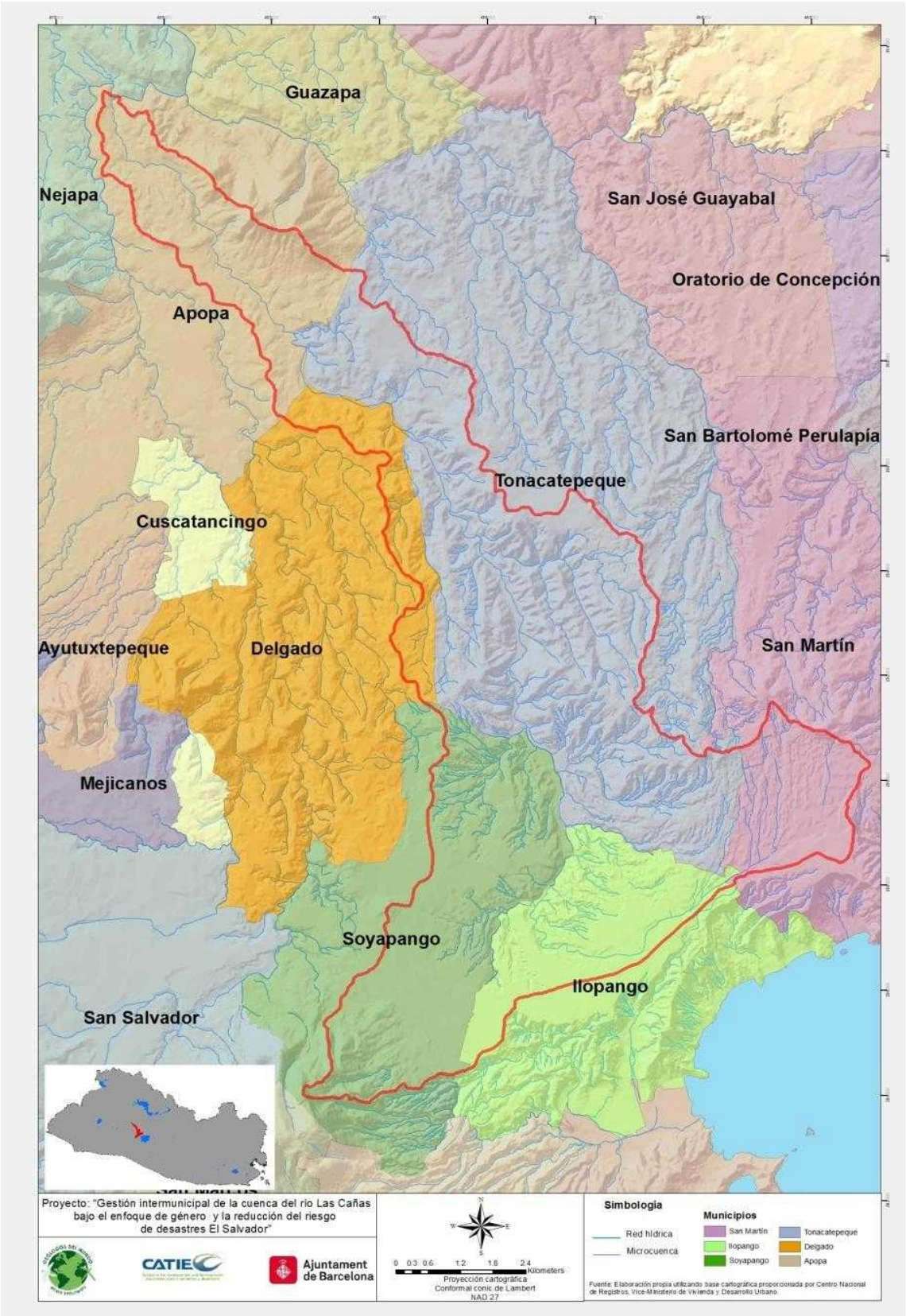


Figura 2.2. **División política administrativa de la microcuenca del río Las Cañas**

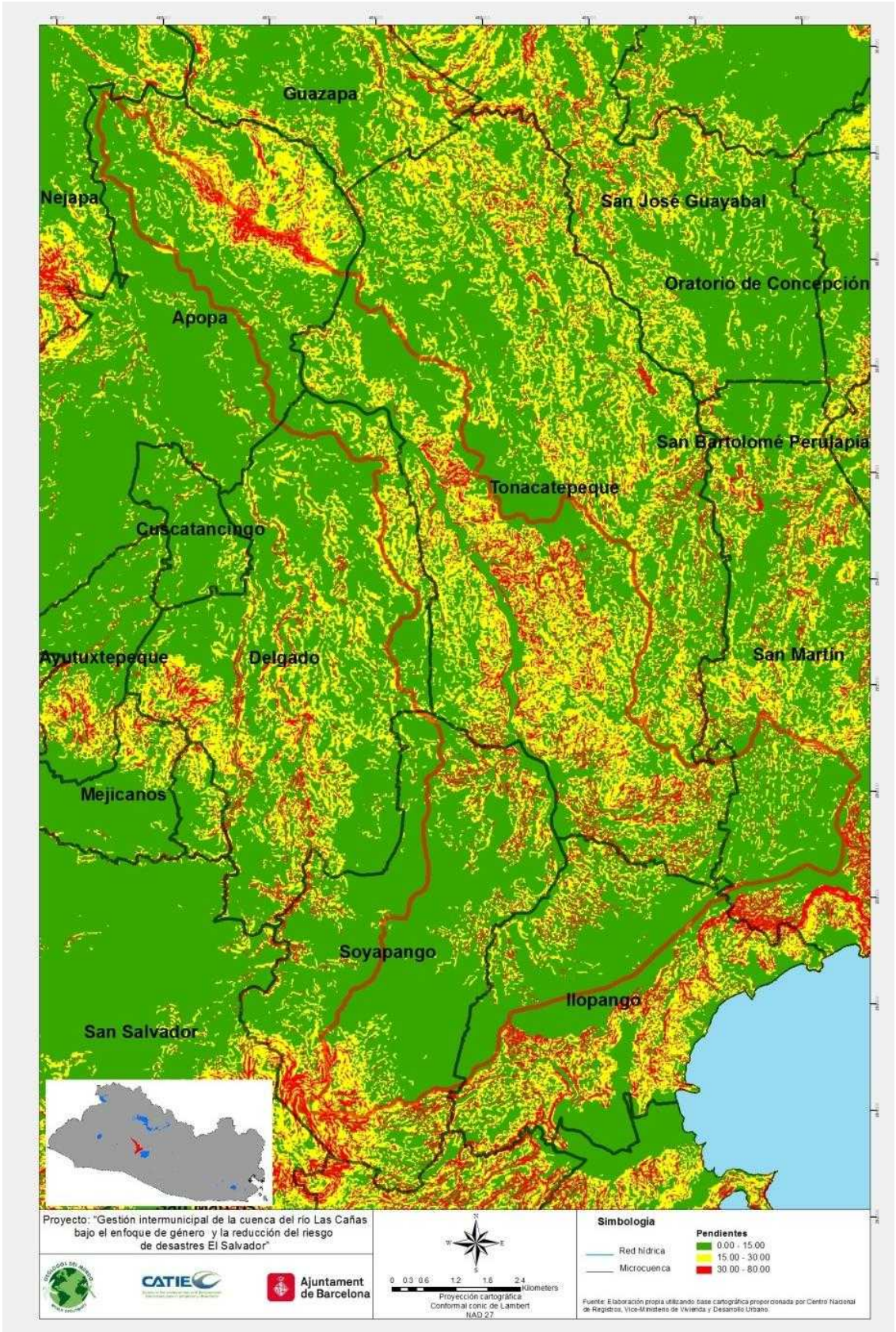


Figura 2.3. Pendientes de la microcuenca del río Las Cañas.

2.1.3. Climatología

La climatología de El Salvador (según Guzmán, 1999) se incluye dentro de la zona de clima tropical semihúmeda, caracterizada por estaciones húmedas y secas bien definidas, con cuatro a seis meses de sequía (mes seco < 60 mm de precipitación).

El país se localiza en la llamada Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) y la posición de la ITCZ varía según la época del año e influye en las épocas seca y húmeda. Otro fenómeno que afecta al país son los movimientos de bajas presiones que se desplazan de este a oeste del Atlántico (Easterly waves) y que pueden originar tormentas tropicales y huracanes de gran intensidad. Además se generan lluvias de levantamiento orográfico cuando la masa de aire caliente y húmedo que llega del Pacífico se encuentra con la cordillera del Bálsamo y el volcán de San Salvador; el aire asciende rápidamente, se enfría y se condensa provocando fuertes lluvias.

En la microcuenca las precipitaciones medias anuales alcanzan 1900 mm en el sur, disminuyendo hasta 1700 mm en el norte. Esta lluvia se concentra en la estación húmeda, que abarca los meses de mayo a noviembre, mientras que en el resto de los meses, es escasa o nula. El análisis de las precipitaciones es importante en la evaluación y predicción de la amenaza natural.

Dentro de la zona de estudio se recopilan, por parte del Observatorio Ambiental (MARN), datos históricos de lluvia en dos estaciones (pluviómetros); estación del aeropuerto de Ilopango y estación Apopa Insica. No obstante para la realización del estudio tan solo se han considerado los datos provenientes del pluviómetro de la estación del aeropuerto de Ilopango ya que es la única estación del área con un registro extenso y completo Su ubicación en la cabecera de la microcuenca del rio Las Cañas podría ser representativa de una precipitación media de toda el territorio. Esta precipitación media anual alcanza un valor de 1364.28 mm.

2.1.4. Geomorfología

A grandes rasgos, las formas del relieve en la microcuenca están agrupadas en los siguientes Sistemas Morfoestructurales: (i) cadena volcánica reciente; (ii) gran depresión central; (iii) cadena volcánica reciente.

Cadena volcánica reciente

La cordillera volcánica reciente de Centro América se encuentra paralela al océano Pacifico y es considerada una de las más activas del mundo. Dentro de los límites de la microcuenca se encuentra la caldera de Ilopango (figura 2.4) que constituye la parte alta de la misma ya que el rio Las Cañas se encaja en la falda norte de la caldera. En el curso de su historia ha estado caracterizada por un tipo de actividad explosiva acida que ha

generado extensas y espesas coberturas de depósitos, ampliamente representados en la superficie de la microcuenca.

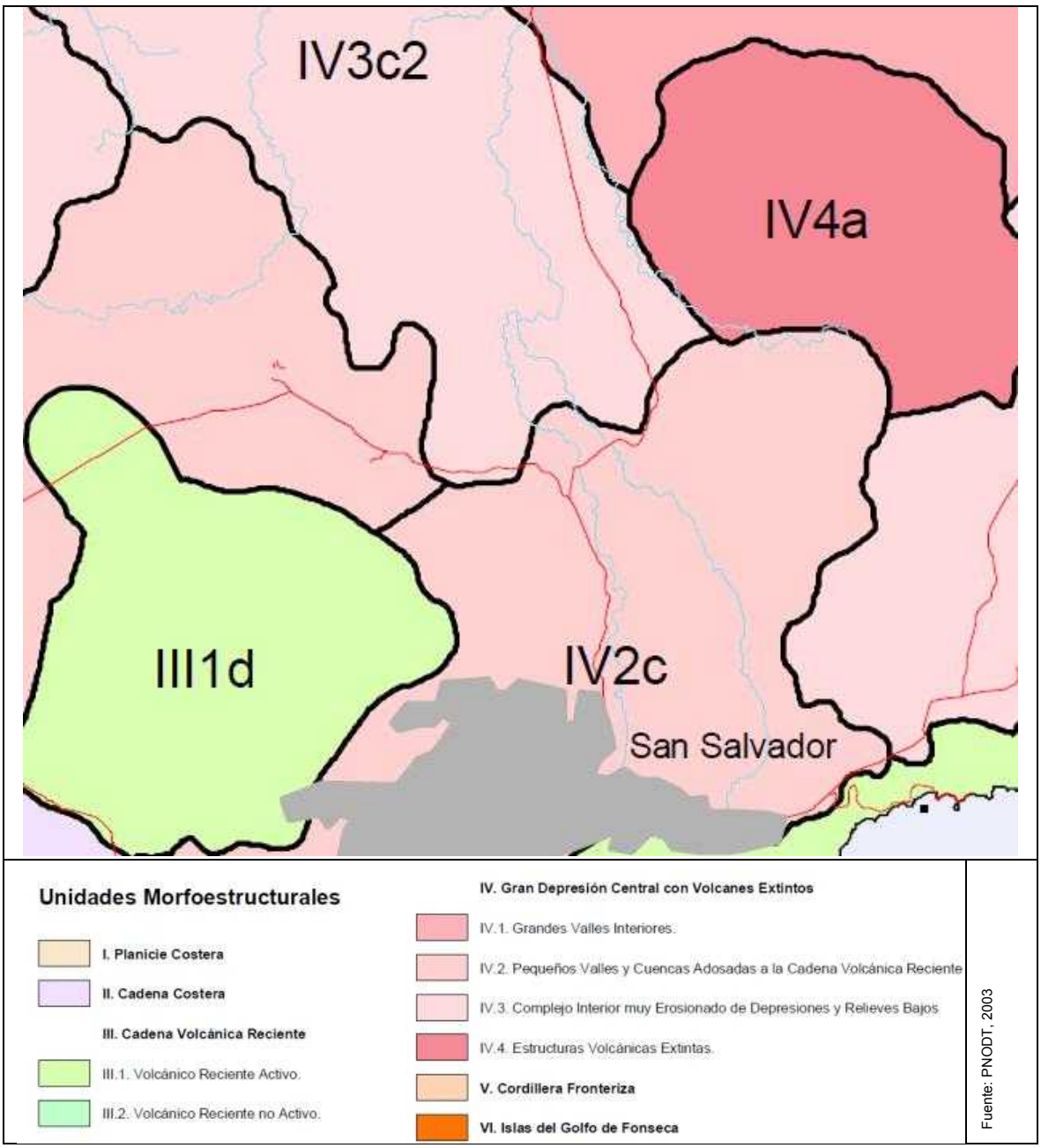


Figura 2.4. **Unidades Morfoestructurales de El Salvador**

Figura 2.5. **Caldera de Ilopango**

Figura 2.6. **Volcán de San Salvador**

El volcán de San Salvador no se encuentra dentro de los límites (figura 2.5), pero a lo largo de su actividad lo materiales eyectados, flujos lávicos y oleadas piroclásticas, se encuentran tanto en la parte baja como media de la microcuenca.

Depresión central

Esta depresión cruza El Salvador de oeste a este en forma de mesetas bajas. Los límites son la cadena fronteriza al norte, y la cadena volcánica reciente junto con la cadena costera al sur. Su relieve es relativamente plano comparado con las fuertes pendientes de los volcanes que la delimitan.

La parte media y baja de la microcuenca se sitúa en el llamado Valle de San Salvador. Tiene características de valle de fondo plano, circundado al sur y oeste por zonas con relieve montañoso y al norte por relieves más llanos salpicado de pequeñas lomas y cerros.

Un término que describe las formas y unidades de acumulación presentes en parte del Valle de san Salvador es “planicie volcánica fluviátil policíclica”. Se considera el resultado de diversos ciclos volcánicos y aluviales donde se han ido acumulando espesores de uno y otro tipo de material. En la zona de estudio, esta unidad aparece en Apopa.

Por tanto la superficie de la microcuenca está condicionada a la actividad de los edificios volcánicos por el aporte de material nuevo, y a la acción erosiva del agua en la medida que se trabaja el material volcánico desplazándolo del pie de los volcanes a la propia planicie. Posteriormente la acción del rio corta verticalmente el conjunto de depósitos (volcánicos y aluviales) originando cauces encajados de dimensiones variable, como ocurre en la parte alta y media de la microcuenca.

2.1.5. Geología

Desde el punto de vista de la geología El Salvador es un país joven porque más de 95 % del territorio está ocupado por materiales de origen volcánico extrusivo del Terciario y Cuaternario. Esto quiere decir que de los 4.550 millones de años que se le atribuyen a la edad de la Tierra, en El Salvador afloran mayoritariamente materiales que se formaron hace 200 millones de años, y en el área de la microcuenca los encontramos de tan solo 20 millones de años de edad.

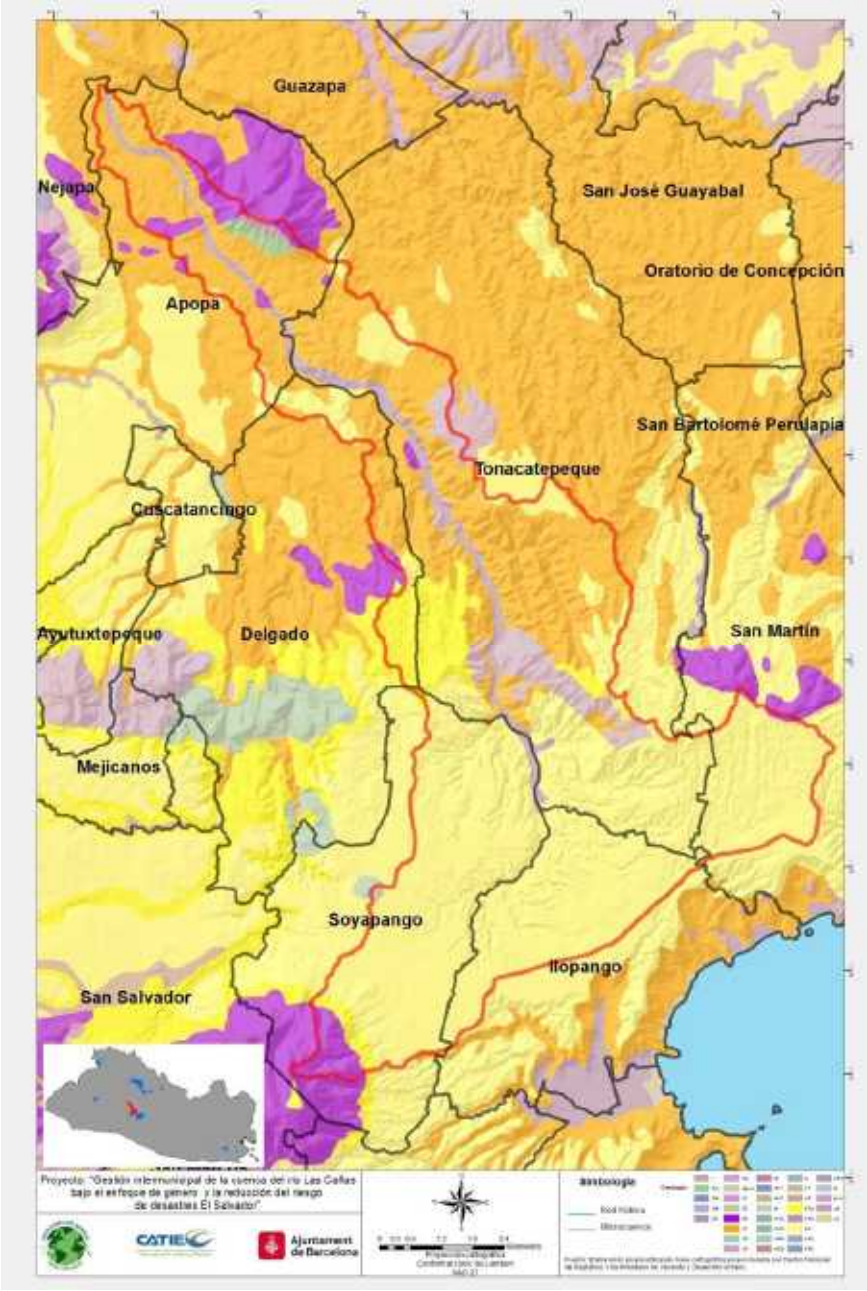


Figura 2.7. **Mapa geológico de la microcuenca del río Las Cañas**

La mayor parte de la geología local corresponde a rocas cuaternarias de los periodos Pleistoceno a Holoceno, las cuales tienen su origen en los centros de actividad volcánica de la Caldera de Ilopango y el Volcán de San Salvador, constituidas por pómez, escorias, lapilli, tobas, piroclastos, y flujos de lava andesíticos y basálticos.

Por tanto los materiales presentes en la zona de estudio corresponden a las diferentes fases y procesos asociados a la depresión central y a la cadena volcánica reciente, descritos con anterioridad.

A continuación se describen cronológicamente de más antiguas a más modernas las unidades lito-estratigráficas que aparecen en la microcuenca, de acuerdo al Mapa Geológico de El Salvador (1972) (ver figura 2.7).

Formación Bálsamo (Terciario Superior).

Esta formación consiste principalmente de sedimentos piroclásticos dia-geneticamente bien consolidados. Los fragmentos gruesos de los aglomerados están recogidos en una matriz tobacea, compacta de grano muy fino.

Interestratificadas se encuentran gran cantidad de flujos de lava andesítica y basáltica, cuyos espesores oscilan entre unos metros y más de cien.
Dentro de esta formación se distinguen dos miembros, de los cuales solo uno se encuentra dentro de la zona de estudio;

- **Miembro b3**

Formado por rocas efusivas básicas-intermedias, localmente con alteración hidrotermal, silificación y presencia de limos rojos; el cual constituye al miembro superior de la formación del Bálsamo, considerados como materiales impermeables. En la zona de estudio afloran al sur en el Cerro de San Jancito y al norte en el Cerro de Nejapa y Guazapa.

Formación Cuscatlán (Plioceno-Pleistoceno).

Definida como una secuencia volcano-sedimentaria, dividida en tres miembros que son c1, c2 y c3. La sección volcánica está constituida por tobas acidas en la base, seguidas por lavas acidas intermedias y andesíticas y a techo basaltos. Dos de los miembros se representa en el área de interés:

- **Miembro c1**

Compuesto por unidades tanto sedimentarias (epiclásticas volcánicas) como volcánicas (piroclásticas ácidas).En la zona de estudio viene representadas principalmente por tobas, que se extienden desde el lago de Ilopango al norte hasta el volcán de Guazapa.

Caracterizadas por la abundancia de bombas de pómez, lapilli de pómez, pisolitas, fragmentos angulares de lavas dacíticas vítreas y andesitas mayoritariamente. El espesor de los depósitos es variable, pero ninguno supera los 50 m.

- **Miembro c3**

Constituido por rocas de origen volcánico, de tipo andesítico y basáltico. Es el miembro superior de la formación Cuscatlán, las coladas de lava constituyen la parte principal de esta unidad, aunque se han reportado conos de cinder y escorias como parte de la misma.

Formación San Salvador (Pleistoceno-Holoceno)

Se corresponde a la formación más reciente que forma el macizo volcánico de San Salvador, y rellena la depresión San Salvador-Ilopango (Valle de San Salvador). Pueden distinguirse rocas con facies de distinta naturaleza: flujos de lava andesítica y basáltica, cúpulas de lava dacítica y andesítica vítrea, depósitos de avalanchas ardientes, tobas pumìticas, escorias, cenizas, polvo volcánico e intercalaciones de sedimentos fluvio-lacustres.

Los materiales predominantes en la zona de estudio están constituidos por los productos eruptivos eyectados del complejo volcánico San Salvador, durante el pleistoceno y por la Serie Ilopango formada por la cenizas pumíticas de edad más reciente que las anteriores, producto del vulcanismo de Ilopango.

Afloran en la zona de estudio los miembros geológicos s3a, s4, Qf y Qc.

- **Miembro s3a**

Se corresponde con piroclastitas acidas y epiclastitas volcánicas, conocidas como “Tobas de color Café”.

- **Miembro s4**

Se describe como una secuencia de piroclastitas acidas y epiclastitas volcánicas subordinadas, localmente efusivas ácidas. Son conocidas como Tierra Blanca Joven (TBJ) y tienen su origen en la erupción de la actual caldera de Ilopango. En el área de estudio presenta espesores de más de 50 m.

Esta serie está caracterizada por productos eruptivos de un magma rico en sílice, de composición dacítica. La actividad explosiva del volcán de Ilopango produjo sobre todo una enorme cantidad de cenizas blancas y pómez. Los estratos se caracterizan por la abundancia de bombas y lapilli de pómez así como fragmentos angulares de lava, mezclados con cenizas de granulometría variable.

Se trata de materiales poco cohesivos, favoreciendo al proceso erosivo de las lluvias, dando lugar a paisajes tipo BadLand, apreciados en el cauce del rio Las Cañas y en las quebradas que vierten a él, principalmente en su parte media y alta.

- **Miembro Qf**

Son los depósitos más recientes del cuaternario, gravas, arenas y limos de origen fluvial, aluvial y coluvial, así como materiales piroclásticos retrabajados. Depósitos sedimentarios de diferentes tamaños de grano y con diferentes orígenes, ya sean cursos de ríos y quebradas o producto de deslizamientos.

2.1.6. Hidrología

El área de la microcuenca del río Las Cañas es una zona propensa a sufrir inundaciones, debido a la singularidad de su orografía. La presencia de la caldera de Ilopango define esencialmente la red hídrica del territorio. A lo largo de la historia, las comunidades aledañas al cauce del río han sufrido graves inundaciones; es un fenómeno recurrente y que va en aumento. Existen diversas causas por las que se presenta esta problemática, y muchas de ellas no tienen que ver con la amenaza en sí misma, lo que deriva la responsabilidad principal a las condiciones de vulnerabilidad existentes y a la gestión de los diferentes estamentos gubernamentales en planificación y ordenamiento del territorio.

La subcuenta del río Las Cañas tiene un área aproximada de 7.503,5 hectáreas. Fluye con una dirección principal SE-NO, aunque en su parte alta dirigen sus aguas hacia el noreste, con 21.5 km de longitud y desemboca en el río Acelhuate, atraviesa los municipios de Ilopango, San Martín, Soyapango, Tonacatepeque, Ciudad Delgado y Apopa.

El punto más alto de la microcuenca tiene una altitud de 1.154 m.s.n.m., en el cerro de San Jacinto, mientras que en la desembocadura se presenta el punto más bajo, 353 m.s.n.m. en Apopa. El cauce presenta un pendiente de 1.4 %. El sistema de drenajes de la microcuenca sigue un patrón de tipo dendrítico en su dinámica fluvial, con la presencia de cursos de agua permanentes, intermitentes y efímeros. Debido al desarrollo urbano en la zona más alta de la cuenca, se han producido variaciones sustanciales en el régimen climático original, en las tasas de evaporación y en el régimen de infiltración y escorrentía.

La presencia de grandes espesores de cenizas volcánicas depositadas por la erupción del Ilopango en diferentes episodios genera una geomorfología de tipo badlans (cárcavas o malpaís); es decir, una morfología altamente erosionada que genera cañones, cárcavas y valles encajados.

La erosión lateral de los ríos amplía las quebradas y cañones, y es muy activa especialmente cuando las lluvias son muy copiosas. Muchos taludes se derrumban por la erosión lateral de la corriente del río. Las laderas casi verticales de los cañones son otros

de los lugares donde se originan los derrumbes y otros tipos de movimientos de ladera. La erosión vertical de los ríos continua permanentemente y por eso sus orillas no son estables y pueden derrumbarse (Sebesta, 2006).

2.1.7. Inundabilidad

En el desarrollo de este diagnóstico se ha realizado un estudio de inundabilidad para la zona de Soyapango, donde se concentra la mayor extracción de materiales pétreos. Se ha tenido en cuenta la proximidad de la comunidad reparto las cañas.

Como resultados de la simulación, HEC-RAS, programa utilizado para el cálculo de inundación, proporciona tablas y gráficos donde se muestra las características principales para cada sección transversal (niveles de flujo, velocidad de flujo, condiciones de flujo…), cuadros con un resumen de estas características y perfiles hidráulicos del tramo estudiado. Los períodos de retorno considerados: 10, 25 y 100 años, en el escenario considerado.

Tras la simulación de los distintos años de retorno se han exportado los archivos obtenidos en formato Gis, para introducirlos en el programa ArcGis 10.1 y así obtener las llanuras de inundación para los distintos periodos estudiados. En ella se observa que el cauce del tramo considerado no coincide exactamente con la situación del cauce que muestra la ortofoto de la zona.

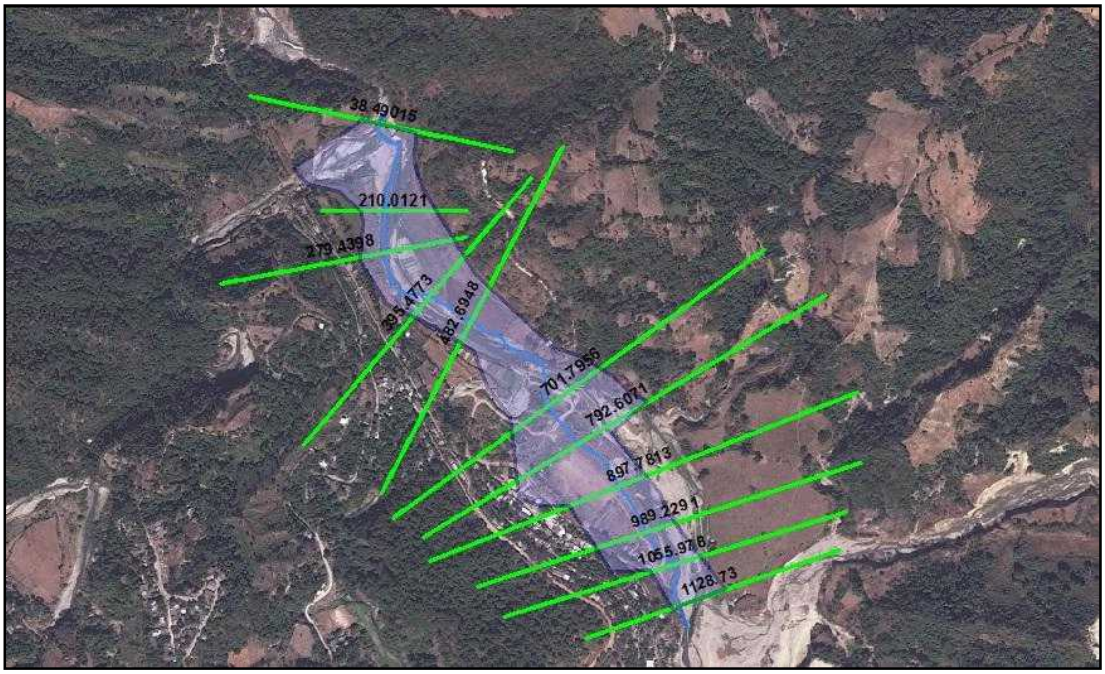


Figura 2.8. **Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 10 años**

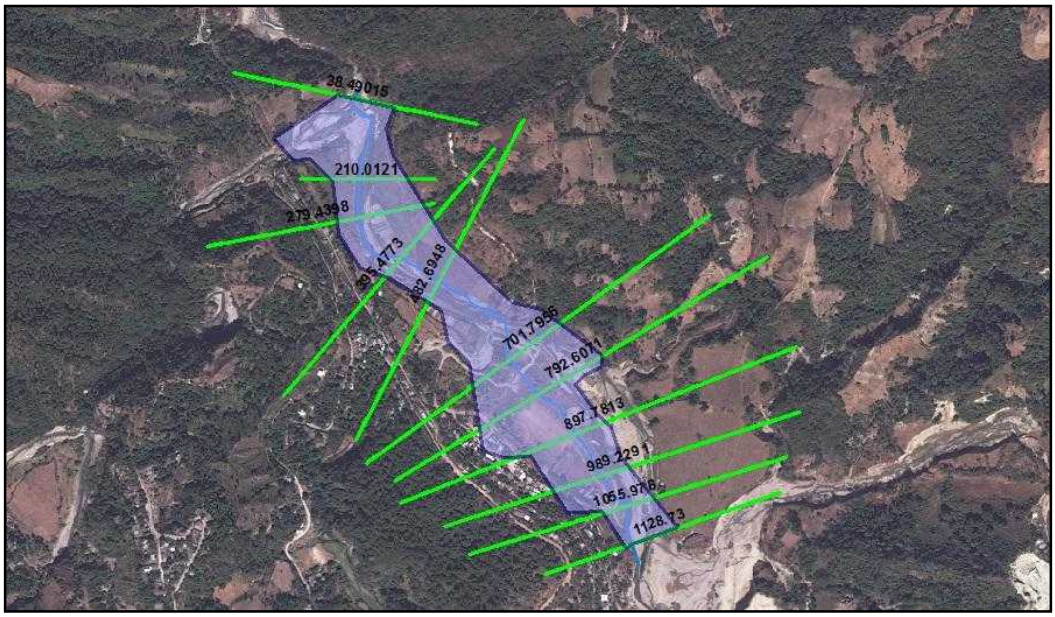


Figura 2.9. **Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 25 años**

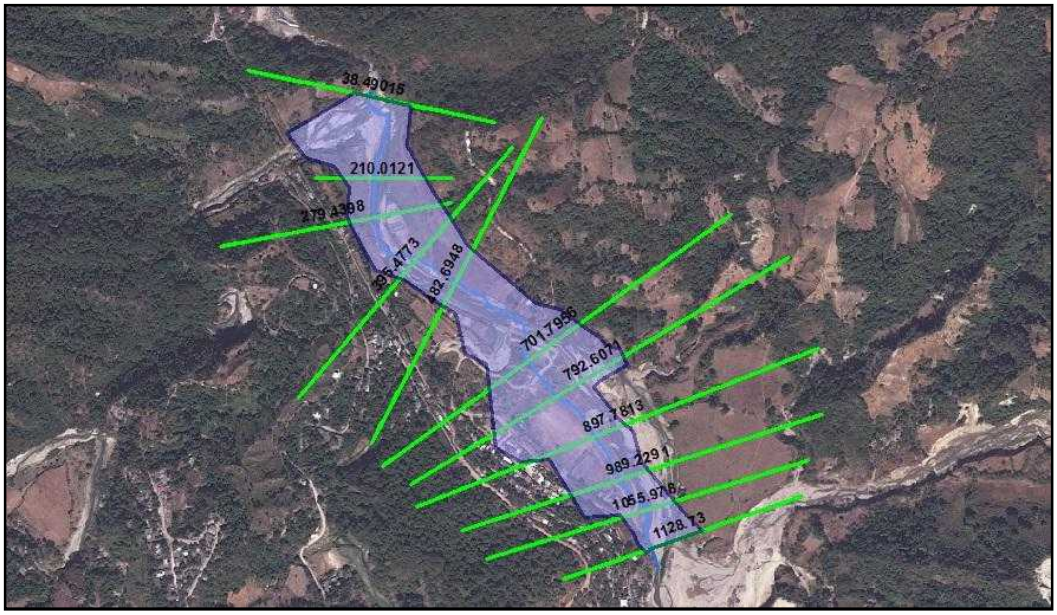


Figura 2.10. **Llanura de inundación obtenida para el periodo de retorno 100 años**

En las llanuras obtenidas se puede observar que sus superficies no presentan grandes diferencias para los distintos periodos de retorno, probablemente debido al fuerte encauzamiento que presenta el río. En contraposición vemos que las alturas de crecida (ver diagnóstico hidrogeológico de la microcuenca del río las cañas, Geólogos del Mundo 2014) si presentan notables diferencias de un periodo a otro, debido a la misma causa.

Como conclusiones del estudio hidrológico se obtienen caudales de avenida, en el tramo estudiado de 266 m^3/s, 330 m^3/s y 451 m^3/s, en la desembocadura (sumidero) de 306 m^3/s, 386 m^3/s y 540 m^3/s para los periodos de retorno de 10, 25 y 100 años.

El cálculo de los períodos de retorno refleja que, eventos recientes como las tormentas tropicales Stan y Agatha, no pueden considerarse, desde el punto de vista hidrológico, como extraordinarios. Si consideramos los rangos que se reflejan en la <Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones> de febrero de 1995 en España, se clasifica de frecuente si tiene lugar con períodos de retorno inferiores a 50 años, como ocasional si ocurre con avenidas entre 50 y 100 años y se le denomina excepcional cuando sólo sucede con las superiores a 100 años. Bajo esta premisa, se concluye que la microcuenca del río Las Cañas está expuesta a sufrir severos daños por la amenaza del río en períodos de retorno frecuentes estimándose que en el entorno estudiado amenazaría la cancha de la comunidad Las Cañas, la calle de acceso y unas 37 viviendas. Es de destacar que por el alcance de este proyecto no se han podido realizar cálculos de Inundabilidad en otras partes de la cuenca y que este estudio quedaría pendiente para otra propuesta.

Por su parte, el estudio hidráulico muestra que, en la primera simulación 10 años Pr, el cauce del río Las Cañas no tiene capacidad hidráulica para contener una avenida correspondiente a un periodo de retorno de 10 años. Cabe recordar la incongruencia entre la geometría del tramo generada con el modelo digital del terreno utilizado y las ortofotos (año 2010).

Las velocidades del agua varían según el periodo de retorno considerado y la geometría de la sección considerada. Para el periodo de retorno de 100 años la velocidad total media se encuentra en 1.4 m/s. Y se observa que siempre es superior en los laterales no en el centro.

2.1.8. Hidrogeología

Contexto Hidrogeológico

Es un hecho que el recurso hídrico subterráneo está peor caracterizado que el superficial. Existen varios motivos por lo que esto es así, entre ellos cabe destacar: la dificultad técnica de acceder al recurso hídrico subterráneo; la falta de claridad que existe en las leyes sobre las competencias en torno al control y protección de las aguas subterráneas así como la falta de reglamentos para su ejecución; la falta de recursos tanto económicos, técnicos como logísticos para la caracterización de acuíferos y para la realización de campañas de monitoreo.

En los últimos años se han hecho varios esfuerzos para subsanar esta situación, una prueba de ello es el Proyecto de Fortalecimiento Institucional de ANDA para la Investigación de Aguas Subterráneas (FIAS), en el cual se elaboró el Mapa Hidrogeológico de El Salvador a escala 1:1000, publicado en 2008 (ver figura 2.11).

Otro hecho a considerar es que en la zona de estudio no se han realizado estudios, tesis o informes destinados a la caracterización de las aguas subterráneas que circulan dentro de su superficie. No obstante, sí existe información valiosa del llamado Acuífero de San Salvador. Recientemente en un trabajo de graduación de la Universidad de El Salvador "Caracterización Hidrogeoquímica e Isotópica de Áreas de Recarga En El Acuífero de San Salvador", se presenta una demarcación de dicho acuífero (ver figura 2.11), el cual limita al este con la microcuenca.

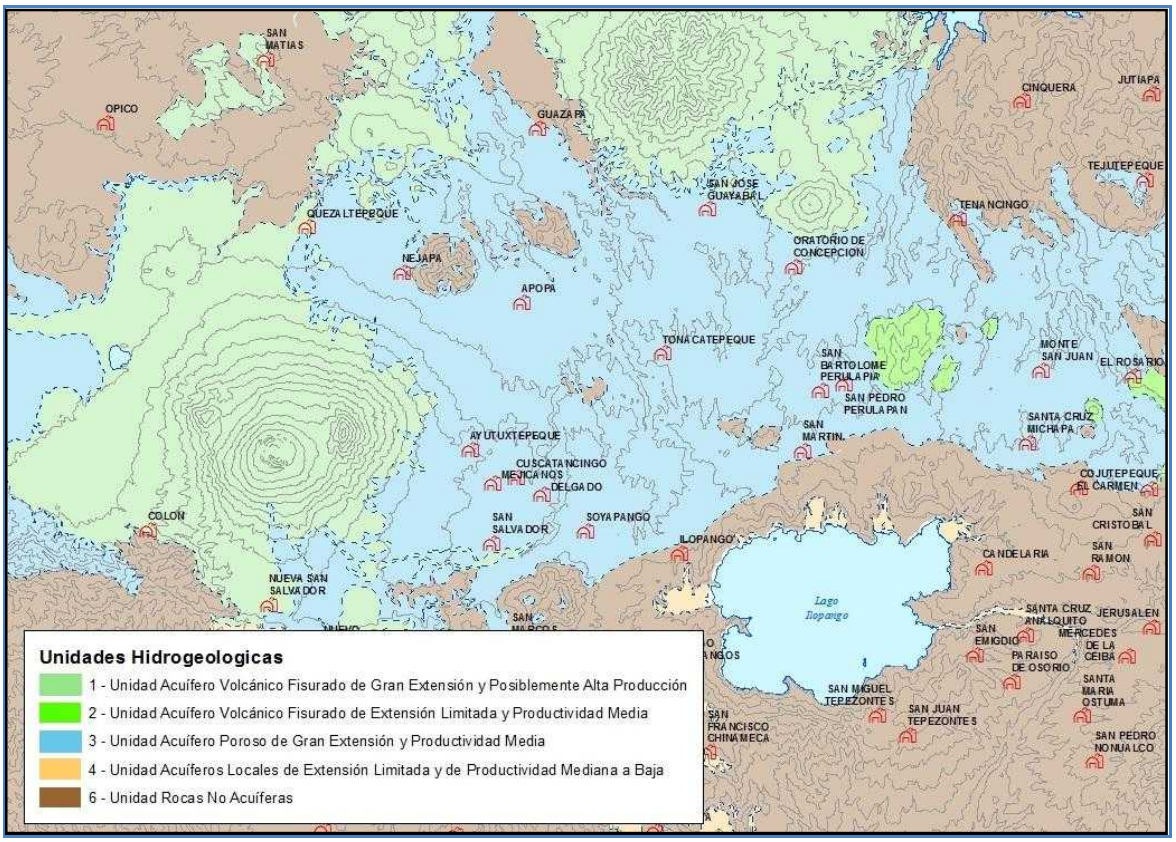


Figura 2.11. **Extracto de mapa hidrogeológico en el área de estudio**

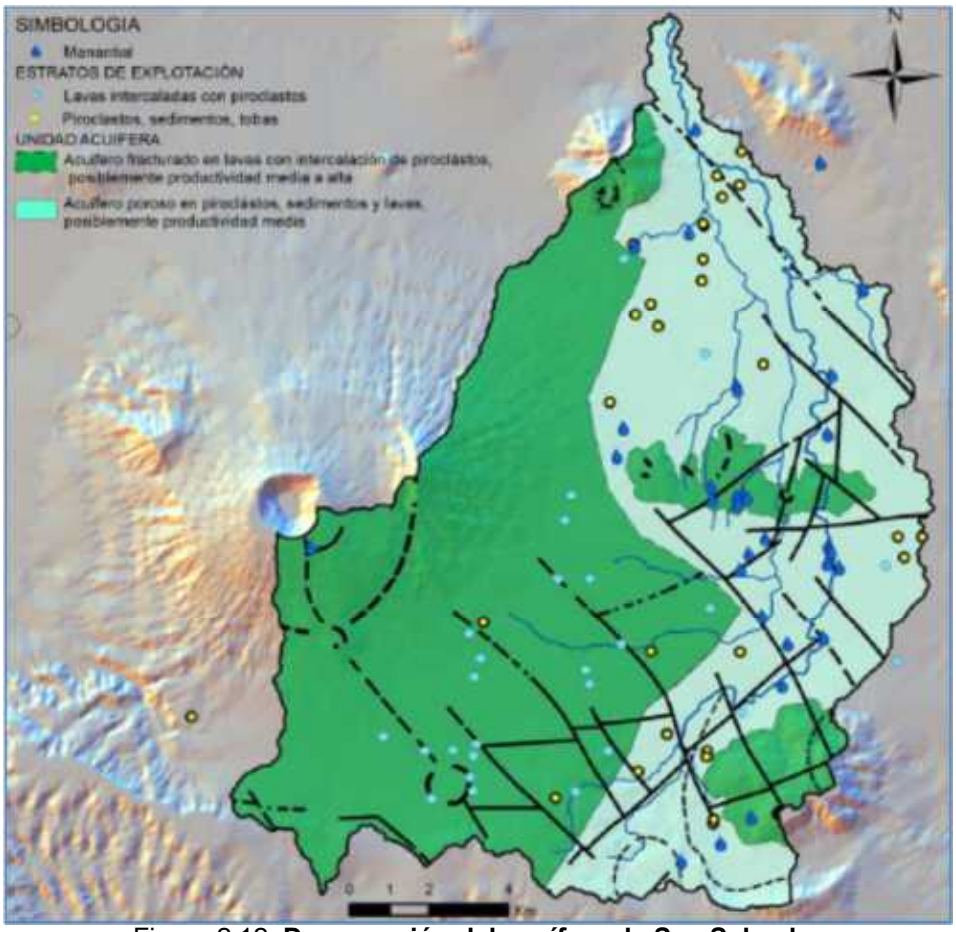


Figura 2.12. **Demarcación del acuífero de San Salvador**

El limite definido al este del acuífero San Salvador (ver figura 2.12) de acuerdo al mencionado estudio, al compararlo con el mapa hidrogeológico (ver figura 2.11) parece evidente que no se trata de un límite geológico o hidrogeológico sino que simplemente se trata de un límite impuesto por el alcance de dicho estudio, de igual manera que los límites del presente estudio son los del perímetro de la microcuenca del rio Las Cañas.

A continuación, basándose en tal estudio, se hace una descripción del acuífero de San Salvador para ver las posibles relaciones que habría con las aguas subterráneas que circulan por el interior de la microcuenca, correlacionándolo con el mapa geológico (1979) (ver figura 2.7) e hidrogeológico (2008) de El Salvador (ver figura 2.11).

Se identifican dos sistemas acuíferos o unidades hidrogeológicas interconectadas entre sí, situándose en los materiales producto del vulcanismo joven existente en la zona. En la figura 2.12 se puede ver el trazo aproximado de los límites de dichos sistemas.

Una unidad hidrogeológica está representada por el acuífero fracturado correspondiente a las lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones principalmente de piroclastos que se ubican en el sector suroeste, bordeando las faldas del volcán de San Salvador y la cordillera del Bálsamo.

Las litologías definidas para esta unidad de acuerdo con el mapa geológico, se corresponden principalmente con el miembro s2; efusivas básicas intermedias, piroclásticas subordinadas, el cual no aparece definido dentro de la microcuenca. También en menor medida, aparece el miembro s3a.

Por otra parte en el mapa hidrogeológico este sistema acuífero se sitúa dentro de una unidad hidrogeológica definida como Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente de Alta Producción.

La otra unidad hidrogeológica definida para el acuífero de San Salvador corresponde al acuífero poroso formado por estratos intercalados de piroclastos, tobas fracturadas y sedimentos de diversos orígenes, fluviales, aluviales o coluviales.

En esta según el mapa geológico las litologías presentes se corresponden a los miembros, s3a,s4 y c1, todas ellas presentes en la microcuenca, definidas anteriormente.

Comparándola con el mapa hidrogeológico, se observa que se sitúa dentro de la unidad hidrogeológica definida como Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media. El límite inferior de ambas unidades hidrogeológicas de acuerdo a la bibliografía se corresponde con la formación del Bálsamo.

Dado que los materiales presentes en el segundo sistema acuífero definido dentro del acuífero de San Salvador presenta prácticamente las mismas litologías que aparecen en la microcuenca y que tanto dicho subsistema como la totalidad de la microcuenca se encuentran dentro de la Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media, se podría considerar que las aguas subterráneas que circulan por dentro del ámbito de la microcuenca del río Las Cañas pertenecen a dicha Unidad Hidrogeológica definida en el mapa hidrogeológico de El Salvador (2008).

Piezometría

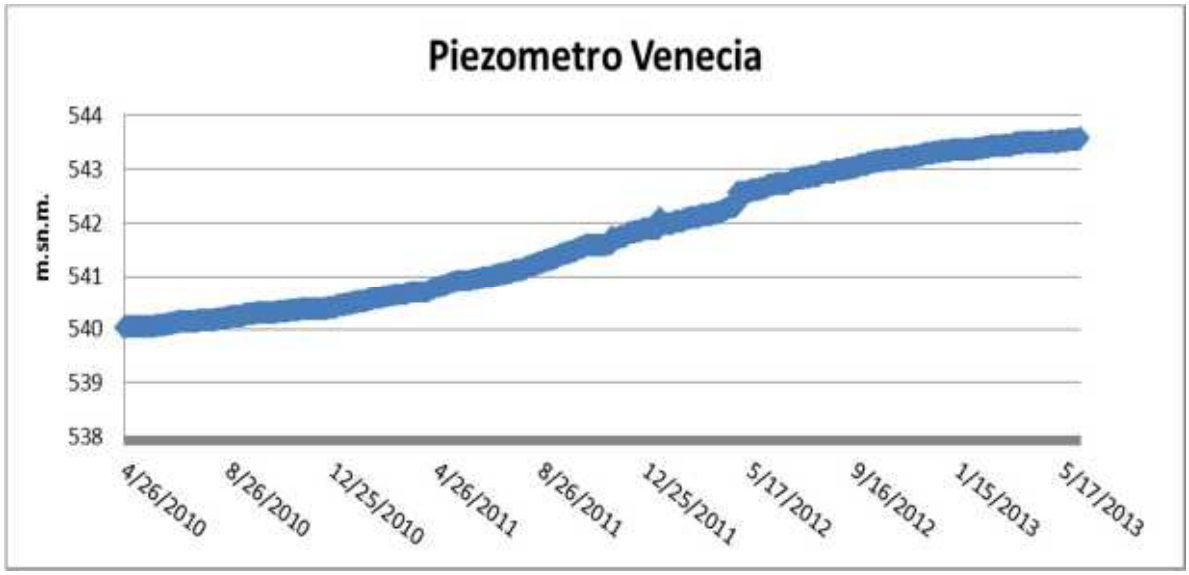
En el marco del proyecto FORGAES, “Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador, desarrollado entre los años 2002 y 2007”, cuyo eje estratégico se posicionó en la protección de los recursos hídricos, se toma la iniciativa para realizar la instalación y gestión de la red piezométrica de observación continua de aguas subterráneas en el AMSS y Valle de Zapotitan.

Ambas redes están formadas por dos tipos de pozos; pozos fuera de uso que ofrecen las condiciones adecuadas consideradas y pozos nuevos perforados. Dotados de sistema de flotador de medición en continuo, la lectura de los datos se realiza en el mero punto mediante una terminal u ordenador portátil.

Dentro de la zona de estudio se sitúan tres puntos, todo ellos de nueva perforación y en el municipio de Soyapango; Los Santos, Venecia y Chantecuan. En la campaña de inspección fueron visitados y se constató que tan solo Venecia (19-SY-CN) continua activo, ya que Los Santos (16-SY-NO) se encuentra obstruido desde marzo de 2009 y Chantecuan (20-SY-NO) ha desaparecido.

En el gráfico 2.1 se representan las variaciones de la profundidad del nivel piezométrico con el tiempo en los intervalos disponibles para el sondeo de Venecia. Se observa un ascenso que podría estar relacionado con aspectos locales del punto, como cercanía de un arroyo o quebrada, zonas de pérdidas en la red de abastecimiento, o relacionado con una tendencia ascendente del nivel piezométrico en el sector.

Gráfico 2.1. **Evolución piezométrica del piezómetro Venecia**



Uno de los objetivos de la instalación de una red de monitoreo de aguas subterráneas es la elaboración de un mapa de isopiezas, es decir un plano con líneas de mismo valor de altura piezométrica o freática, realizado a través de valores de nivel estático medidos en los puntos que conforman la red para un determinado momento. Con la obtención de dicho plano se determina tanto la dirección y sentido del flujo subterráneo como su gradiente hidráulico.

Debido al alcance del presente estudio (o debido al insuficiente número de puntos de la red) no se ha trazado el mapa piezométrico que podría derivarse de la Red de Monitoreo en el AMSS, en cambio en el Mapa Hidrogeológico de El Salvador (2008) se presentan las isopiezas propuestas para la Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media (figura 2.13).

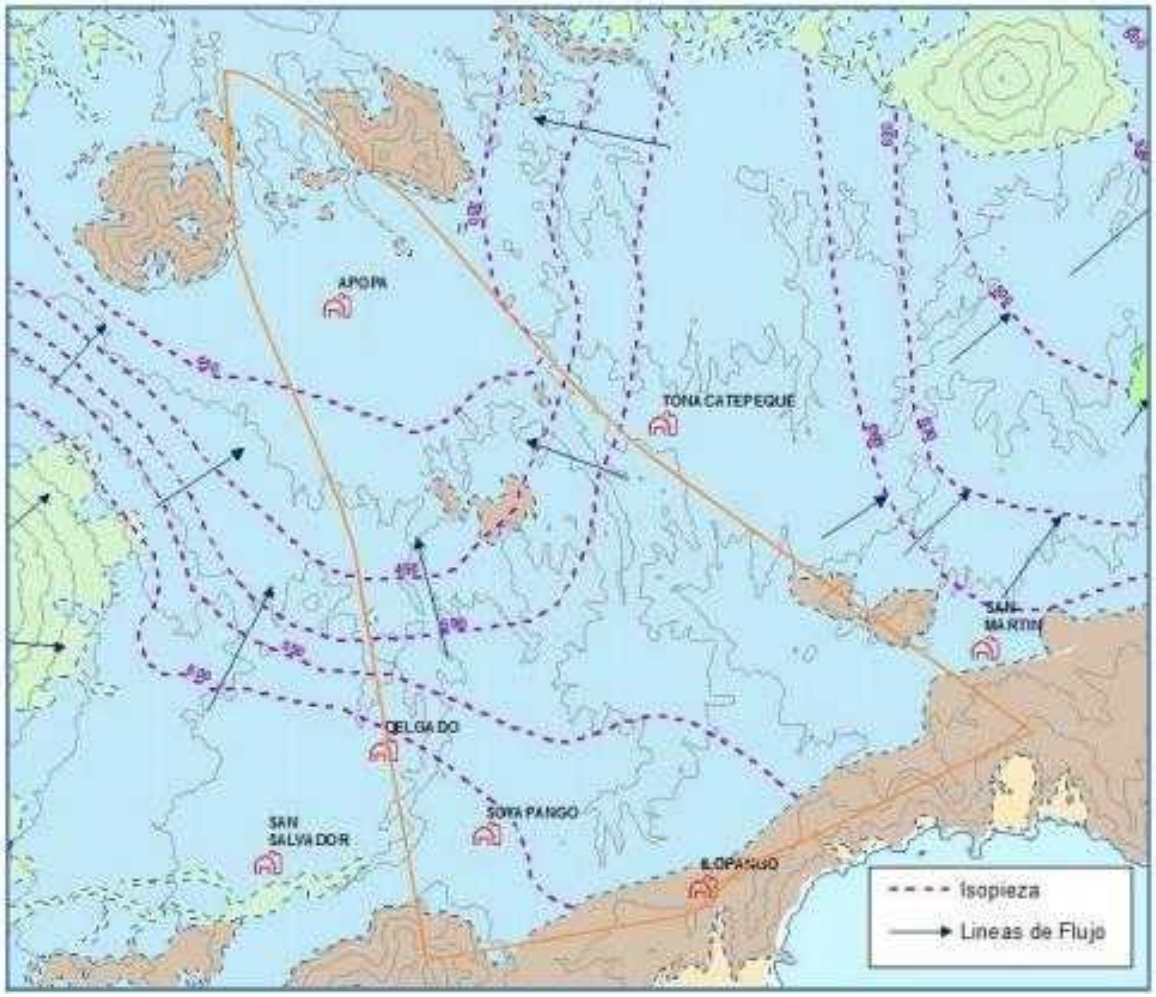


Figura 2.13. Isopiezas zona de estudio

Marcado en naranja se representa los límites aproximados de la microcuenca, dentro de esta se identifica una dirección principal de flujo, SE-NW, con sentido hacia la desembocadura del rio las Cañas al rio Acelhuate. Además en la parte oriental del municipio de Tonacatepeque y en el municipio de San Martín se intuye la existencia de una divisoria de aguas (parte aguas), de manera que en este área habrá dos flujos subterráneos, uno hacia dentro de la cuenca el flujo seria de SE-NW y otro hacia fuera de la cuenca NW-SE.

Piezometría de la zona de estudio

De los 58 puntos de la red de monitoreo definida anteriormente, se han podido obtener medidas de la profundidad del nivel estático en 51 puntos, en los 7 restantes no se pudo debido a que el acabado del sondeo no permitía la introducción de la sonda piezométrica o el día de la visita el pozo estaba bombeando, ya que siempre se tomaron las medidas en reposo (nivel estático).

Posteriormente en oficina se obtuvo la cota topográfica de cada punto mediante la utilización de un modelo digital del terreno (a 10m). De manera que restando la profundidad de nivel estático medida en el punto a la cota topográfica del punto se calcula la altura piezométrica del agua subterránea. En los manantiales la cota topográfica de la salida del agua da directamente la altura piezométrica.

Para mostrar la dirección y sentido del flujo del agua subterráneas se elabora el mapa piezométrico (figura 2.14) con los datos de altura piezométrica calculados en los 51 puntos de la red de monitoreo, los cuales se corresponden con; 26 pozos artesanales, 14 sondeos y 11 manantiales/nacimientos. Este mapa refleja la situación en un momento determinado, correspondiéndose a la fecha de realización de la primera campaña de campo.

Del mapa piezométrico realizado se deriva la existencia de tres zonas con distinto comportamiento hidrodinámico.

- Parte media de la microcuenca hasta la unión del río Las Cañas con el río Acelhuate.
  En esta zona el flujo de agua subterránea presenta una dirección SE-NW, sentido NW, además se aprecia que el flujo subterráneo parece ser hacia el río, siendo en este caso ganador y el acuífero perdedor.

- Margen izquierda del río, parte de los municipios de Ciudad Delgado, Soyapango e Ilopango. En esta zona la tendencia anterior aparece distorsionada, como una especie de vaguada, en donde se aprecia una depresión entorno a la isopieza 520 m.s.n.m. Si es cierto que en Soyapango e Ilopango se producen fuertes extracciones de agua, sin embargo ni la distribución espacial de los puntos de medición ni el escaso número de puntos medidos en esta área es adecuada para poder apreciar la causa de dicho fenómeno con claridad.

- Margen derecha del río, zona sur del municipio de Tonacatepeque y el municipio de San Martín. Aquí se observa la existencia de una divisoria de aguas subterráneas siguiendo una línea de dirección SW-NE.

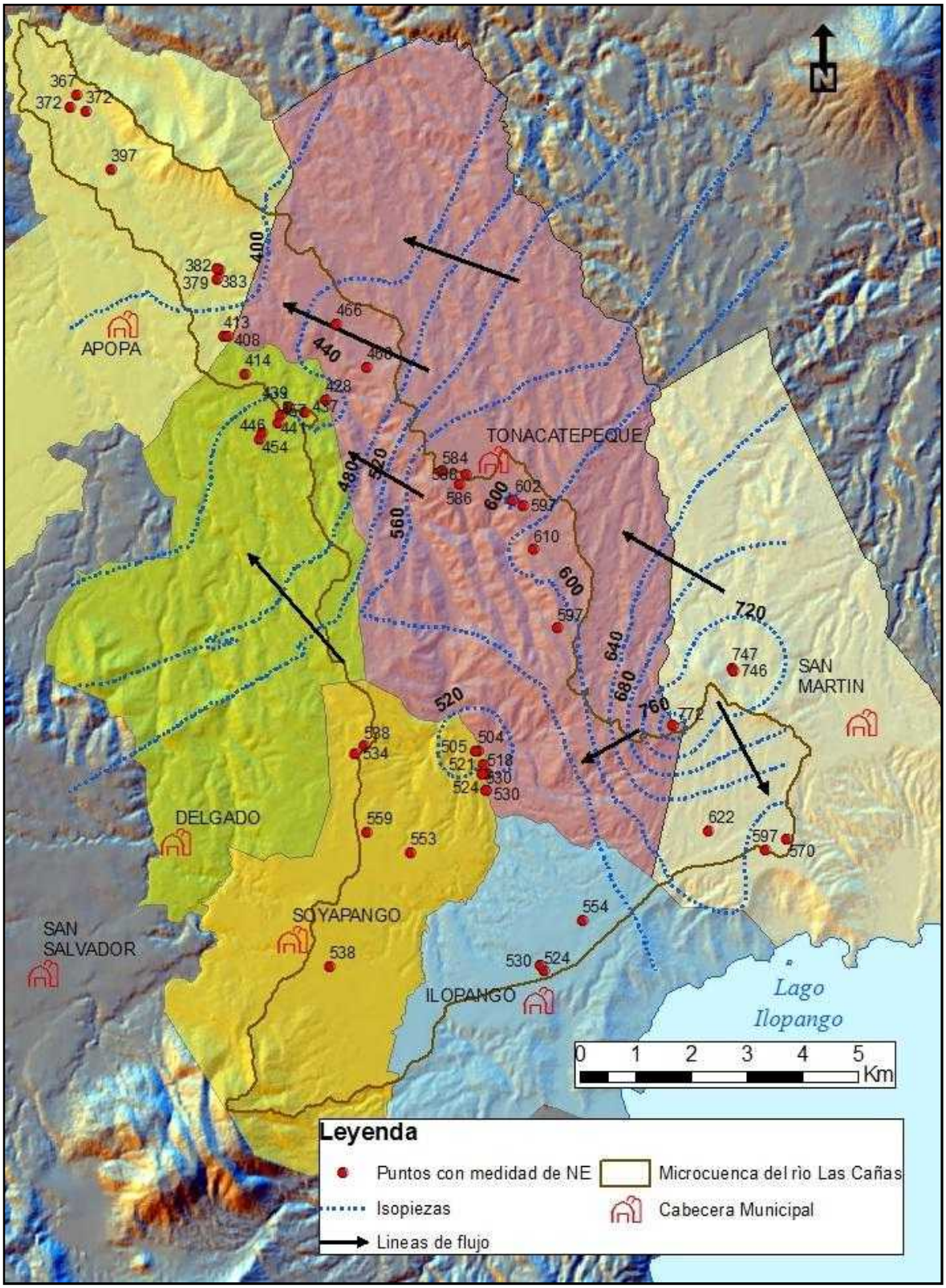


Figura 2.14. **Mapa piezométrico elaborado de la zona de estudio**

Parámetros geológicos para hidrogeología

De acuerdo al contexto geológico definido anteriormente, se ha mostrado como los principales materiales que afloran en la zona de estudio se corresponde con la Formación Cuscatlán (Plioceno-Pleistoceno) y con la Formación San Salvador (Pleistoceno Holoceno), materiales que según el mapa Hidrogeológico de El Salvador (ANDA_COSUDE) conforman la Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media, cuyo muro se corresponde con la Formación del Bálsamo (Terciario Superior). Con parte de la información bibliográfica de los estudios y tesis realizados en la zona de estudio y la información recopilada durante el transcurso de las campañas de campo, se ha podido realizar los croquis, columna litológica atravesada en el punto perforado, de algunos puntos.

En la figura 2.15 se presentan aquellos puntos en donde se ha podido realizar su columna litológica.

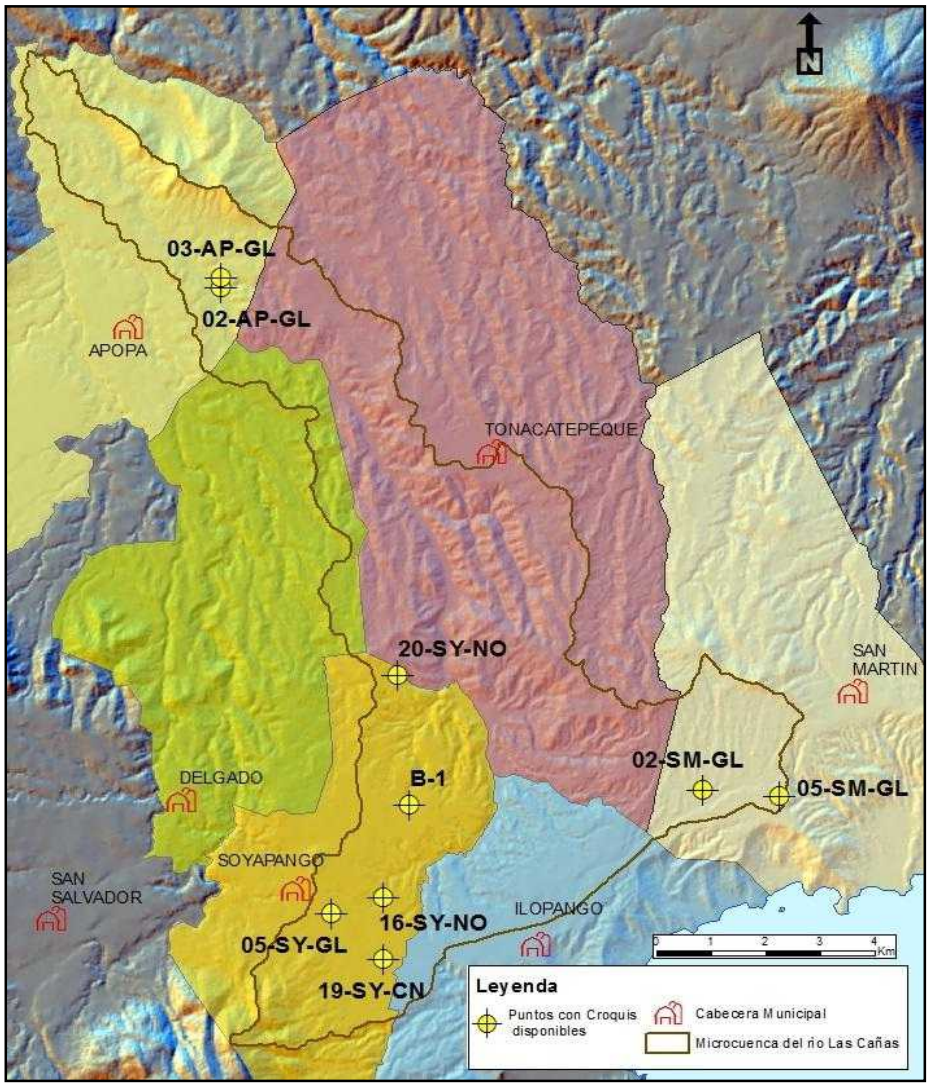


Figura 2.15. **Situación de los puntos con croquis**

Observando las columnas litológicas descritas en los croquis, se pueden señalar varias características comunes en todos ellos.

- Todos los materiales descritos en los croquis se correlacionan perfectamente con los definidos para la Formación Cuscatlán y para la Formación San Salvador.

- Presentan dos tipos de materiales: puramente volcánicos, como tobas, ignimbritas, pirolcastos, vidrio, escorias, y pequeños flujos lávicos, y sedimentarios, aunque estos provienen principalmente de los anteriores, nombrados como epiclastitas, material piroclásticos retrabajados por los distintos agentes de erosión y transporte.

- Otra característica común es la intercalación de estos dos tipos de materiales en toda la longitud de la columna litológica, denotando en su historia geológica diversos procesos tanto de erupción volcánica como de sedimentación.

- Por ultimo también se observa que en ninguno de ellos se llega a cortar la Formación del Balsamo, lo cual nos indica que en ninguna de la perforaciones se ha atravesado el espesor total de unidad acuífera porosa.

Hidroquímica

Para la caracterización hidrogeoquímica de la zona de estudio, se dispone de las medidas de los parámetros químicos medidos in situ y de 54 analíticas, dos por cada punto muestreado.

Todas las analíticas se corresponden con muestras de aguas subterráneas, 11 sondeos, 14 pozos artesanales y 2 manantiales, en la Fig. nº II.3 se puede ver la distribución espacial de estos puntos de agua.

Caracterización de las aguas subterráneas

Para caracterizar las aguas subterráneas se han realizado diagramas de Piper y mapa de concentraciones de los elementos considerados.

Diagramas de Piper

Se trata de un diagrama triangular compuesto. Está constituido por dos triángulos equiláteros, en los que se representa la composición aniónica y catiónica del agua y un campo central romboidal en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes, que definen las distintas facies de las aguas subterráneas (ver figura 2.16).

Es necesario convertir las concentraciones de los iones en porcentaje de miliequivalentes/litro. Como aniones se representarán: CO_3^{-2} + HCO_3^-, SO_4^{-2} y Cl^- + NO_3^-. Mientras que como cationes se utilizan: Mg^{+2}, Na^+ + K^+ y Ca^{+2}. A cada uno de los vértices le corresponde el 100% de un anión o catión.

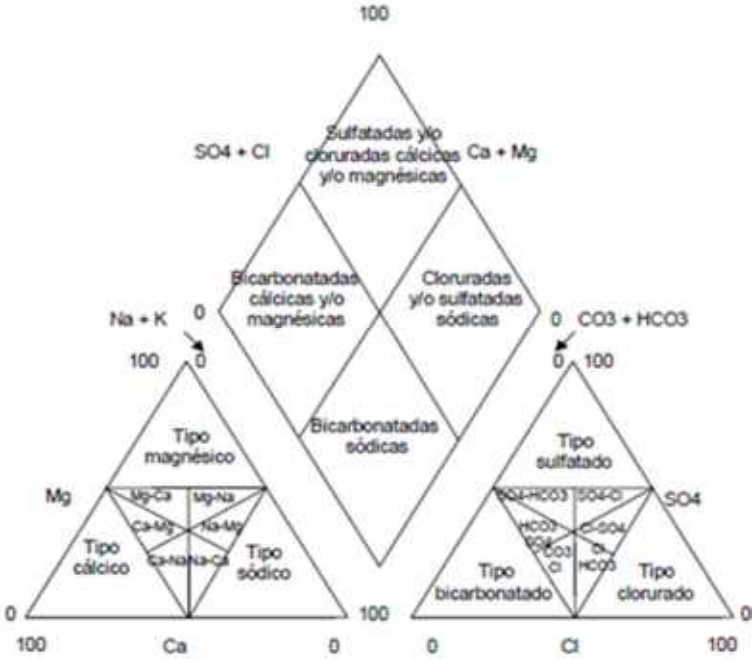


Figura 2.16. **Facies químicas en el diagrama de Piper**

Para no representar todos los puntos en un solo diagrama, se ha dividido la cuenca en tres partes; parte alta, media y baja de la microcuenca (ver figura 2.17, 2.18 y 2.19, respectivamente).

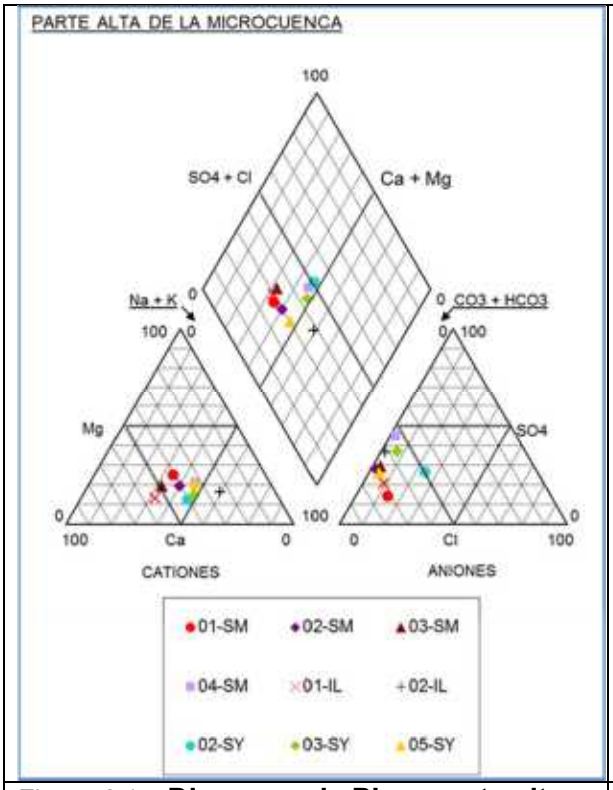


Figura 2.17. **Diagrama de Piper parte alta**

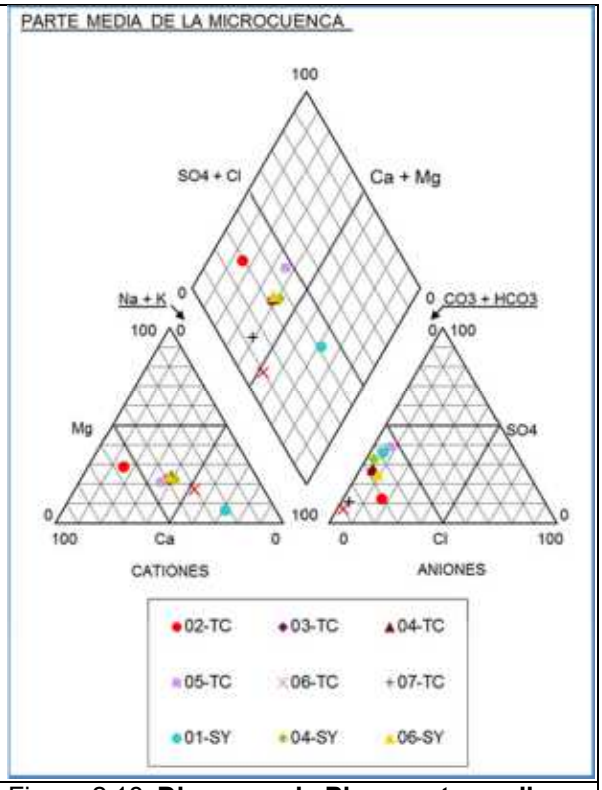


Figura 2.18. **Diagrama de Piper parte media**

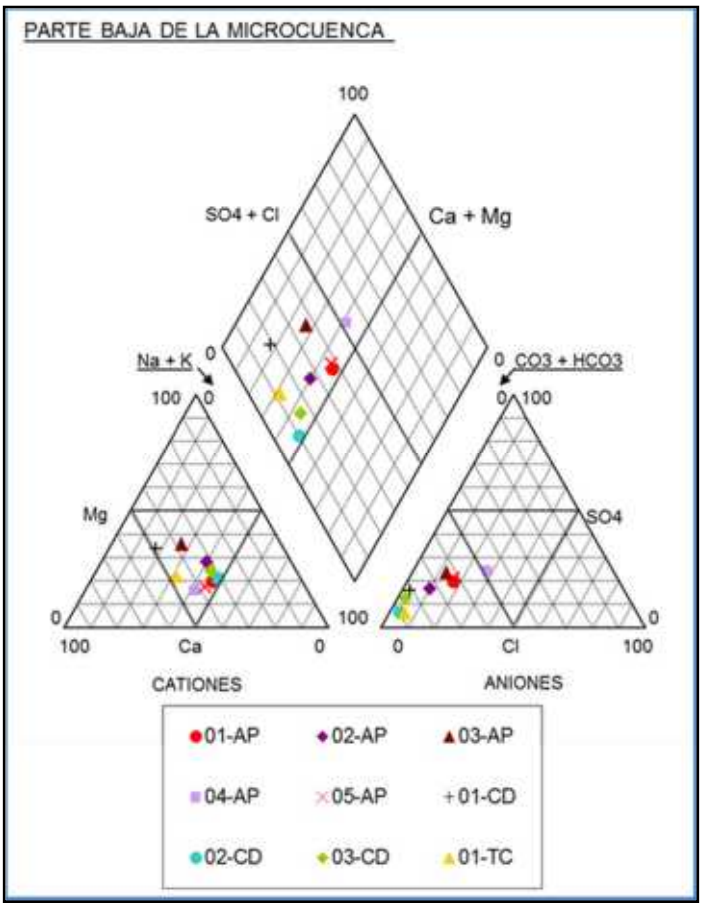


Figura 2.19. **Diagrama de Piper parte media**

Se puede observar que todos los puntos en los tres diagramas anteriores, el agua presenta unas facies bicarbonatadas que pueden ser sódicas y cálcicas.

Mapas de concentraciones

Los mapas de concentraciones dan una idea de la distribución de un parámetro o de una especie química en una determinada zona, a partir de la representación en círculos de distinto diámetros según la concentración en el punto de manera creciente, es decir a mayor diámetro del circulo mayor concentración, salvo en el mapa del oxígeno disuelto que es al contario.

Se han construido mapas de concentraciones para los parámetros químicos medidos in situ y para la campaña de muestreo realizada. Estos mapas dan una idea aproximada de lo que sucede en las aguas subterráneas que circulan por la microcuenca del río Las Cañas, no obstante no se debe olvidar que esta idea viene derivada de tan solo una campaña de muestreo, situación puntual, ya que para ver su situación general se requieren de más campañas de muestreo, principalmente una en la época seca y otra en la época húmeda, para así poder contrastar sus resultados a lo largo de un ciclo hidrológico completo.

Temperatura

Los valores de temperatura medidos en la red de monitoreo de la microcuenca (figura 2.20) varían entre 21.9 ºC y 49 ºC, presentándose la mayoría entre los 23 ºC y 30 ºC. La temperatura ambiente media de la microcuenca de acuerdo con la estación meteorológica del aeropuerto de Ilopango es de 23 ºC. Puede considerarse que en su mayoría las aguas de los pozos y manantiales se encuentran influenciadas por el vulcanismo activo del estrato volcán de San Salvador y por la Caldera de Ilopango.

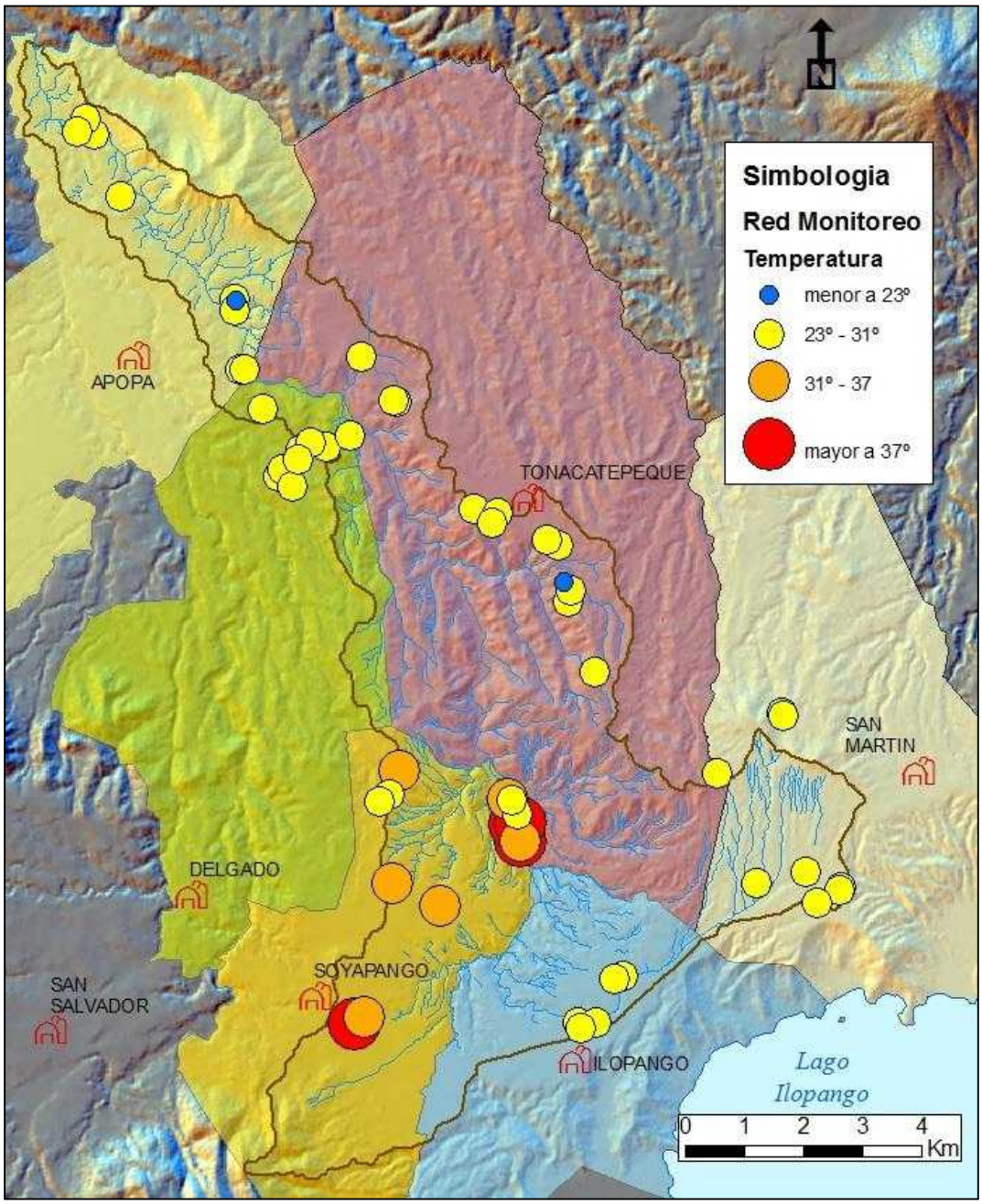


Figura 2.20. **Mapa de variación de la temperatura en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Especial atención merecen aquellos puntos cuyas temperaturas superan los 31 ºC, situados en la parte alta de la microcuenca en la margen izquierda del rio, todos ellos dentro del municipio de Soyapango y que podrían corresponder a un flujo con mayor influencia volcánica.

Conductividad Eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica medidos (figura 2.21) variaron entre 200 µS/cm y 1000.8 µS/cm. Pero en dos puntos situados en Apopa se sobrepasó este intervalo notablemente, con valores de 1858 µS/cm y 1212 µS/cm respectivamente, situados a escasos metros del cauce del rio ambos en la margen izquierda.

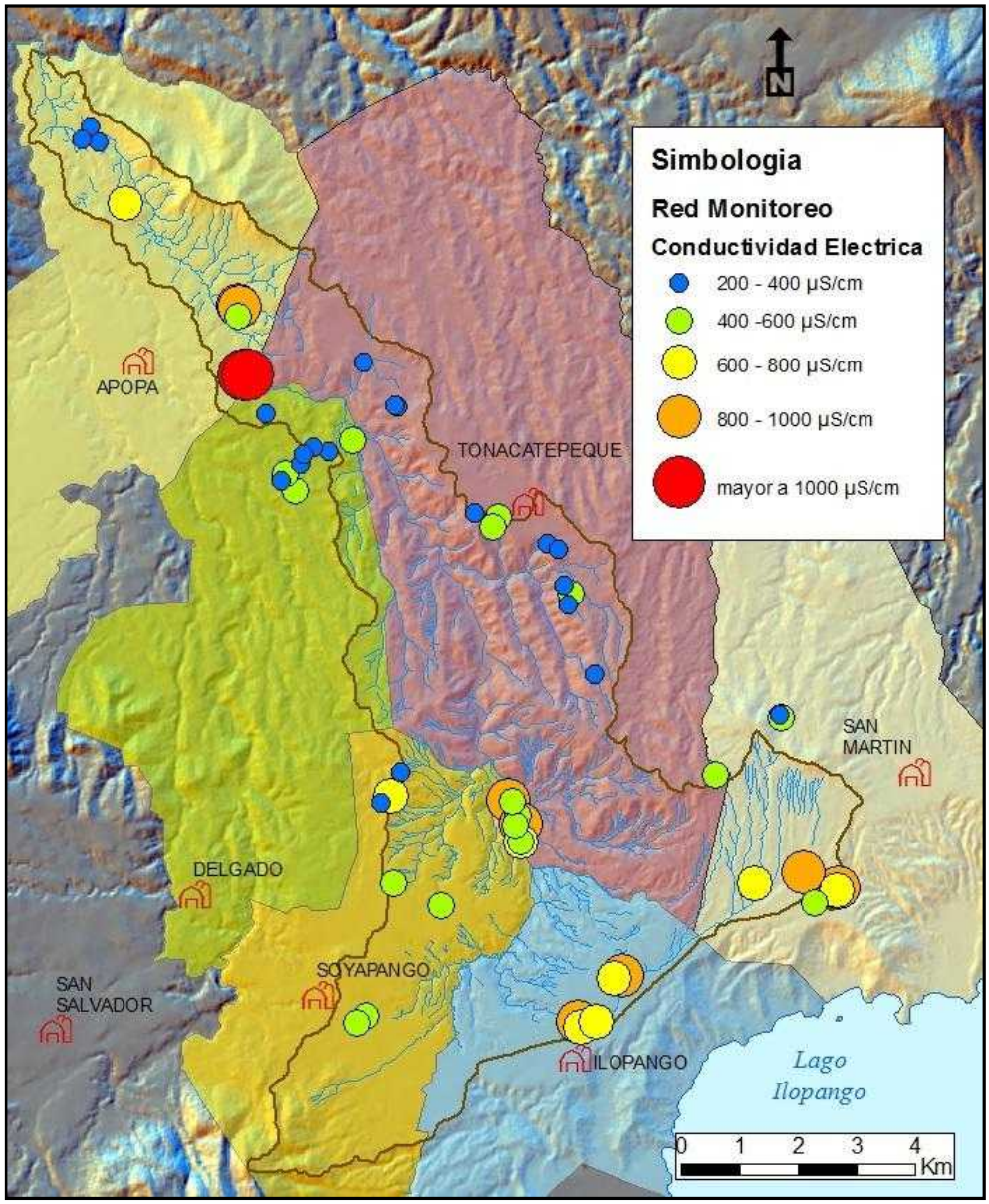


Figura 2.21. **Mapa de variación de la conductividad eléctrica en las aguas subterráneas de la microcuenca**

pH

Los valores de pH (figura 2.22) medidos resultaron en general en pH neutro, lo cual es característico de aguas subterráneas con recargas recientes.

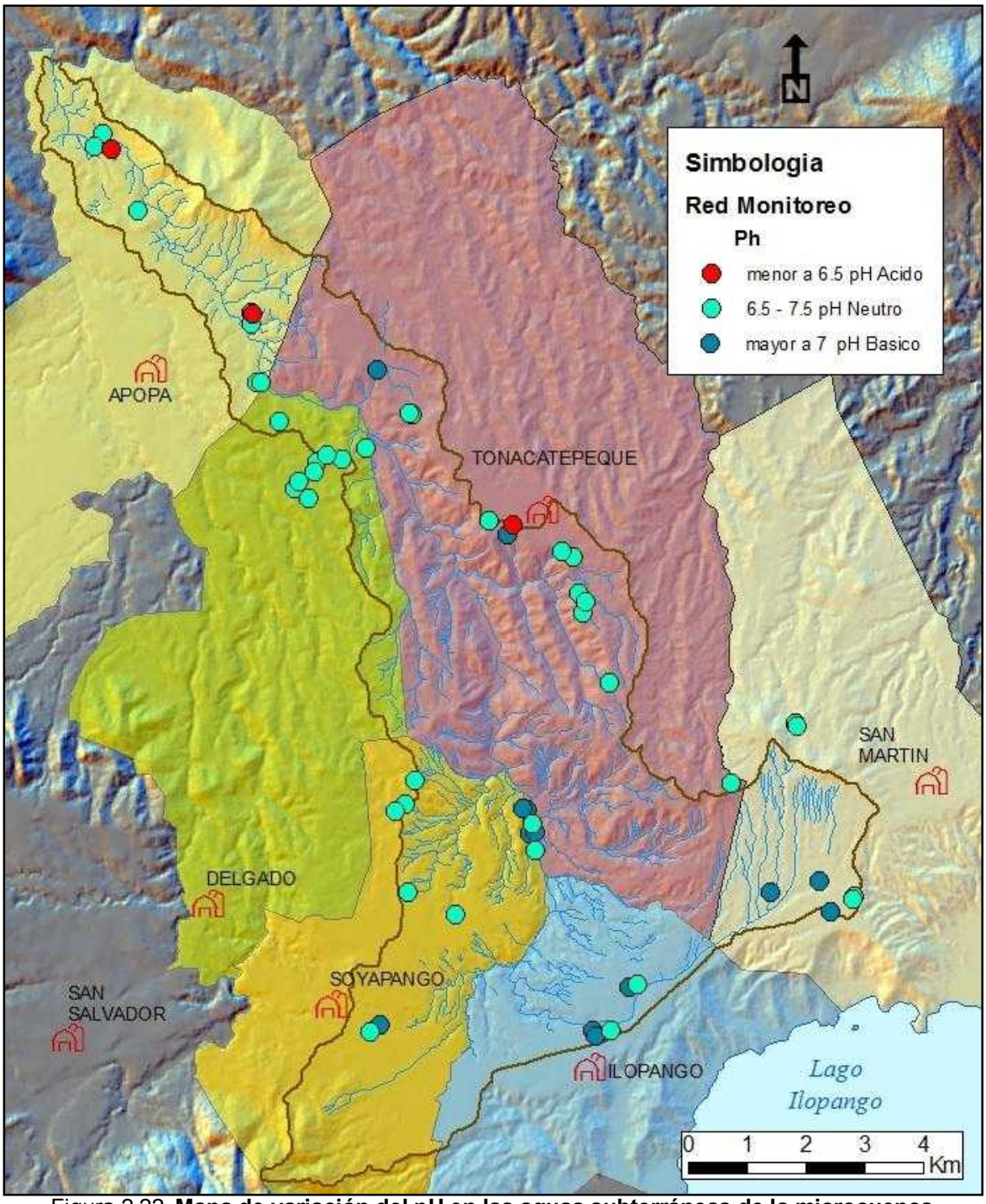


Figura 2.22. **Mapa de variación del pH en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto fueron medidos a través de muestras de agua recogidas con el uso de la bomba del sondeo o recogidas mediante un cubo con el uso de cuerda y polea. Por tanto fue medido tras sufrir una alteración, influenciada por el aumento en el oxígeno disuelto debido al bombeo y a la descarga en los cubos durante la toma de muestra. Por tanto estos valores (figura 2.23) no se consideran representativos del acuífero aunque si nos podrían dar una aproximación.

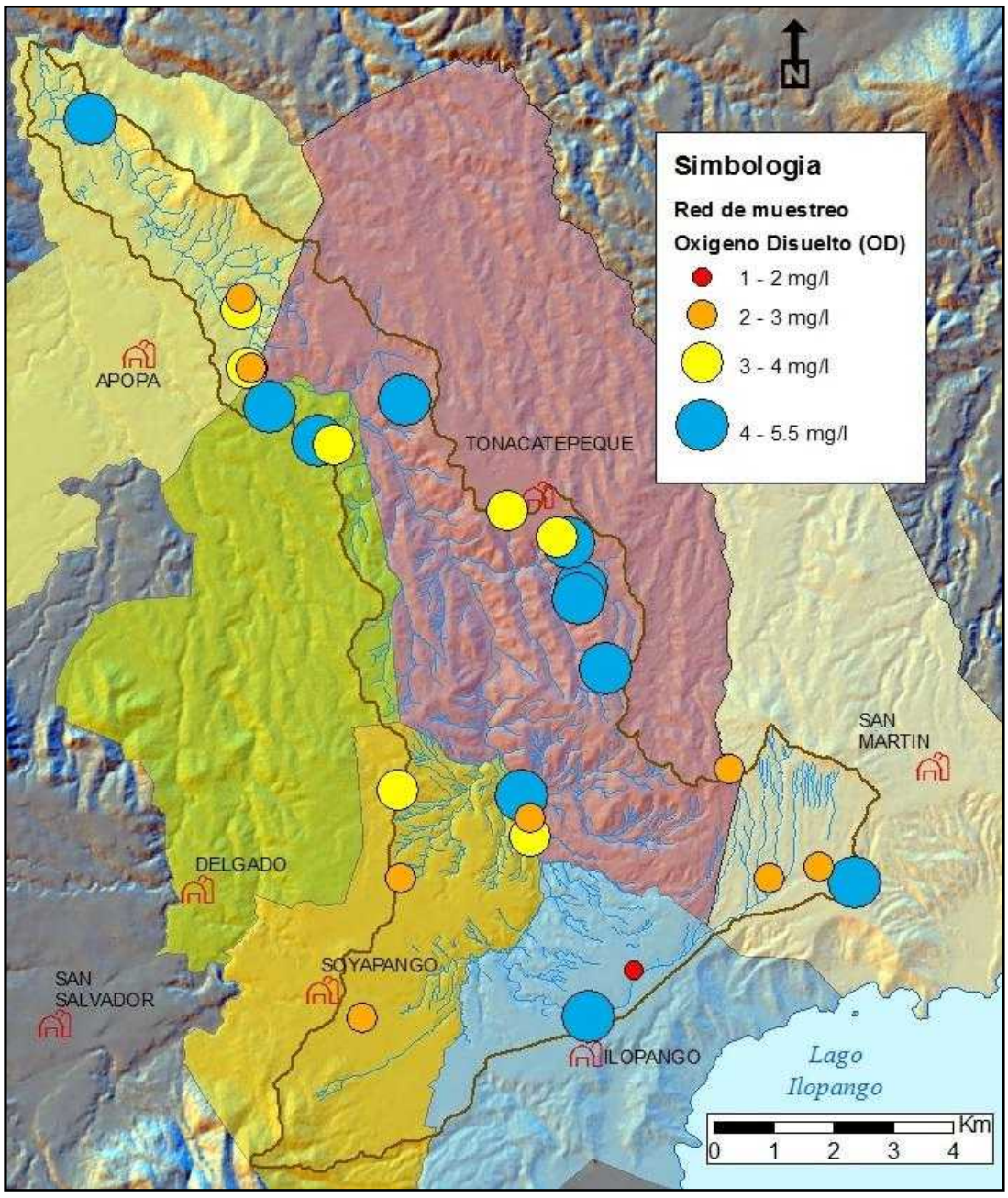


Figura 2.23. Mapa de concentración del oxígeno disuelto en las aguas subterráneas de la microcuenca

Cloruros

Los valores de cloruros analizados en el laboratorio presentan unas concentraciones comprendidas entre 2.19 y 130.43 mg/l (figura 2.24). En esta se podría observar un aumento de la concentración de cloruros hacia el norte, ya que en el municipio de Apopa se presentan las mayores concentraciones, presentándose el pico en un pozo a escasos metros del río, situado en la margen izquierda. Aunque también se presentan concentraciones entre 20 y 65 mg/l, en tres puntos situados uno en Soyapango, también a escasos metros del rio en la misma margen, otro en Ilopango y otro en San Martin.

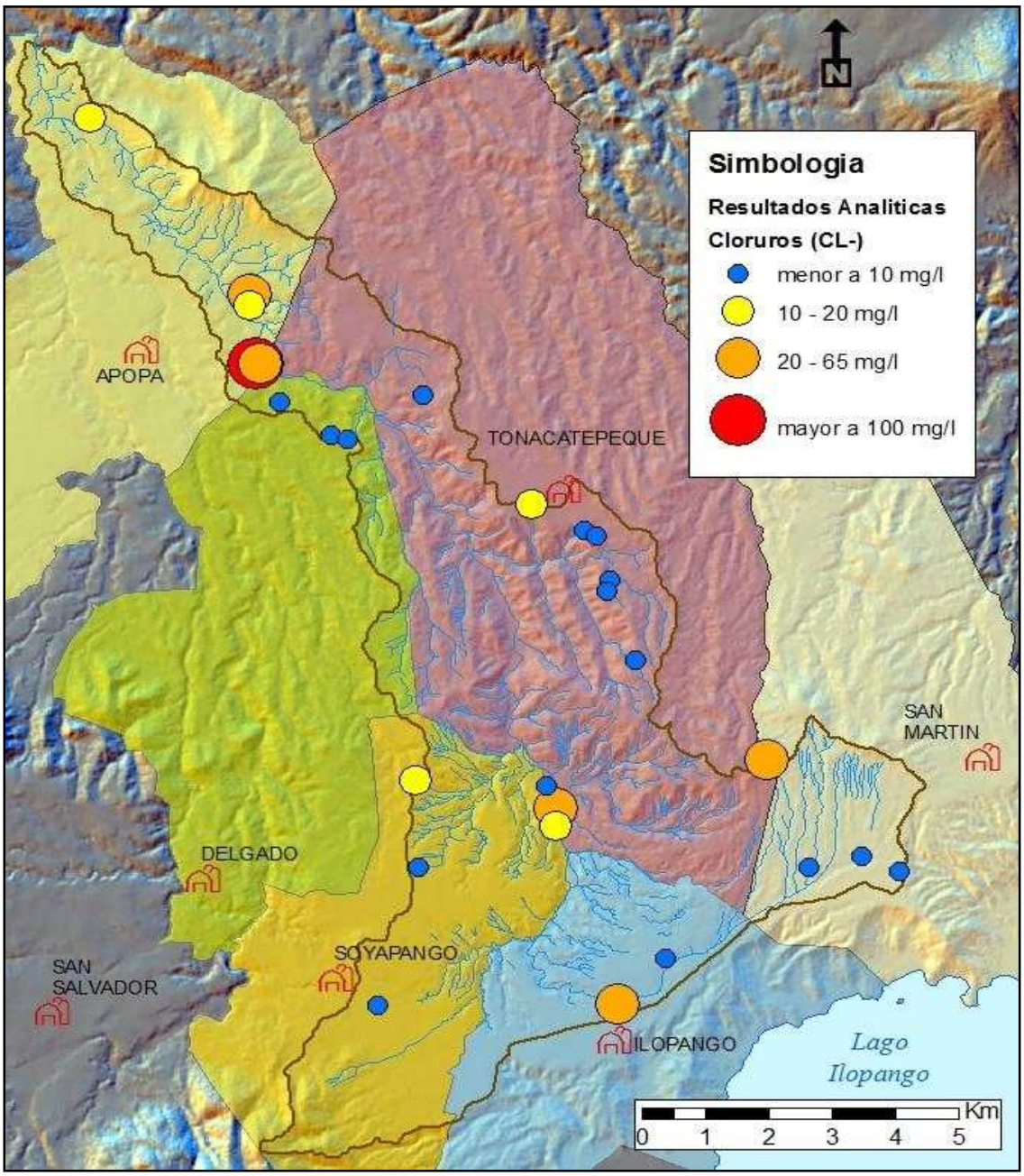


Figura 2.24. Mapa de concentración de cloruros en las aguas subterráneas de la microcuenca

Sulfatos

Para las concentraciones de sulfatos se presenta un rango de valores que varía entre 6.69 y 174.26 mg/l (figura 2.25). Las mayores concentraciones las encontramos en la cabecera de la microcuenca, en los municipios de Ilopango y San Martin, donde se localiza la concentración máxima. También en el municipio de Apopa, en dos puntos cercanos al rio se presentan valores de sulfatos mayores a 100 mg/l.

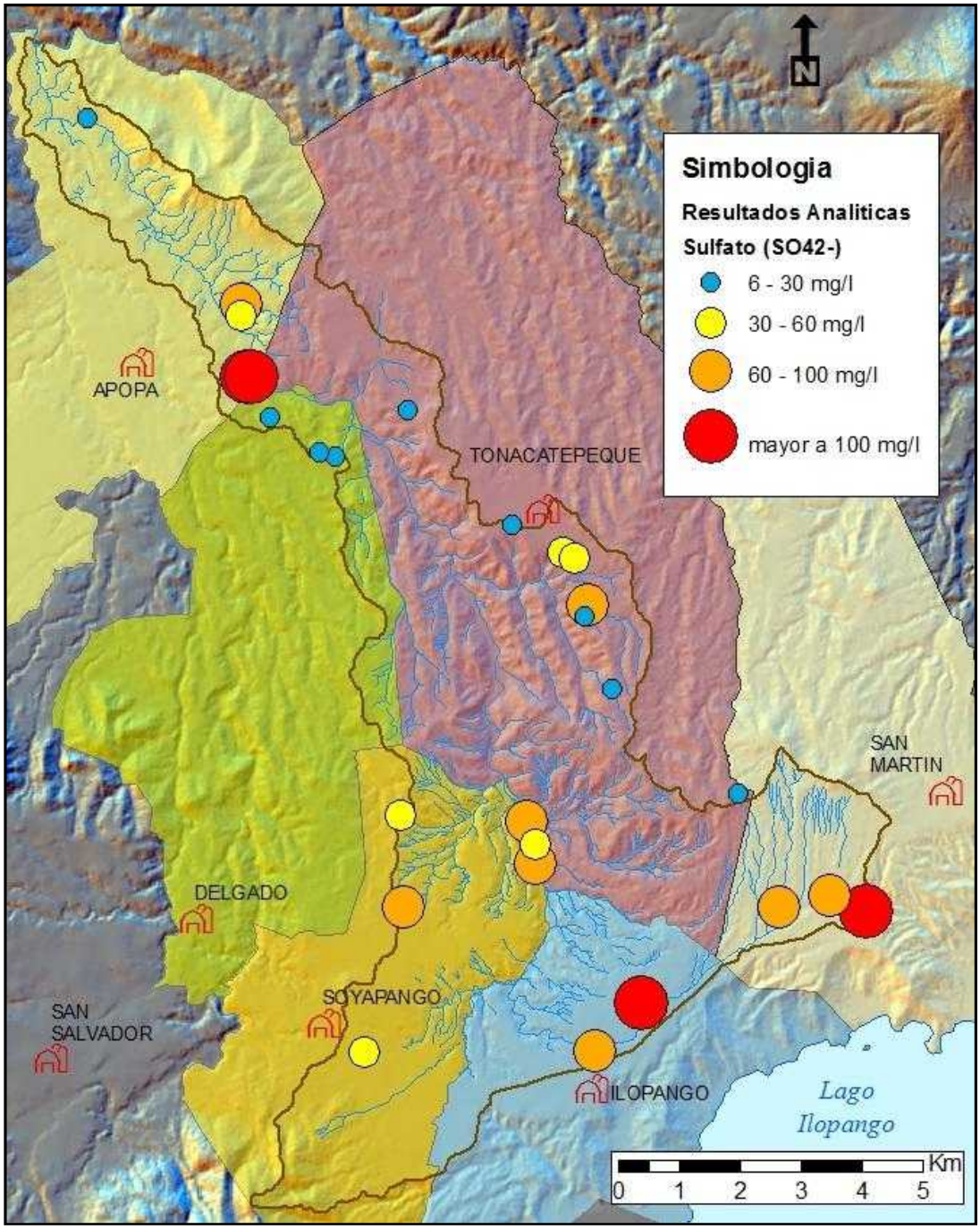


Figura 2.25. **Concentración de sulfatos en las aguas subterráneas de la microcuenca.**

Sodio

Los valores del sodio analizados en el laboratorio presentan unas concentraciones comprendidas entre 11.99 y 119.55 mg/l (figura 2.26). La distribución de sodio parece estar relacionada con la de cloruros, presentando una mayor concentración de sulfatos hacia el norte. Igualmente que ocurría con la distribución de cloruros las máximas concentraciones de sodio se encuentran en el municipio de Apopa. También en los municipios de San Martin e Ilopango se encuentran dos puntos con concentraciones comprendidas entre 60 y 90 mg/l.

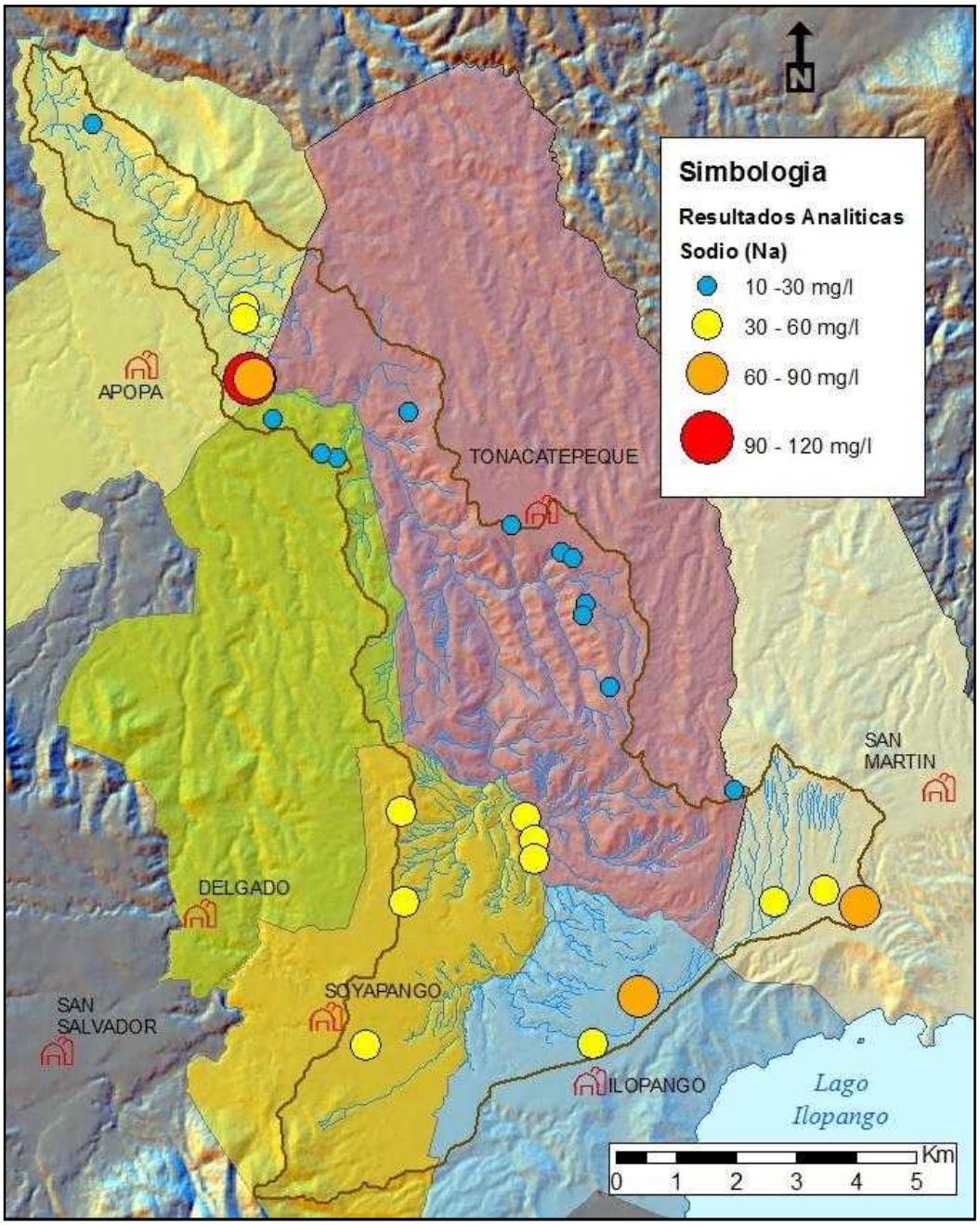


Figura 2.26. **Mapa de concentración del sodio en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Calcio

Los valores de concentración para el calcio se presentan entre 9.8 y 104.6 mg/l (figura 2.27). Nuevamente vemos que las concentraciones más elevadas se sitúan en los municipios de Apopa, Ilopango y San Martin, cabecera y parte baja de la microcuenca. El pico de concentración se localiza en San Martin.

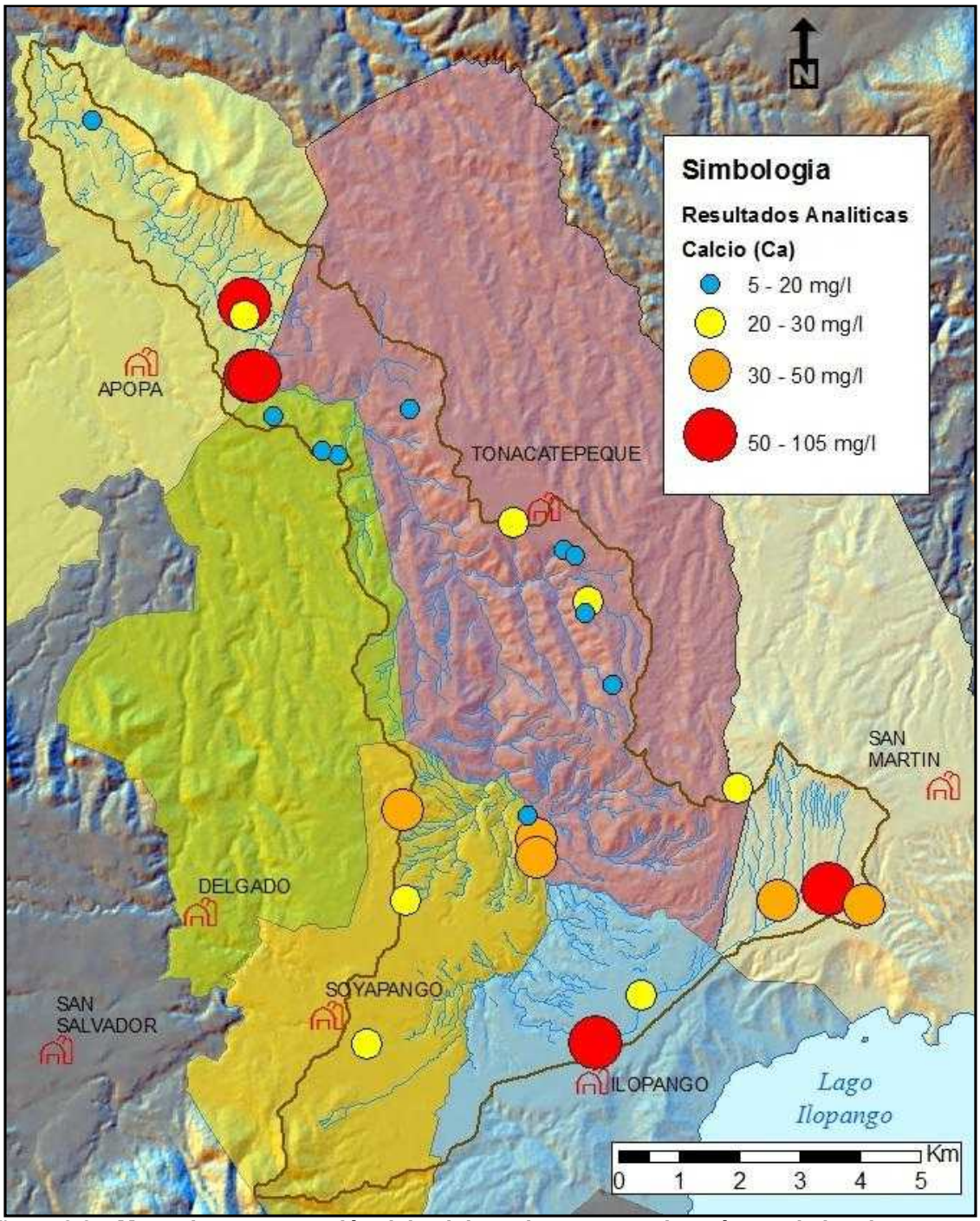


Figura 2.27. **Mapa de concentración del calcio en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Magnesio

Los valores de magnesio analizados en el laboratorio presentan unas concentraciones comprendidas entre 2.93 y 28.59 mg/l (figura 2.28). En esta ocasión la distribución de las concentraciones de magnesio son similares a las de los sulfatos y el calcio, de manera que las concentraciones mayores se localizan en los municipio de Apopa, San Martin e Ilopango, presentando su máxima en Apopa.

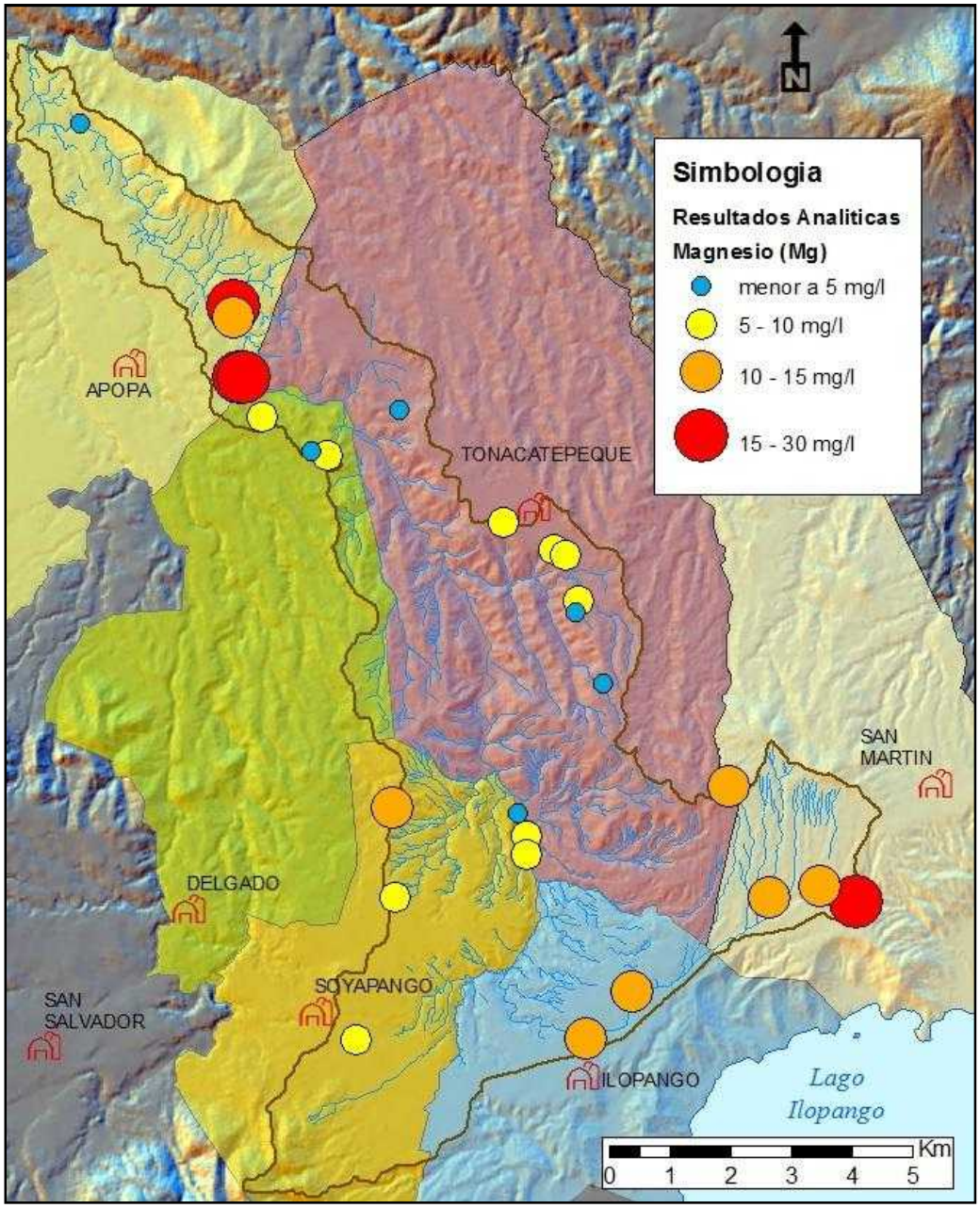


Figura 2.28. **Mapa de concentración del magnesio en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Potasio

El rango de los valores del potasio se encuentran entre 1.32 y 14.9 mg/l (figura 2.29). Al observar el mapa de concentraciones se desprende que no se presenta ninguna distribución espacial ni ninguna semejanza con los parámetros anteriores. Sus mayores concentraciones se encuentran repartidas por la totalidad de la microcuenca situándose en los seis municipios que conforman la microcuenca.

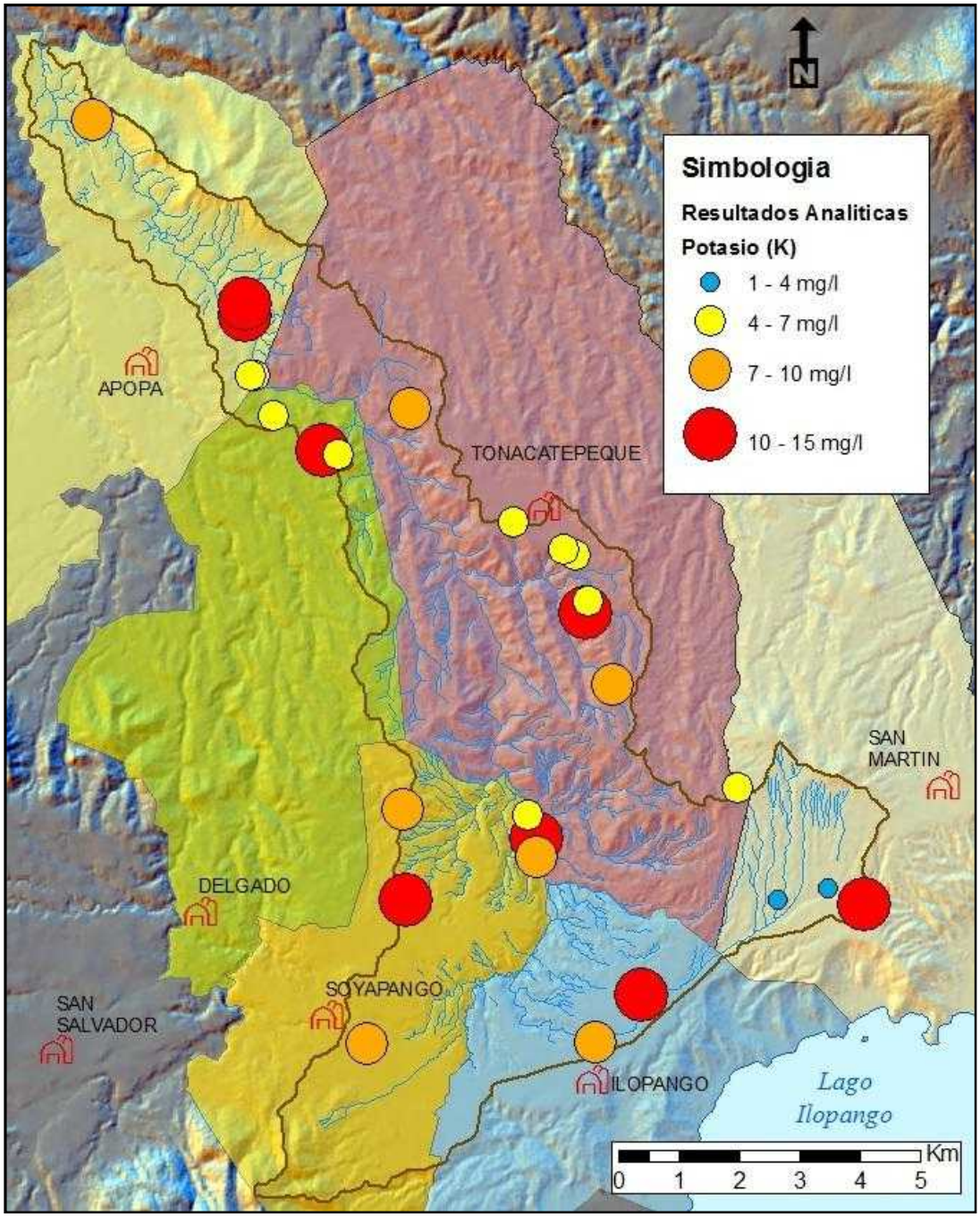


Figura 2.29. **Mapa de concentración del potasio en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Fosfato

Para las concentraciones de los fosfatos se presenta un rango de valores que varía entre 0.15 y 1.45 mg/l (figura 2.30). Esta vez se observa que las mayores concentraciones del fosfato se dan en la cabecera de la microcuenca, presentando sus valores mayores en un punto dentro del municipio de Ilopango y otro en el municipio de San Martin. La parte baja de la microcuenca presenta unos valores homogéneos, menores a 0.5 mg/l.

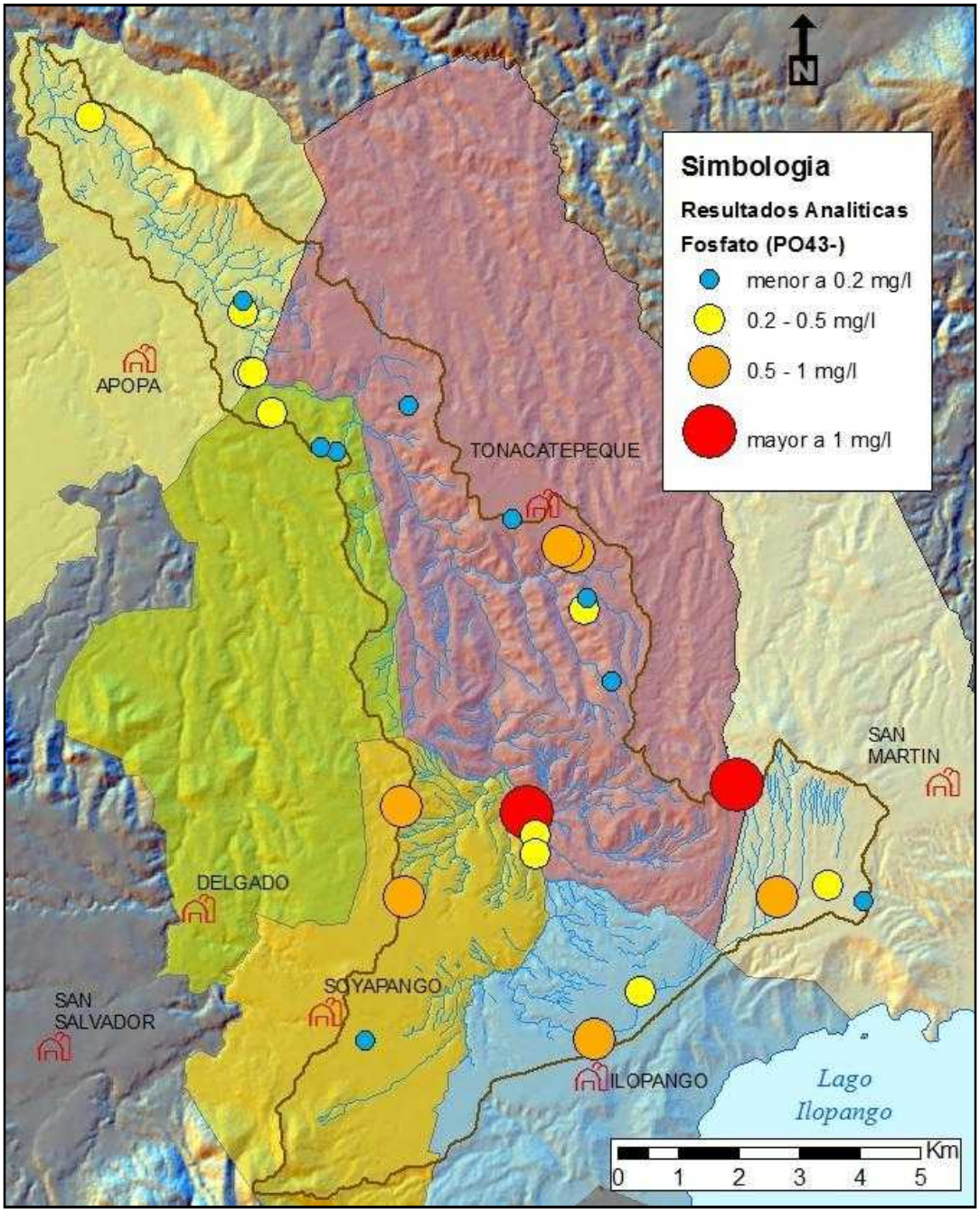


Figura 2.30. **Mapa de concentración de fosfatos en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Nitrato

Para las concentraciones de nitratos se presenta un rango de valores que varía entre 0.59 y 155.36 mg/l (figura 2.31). Los máximos valores en esta ocasión se presentan en puntos bien diferenciados de las otras concentraciones, sin ninguna relación aparente. Se trata de tres puntos, situados en el municipio de Apopa, de Soyapango, ambos en la margen izquierda del río muy próximos a este, y en el municipio de Tonacatepeque, con valores muy por encima del resto, 113.13, 136,57 y 155.357 mg/l respectivamente.

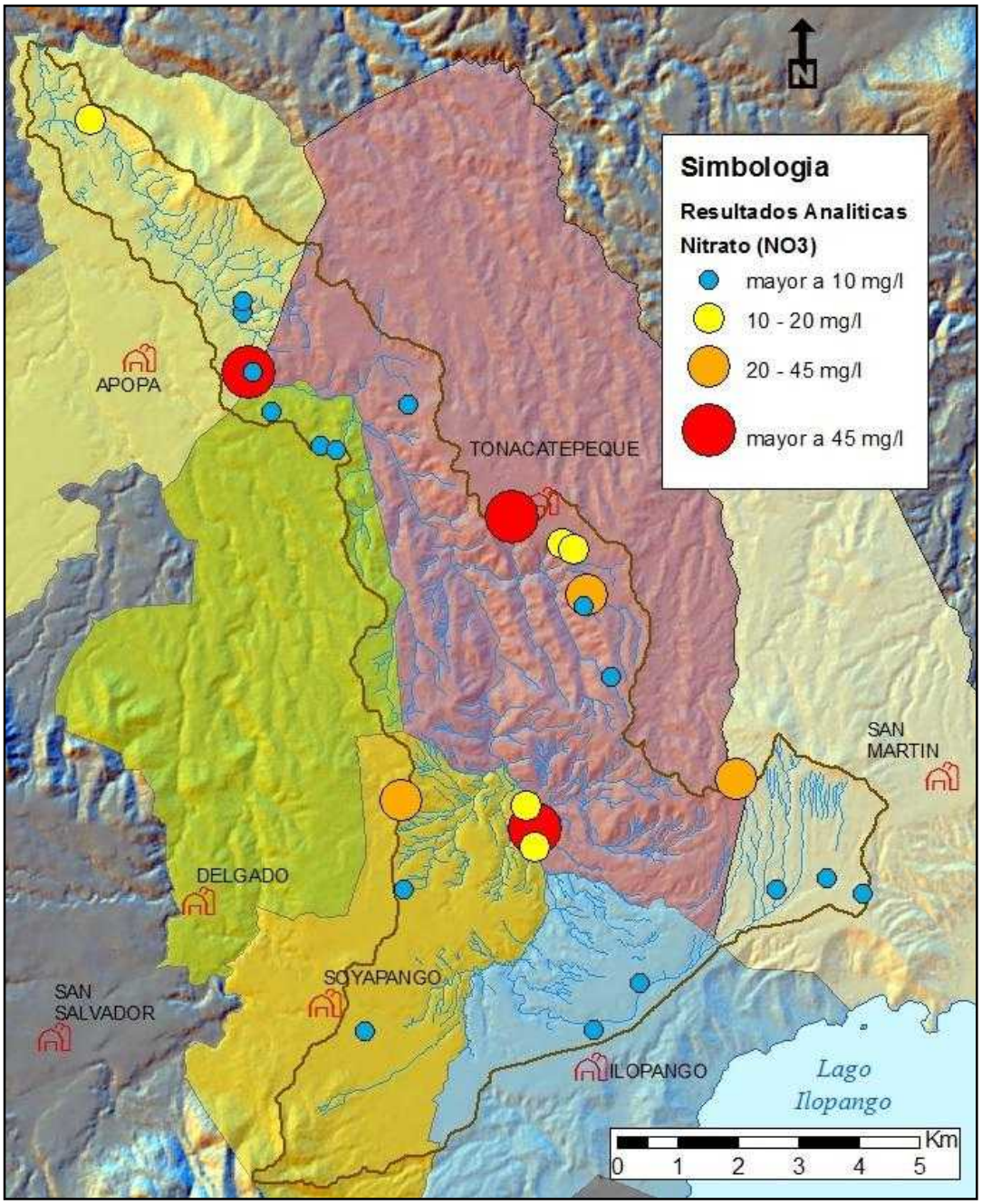


Figura 2.31. **Concentración de nitratos en las aguas subterráneas de la microcuenca.**

Nitrito

Los valores de nitrito analizados en el laboratorio presentan unas concentraciones comprendidas entre 0 y 1.55 mg/l (figura 2.32). Como se ve generalmente se presentan bajas concentraciones, tan solo dos por encima de 0.5 mg/l, situado en el municipio de Ilopango, y el pico se localiza en el municipio de Soyapango, también en la margen izquierda del río.

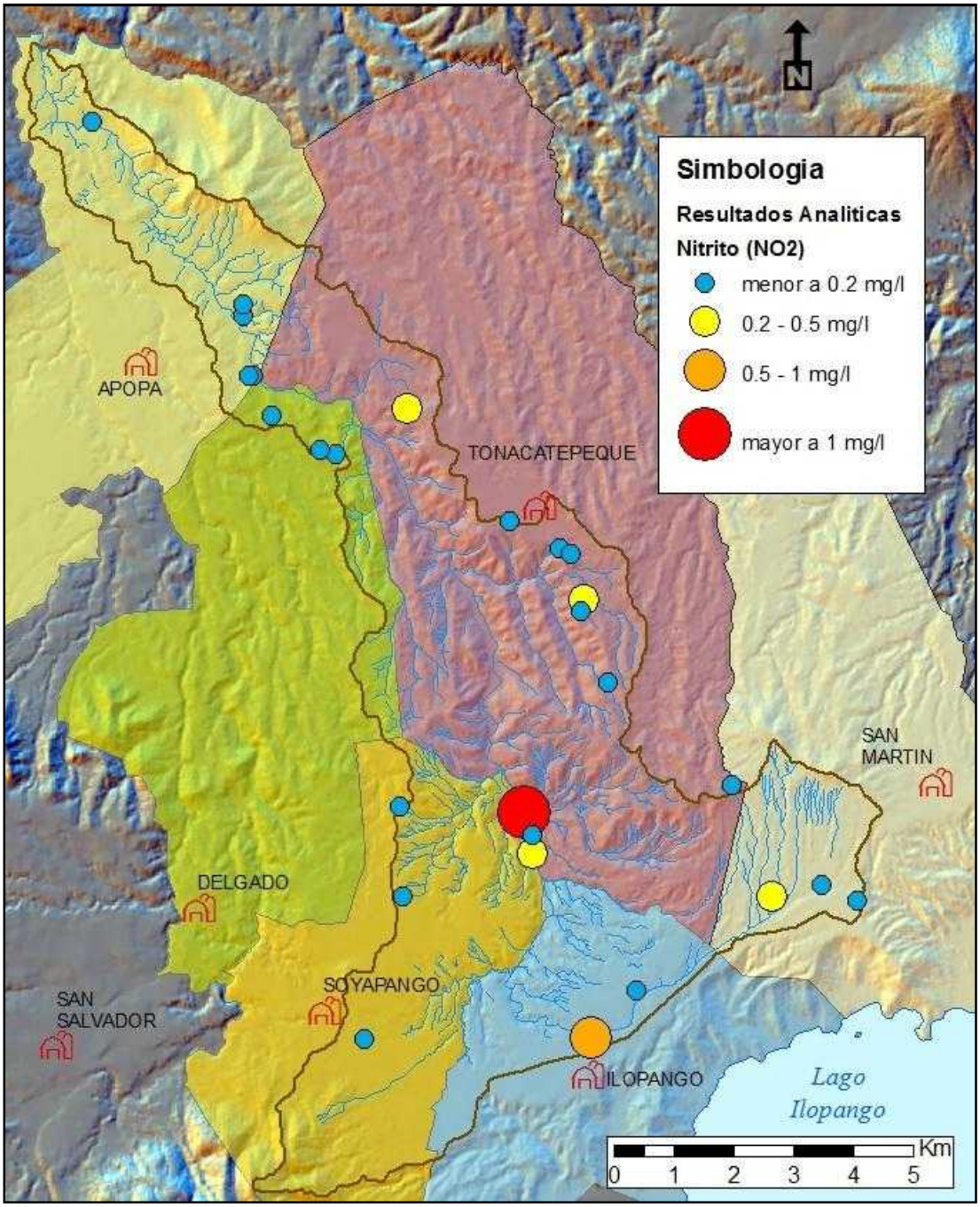


Figura 2.32. **Mapa de concentración de nitrito en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Aluminio

Las concentraciones del aluminio presentan un rango de variación entre 0.014 y 0.128 mg/l (figura 2.33). Parece en esta ocasión que las mayores concentraciones se localizan entre la parte media y baja de la microcuenca, ya que estas se sitúan en la zona central del municipio de Tonacatepeque en un punto y en dos puntos en el municipio de Soyapango próximos al río en la margen Izquierda.

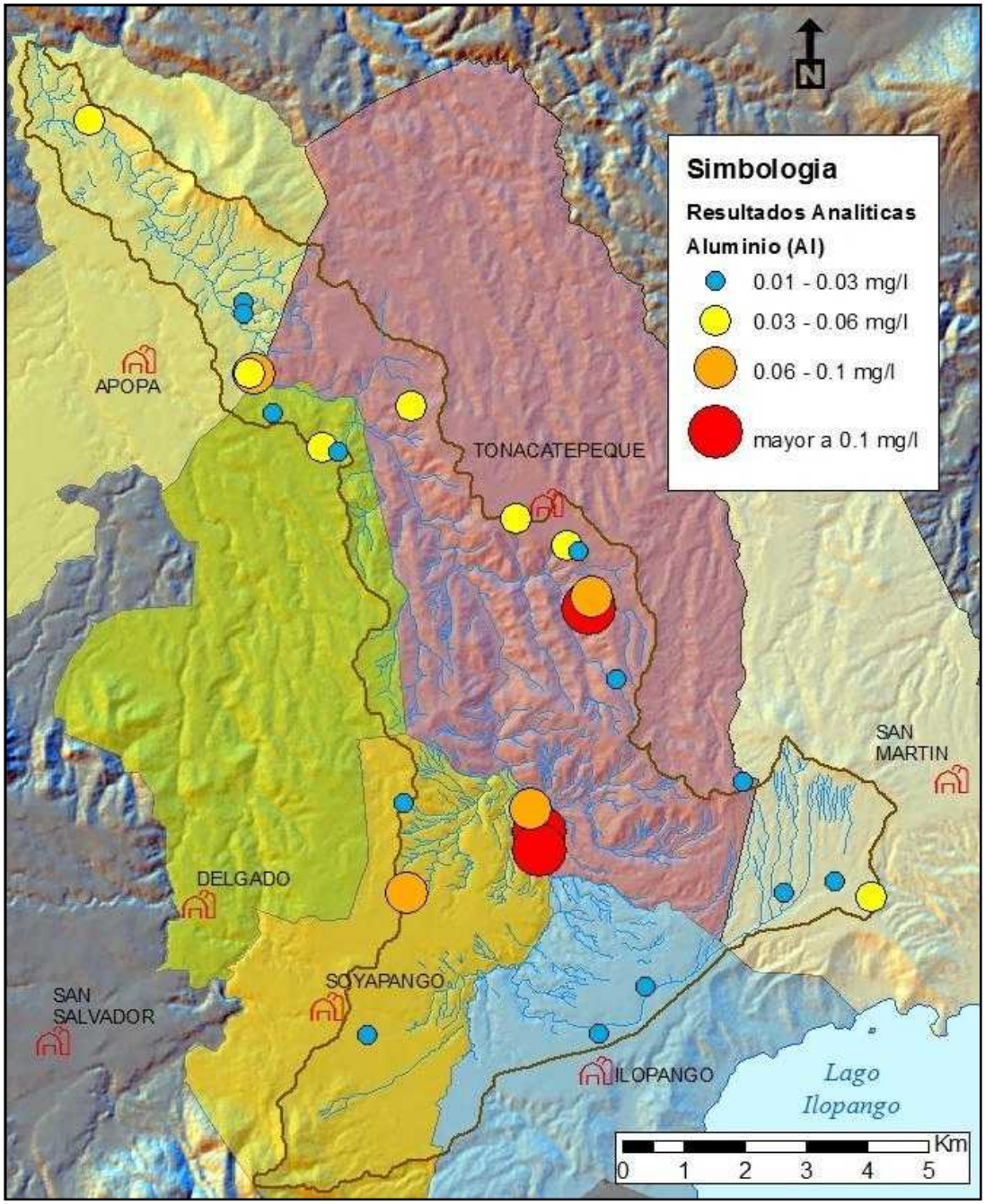


Figura 2.33. **Mapa de concentración de aluminio en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Hierro

El rango de los valores del hierro se encuentra entre 0.011 y 0.814 mg/l (figura 2.34). Como en otras ocasiones nuevamente las mayores concentraciones se localizan en los municipios de Apopa, Ilopango y San Martin, un punto en cada uno de ellos con concentraciones superiores a 0.25 mg/l. Aunque también encontramos concentraciones comprendidas entre 0.1 y 0.25 mg/l en los municipios de Soyapango, Ilopango, Tonacatepeque y Ciudad Delgado.

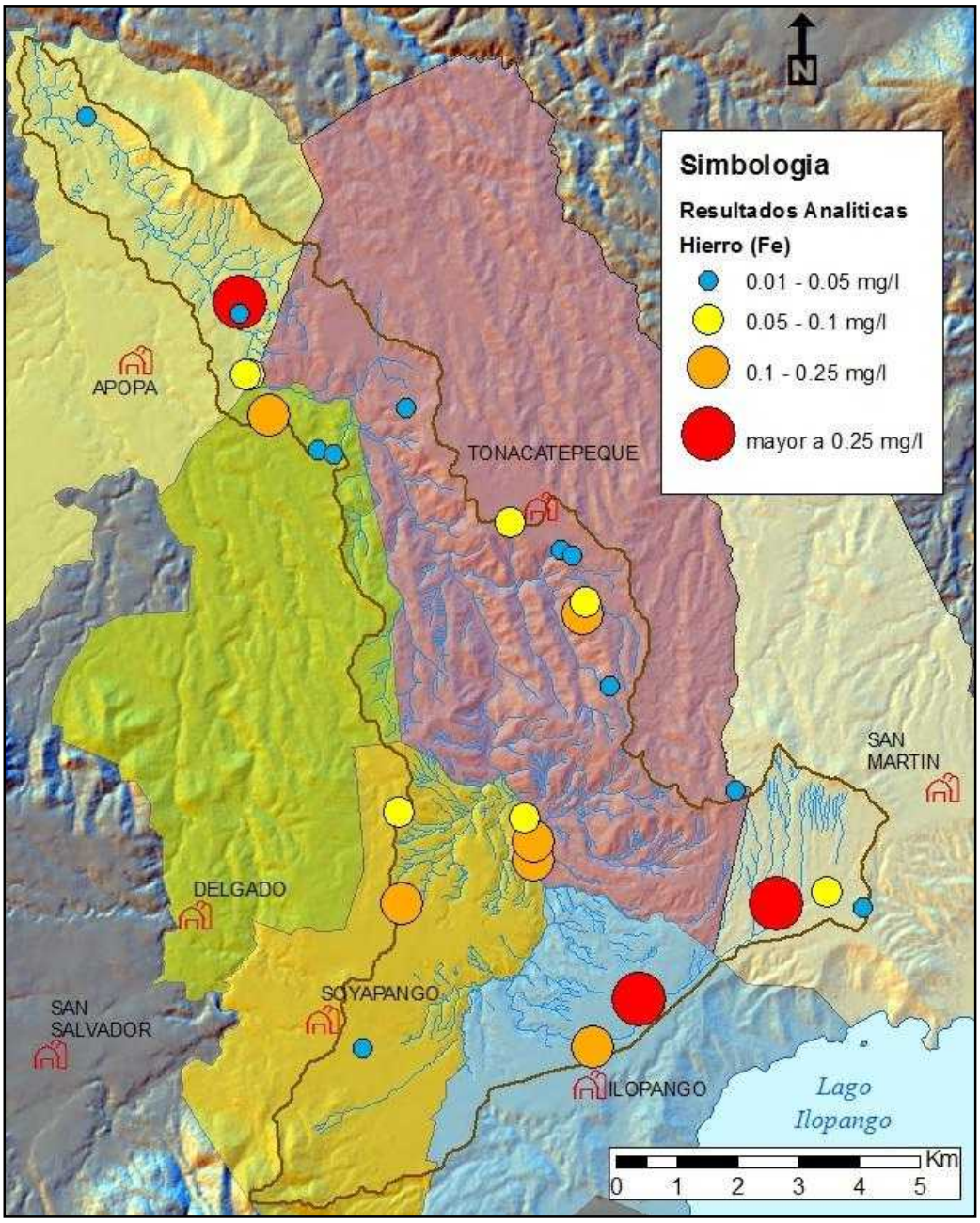


Figura 2.34. **Mapa de concentración de hierro en las aguas subterráneas de la microcuenca**

Manganeso

Los valores de nitrito analizados en el laboratorio presentan unas concentraciones comprendidas entre 0.00107 y 3.103 mg/l (figura 2.35). Se observa una marcada distribución del hierro en la microcuenca, ya que su máximos valores se localizan en cabecera, municipios de San Martin Ilopango y Soyapango, aunque su pico aparece en un punto en el municipio de Apopa.

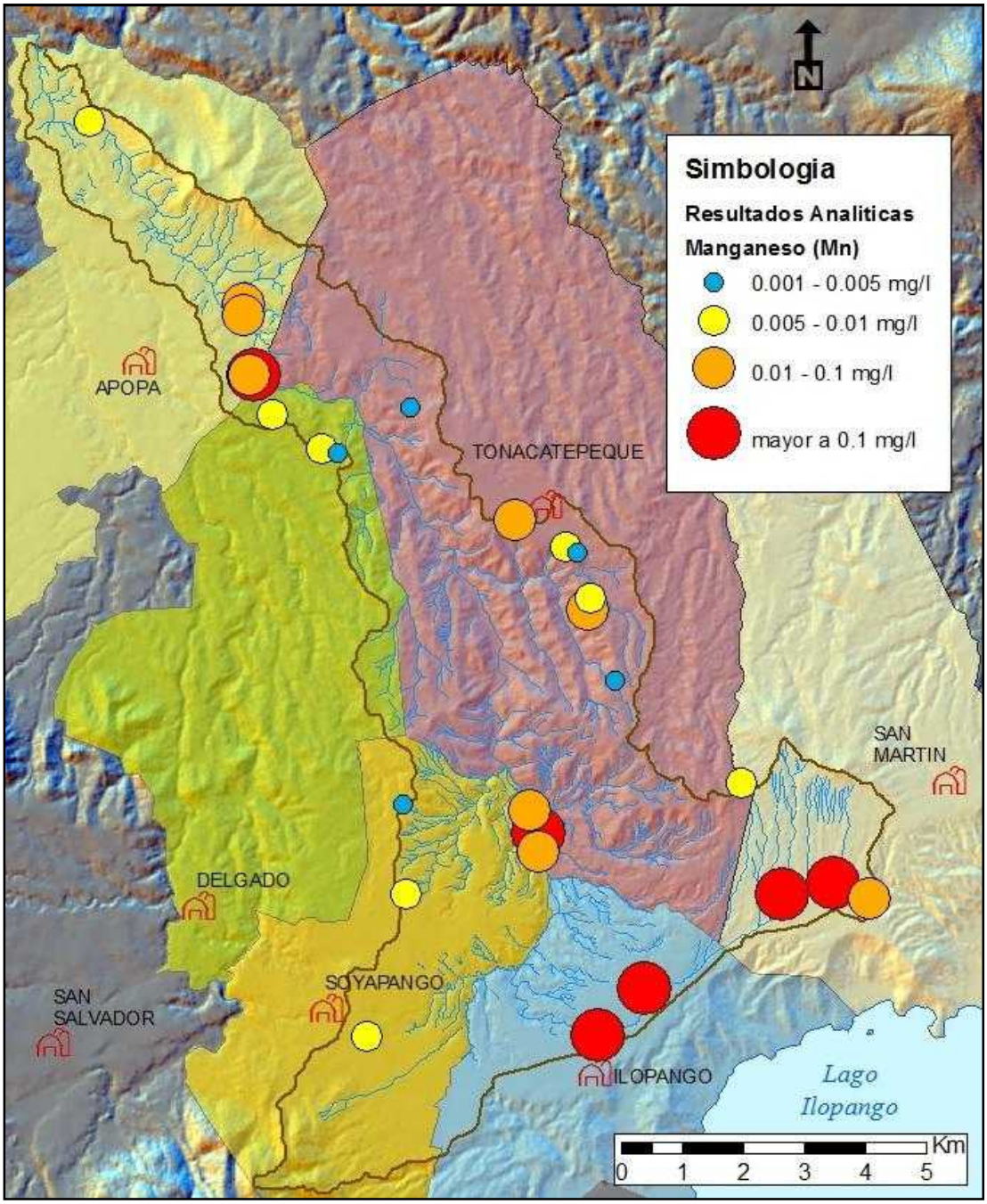


Figura 2.35. **Mapa de concentración de manganeso en las aguas subterráneas de la microcuenca.**

Relaciones entre parámetros

Como se ha dicho antes, tan solo con una campaña de muestreo no se puede establecer la distribución espacial de los distintos parámetros analizados, ni sus tendencias o evoluciones, ya que la información obtenida representa una situación puntual dentro de un sistema dinámico. Además la red de muestreo está formada por puntos que han sido seleccionados entre los que había disponibles, es decir que la red no ha podido ser diseñada debidamente para abarcar espacialmente la totalidad de la microcuenca, por tanto el agua que se recoge en una captación no siempre es representativa de todas las aguas del acuífero como tal, ya que representa un porcentaje ínfimo de todo el acuífero.

También es cierto que tras la realización de los mapas de concentración anteriormente expuestos, se derivan ciertas relaciones entre los mayores valores de ciertos parámetros así como se ve en que municipios se dan estas situaciones.

En las figuras 2.36 y 2.37 se exponen los mapas de los parámetros que presentan dicha relaciones para verlas más claras de forma esquemática.

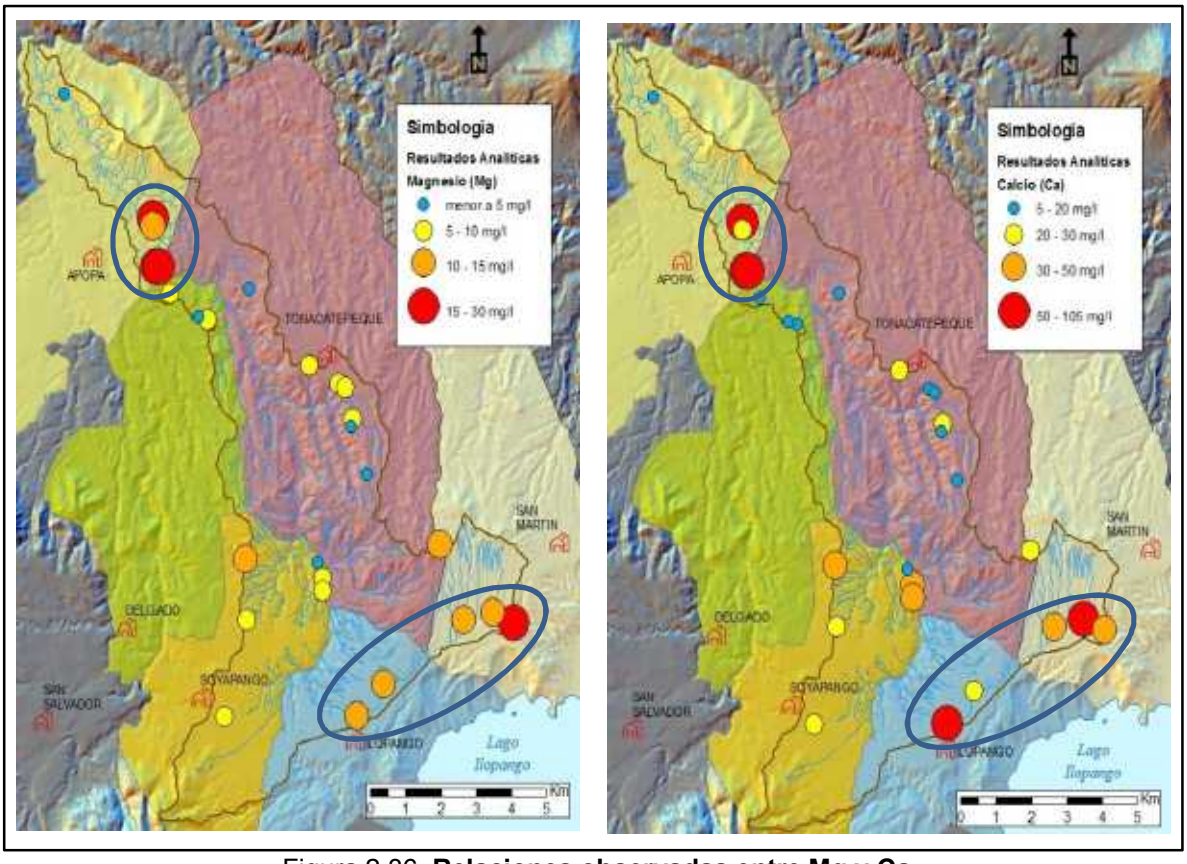


Figura 2.36. **Relaciones observadas entre Mg y Ca**

En la figura 2.36 se relacionan los cationes de magnesio (Mg) y calcio (Ca), en los cuales sus mayores concentraciones se sitúan en los municipios de San Martín, Ilopango y Apopa.

Por otra parte en la figura 2.37 se relacionan aquellos parámetros, conductividad eléctrica (CE), sulfato (SO42-), hierro (Fe) y manganeso (Mn), que presentan sus mayores concentraciones en los municipios de San Martín, Ilopango, Soyapango y Apopa. Estas relaciones denotan un posible origen o causa común, antrópica debida a la actividad del ser humano o natural debido a las característica propias del agua subterránea en esas zona determinadas. Para descifrar este origen sería necesario un trabajo de campo específico para ello, como; identificación y descripción de las actividades industriales, estudio de detalle de las aguas subterráneas circundantes a dichas zonas, monitoreo, entre otros.

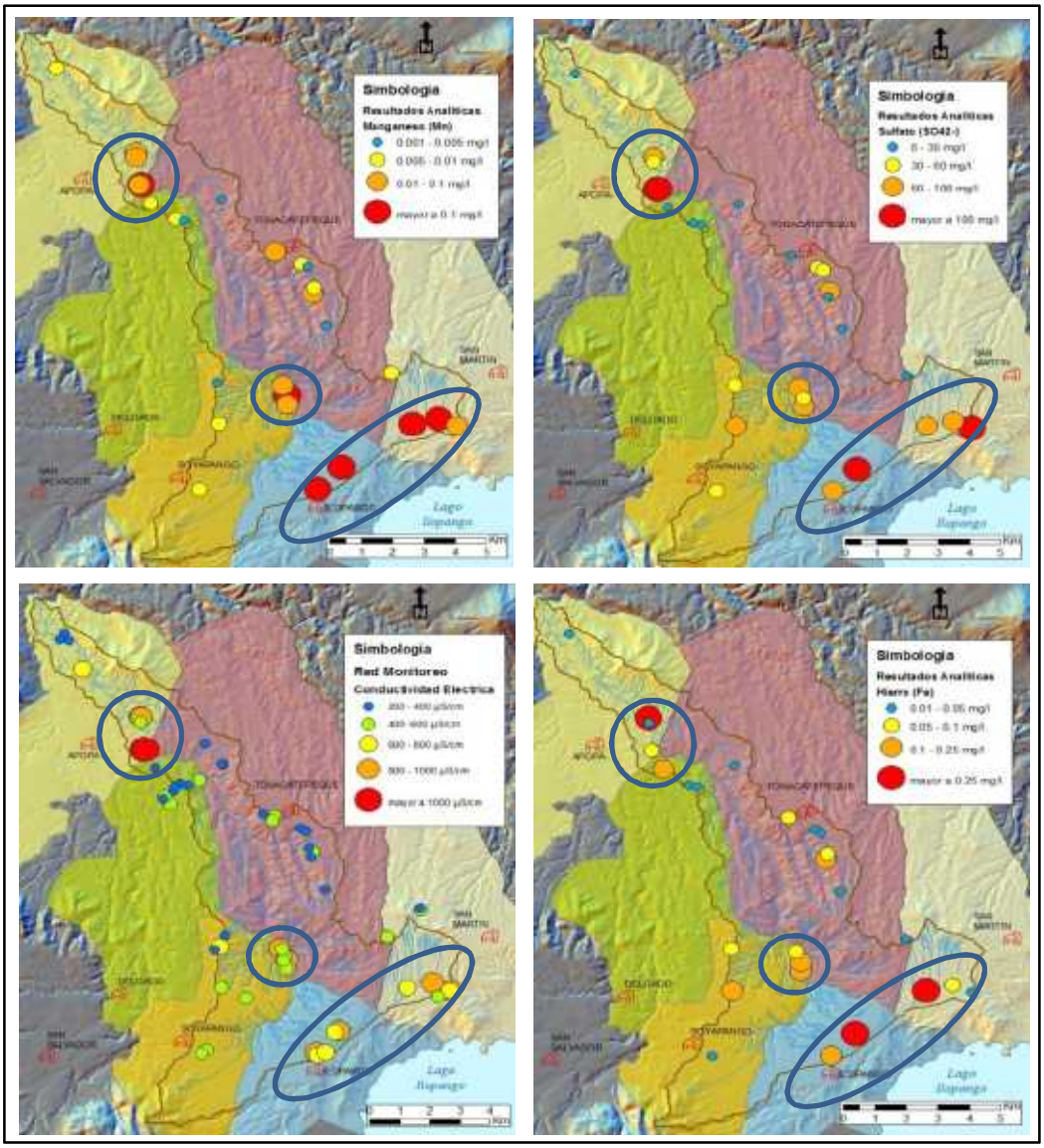


Figura 2.37. **Relaciones observadas entre CE, Sulfato, Fe y Mn**

Análisis del laboratorio de la Universidad Málaga (España)

Con base en los resultados de los análisis se determina que de los 27 puntos muestreados hay once que no cumplen algunos o varios de los parámetros establecidos por la norma salvadoreña.

A continuación en la tabla 1 se presentan los once puntos que no cumplen la norma salvadoreña, indicando en rojo los valores de los parámetros que superan los límites máximos permisibles, además de indicar el uso al que se destina el agua.

Entre todos los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles de la norma salvadoreña, vemos que es el manganeso el más repetitivo, con seis puntos que no cumplen la norma, dos en San Martin, dos en Ilopango, uno en Apopa y otro en Soyapango.

Tabla 2.1. Puntos de la red de muestreo que no cumplen la Norma Salvadoreña

		Maximo permisible de acuerdo a la Norma Salvadoreña			
		1.00	45.00	0.30	0.10
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Codigo Red de Muestreo	Uso	NO2	NO3	Fe	Mn
03-AP	Domestico industrial sin consumo	-	1.8360	**0.813640**	0.059870
04-AP	Domestico familiar sin consumo	0.1600	**155.3570**	0.052990	0.011950
05-AP	Domestico familiar	0.1640	1.0470	0.073670	**3.103180**
02-TC	Sin uso	0.1290	**136.5690**	0.060330	0.014180
06-TC	Agricola	-	2.8150	**0.248810**	0.041580
01-SY	Sin uso	**1.5500**	16.8400	0.096030	0.011760
02-SY	Domestico familiar sin consumo	-	**113.1260**	0.105030	**0.502800**
01-IL	Domestico industrial sin consumo	0.5350	1.1290	0.209580	**1.075010**
02-IL	Domestico industrial sin consumo	-	0.8960	**0.564190**	**0.534290**
02-SM	Domestico comunal	0.2030	0.5860	**0.301110**	**0.685070**
03-SM	Domestico comunal	-	1.1050	0.073960	**0.731230**

Luego está el hierro con cuatro puntos que no cumplen la norma, uno en Ilopango, uno en San Martin, uno en Tonacatepeque y otro en Apopa. El siguiente es el nitrato con tres puntos que no cumplen la norma salvadoreña, uno en Apopa, uno en Tonacatepeque y otro en Soyapango.

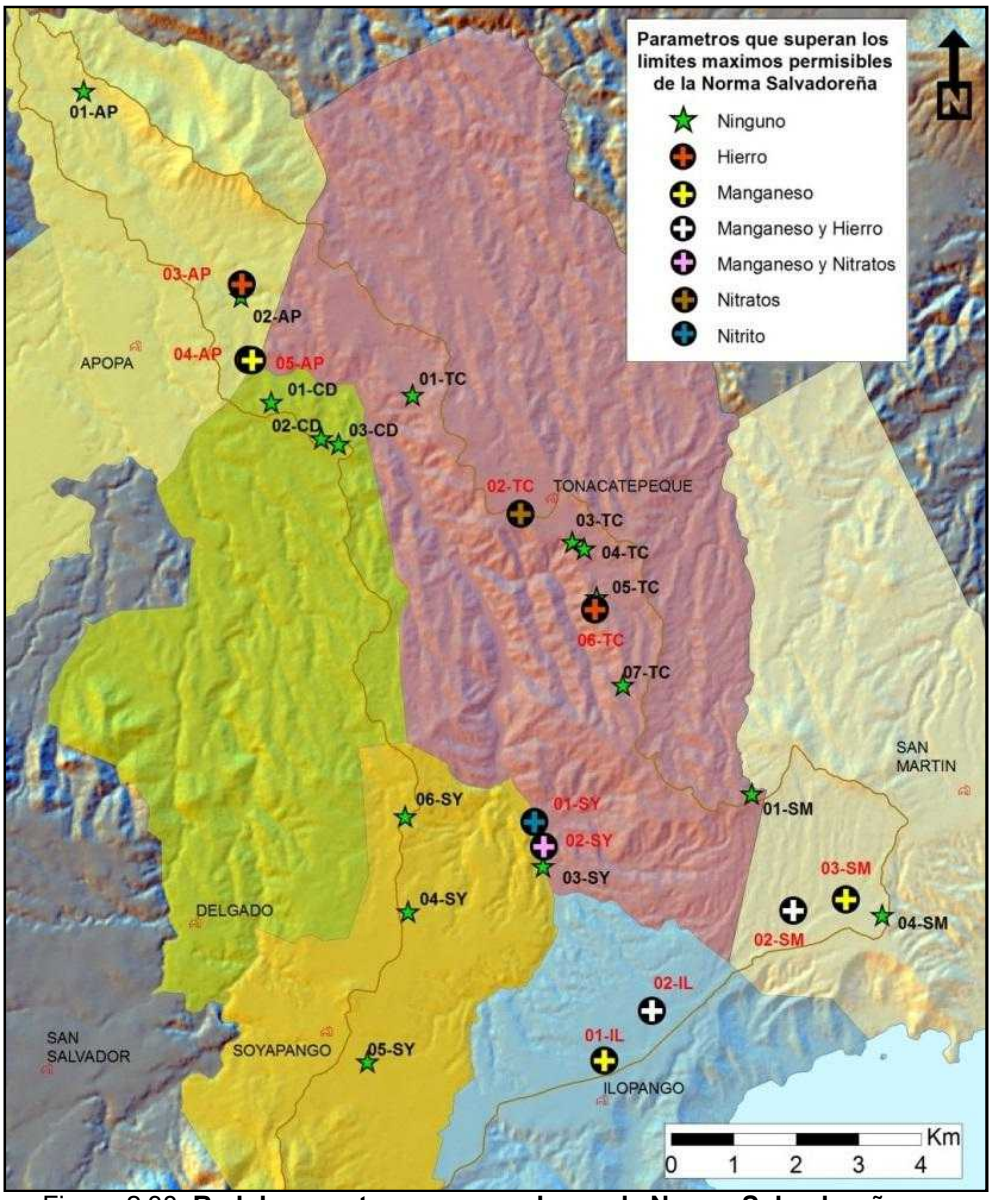


Figura 2.38. **Red de muestreo comparada con la Norma Salvadoreña**

Por último se tiene el nitrito que solo presenta un punto donde no se cumple la norma, en Soyapango. Por tanto se observa que salvo el nitrito, los demás parámetros que no cumplen se dan en varios municipios. En la figura 2.38, se muestra la red de muestreo indicando los puntos donde se superan los límites máximos permisibles.

Analizando un poco más la tabla 2.1 se extrae que, de los 11 puntos con valores no permitidos, en 9 se destina el agua para uso doméstico, de los cuales 3 abastecen a familias, 3 abastecen a comunidades y 3 abastecen a fábricas o clubes sociales. Situación en la que la población no tiene conocimiento de la calidad del agua y no están evaluando las repercusiones sobre la salud que conlleva su consumo.

Análisis recopilados en campo

Como se ha comentado anteriormente, durante la realización del trabajo de campo se fue consultando a los dueños o responsables de las captaciones si disponían de información adicional del punto. En cuanto a la calidad del agua subterránea se ha podido recopilar 8 análisis bacteriológicos, 3 físico–químicos y 4 análisis en los que se ha medido algún metal.

En la tabla 2.2 se indican los puntos en los que se han podido conseguir analíticas indicando que tipo de análisis se han realizado.

De acuerdo a la norma NSO 13.07.01:08, los resultados obtenidos tanto en los análisis microbiológicos como en los análisis físico-químicos, no superan los límites máximos permisibles para la calidad microbiológica ni los límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Tabla 2.2. Resumen de los análisis recopilados en campo

Codigo General	Bacteriològico	F-Q	Metales analizados (mg/l)
02-AP-GL	Si	Si	Fe: 0.3
03-AP-GL	Si	No	Ninguno
06-AP-CN	Si	No	Ninguno
01-CD-GL	Si	No	Ninguno
03-CD-GL	Si	Si	Fe: 0.15, Mn: 0.25
01-IL-GL	Si	No	Fe: 0.1, Mn: 1.11
08-SM-CL	Si	No	Ninguno
04-SM-CL	Si	Si	Fe, Mn, Pl, Al, Cd, Cu, Cr.
05-SM-GL			

Con respecto a los resultados de los metales analizados, se detecta nuevamente que el Mn presenta concentraciones superiores a los límites máximos permisibles de la norma Salvadoreña. En esta ocasión el Mn lo supera en el municipio de Ciudad Delgado e Ilopango.

Conclusiones estudio hidrogeológico

Desde un punto de vista geológico y de acuerdo a la información que se ha tratado en el presente diagnóstico, la microcuenca está conformada por materiales jóvenes de origen volcánico y sedimentario, del Terciario superior y Cuaternario. Estos materiales proceden de las diferentes fases y procesos asociados a la depresión central y a la cadena volcánica reciente.

Por otra parte desde el punto de vista hidrogeológico se ha visto que la totalidad de la microcuenca del río Las Cañas, se sitúa dentro de la Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media, definida en el Mapa Hidrogeológico de El Salvador a escala 1:1000, publicado en 2008.

Tras la correlación del mapa Mapa Geológico de El Salvador (1972), las columnas litológicas construidas (croquis) y el trabajo de graduación "Caracterización Hidrogeoquímica e Isotópica de Áreas de Recarga En El Acuífero de San Salvador", se ha podido comprobar que los materiales que constituyen la unidad acuífera dentro de la microcuenca de muro a techo son los siguientes:

- Formación Cuscatlan, dentro de este los miembros c1 y c3.
- Formación de el Salvador, dentro de esta los miembros s3a, s4, Qf y Qc.

De acuerdo a la información bibliográfica el límite impermeable de la Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión, se corresponde con la Formación del Bálsamo, su miembro superior b3, considerados como materiales impermeables. Aunque esta situación no se ha podido comprobar ya que ninguno de los croquis construidos alcanza dicha formación.

Para el desarrollo de este estudio se ha considerado que el funcionamiento de la unidad acuífera es libre, aunque en determinadas partes este funcionamiento probablemente será mixto, libre y confinado. Los materiales que lo forman presentan tanto porosidad primaria, aquella que se origina en el momento de la formación del estrato, como secundaria, aquella que se forma posteriormente a la formación de la roca, principalmente por fracturas.

Para conocer el movimiento de las aguas subterráneas dentro de la microcuenca se ha realizado un mapa piezométrico con las medidas de nivel estático del agua subterránea, medidas en la primera campaña de campo. También se ha expuesto el mapa de isopiezas planteado por el Mapa Hidrogeológico de El Salvador. En ambos se han observado dos similitudes principales:

En la parte baja de la microcuenca, municipio de Apopa y la zona Norte del municipio de Tonacatepeque y Ciudad Delgado, las líneas de flujo se dirigen hacia el cauce del río Las Cañas, y el movimiento general de las aguas subterráneas es de SW al NW.

En la margen derecha del río, zona sur del municipio de Tonacatepeque y el municipio de San Martín, se observa la existencia de una divisoria de aguas subterráneas, aunque esta divisoria se presenta en distintas posiciones de un mapa a otro.

Por tanto estas zonas se puede considerar que están bien definidas, aunque en la margen izquierda del río, parte de los municipios de Ciudad Delgado, Soyapango e Ilopango, en el mapa piezométrico actual se observa una situación distorsionada que probablemente esté muy influenciada por una intensa extracción de aguas subterráneas.

En cuanto a la relaciones río-acuífero que se pueden extraer del plano piezométrico elaborado con los datos medidos en el trabajo de campo, tan solo podemos decir que en la parte baja de la microcuenca, donde se observa que las líneas de flujo se dirigen hacia el cauce del río, se da la situación de río ganador, ya que el acuífero aporta agua al río.

Con el fin de conocer la hidroquímica de las aguas subterráneas se han medido parámetros químicos in situ y se ha realizado una campaña de muestreo formada por 27 puntos de agua, repartidos dentro de la superficie de la microcuenca del río Las Cañas. En cada punto se tomaron dos muestras, para en el laboratorio realizar análisis de componentes mayoritarios y análisis de metales pesados.

Si bien es cierto que tan solo con una campaña de muestreo no se puede caracterizar hidro-químicamente la porción de la Unidad Acuífero Poroso situada dentro de los límites de la microcuenca, así como también no se puede determinar las distintas distribuciones y tendencias de los distintos parámetros analizados.

Esto es así debido a que un acuífero se trata de un sistema dinámico en el cual sus característica pueden cambiar sustancialmente de una época a otra, como por ejemplo del periodo de estiaje (estación seca) al periodo de recarga (estación húmeda). Además hay que indicar que la red de muestreo no ha podido ser diseñada con la suficiente densidad de puntos necesarios para representar la totalidad de su superficie, por lo que existen zonas donde no se tiene ningún punto de observación.

Por tanto se ha de ser cauto a la hora de interpretar los resultados obtenidos de una sola campaña de muestreo. No obstante tras la realización del apartado de hidroquímica se han observado cierta homogeneidad hidroquímica, repetida en distintos parámetros que nos pueden dar una primera idea de la química y la problemática de las aguas subterráneas.

Tras la representación de los componentes mayoritarios analizados en los diagramas de Piper, nos indica que las facies de las aguas analizadas presentan facies bicarbonatadas cálcicas-magnésicas.

Tras la comparativa realizada entre los resultados de laboratorio con los límites máximos permisible de la norma NSO 13.07.01:08 AGUA. AGUA POTABLE, se ha comprobado que de 27 puntos que se compone la red de muestreo en 11 se han encontrado uno o varios parámetros que no la cumplen: nitrito, nitrato, hierro y manganeso.

Lo más llamativo de esta comparación es la semejanza espacial que presentan algunos de los parámetros que no cumplen la norma, es el caso de los metales pesados el Fe y el Mn, ya que sus concentraciones son superadas en tres mismos municipios, Apopa, Ilopango y San Martín, precisamente los municipios que presentan un gran desarrollo Industrial.

Aunque el Fe también se supera en el municipio de Tonacatepeque en el cual no se da un desarrollo industrial importante. En cambio sí tiene gran desarrollo agrícola que podría ser causa del punto que no cumple la norma por nitrato.

En cambio los puntos donde no se cumple la norma por nitrato en Soyapango y Apopa, y nitrito en Soyapango, podrían estar debidos a su cercanía al río y a la cercanía de fosas sépticas, ya que estos puntos se trata de pozos artesanales situados en colonia aledañas al cauce del río Las Cañas.

Por todo ello en cuanto a la calidad de las aguas subterráneas se concluye que no podemos hablar de contaminación debido al alcance del estudio pero se sospecha la evidencia de problemas puntuales con respecto al nitrito, nitrato, hierro y manganeso.

Finalmente, se puede concluir que como línea base para el monitoreo se deben de tener en cuenta los resultados de los parámetros que no cumplen con la Norma Salvadoreña de Aguas, tal como lo muestra la tabla 2.1.

2.1.9. Recarga hídrica

Según la información de la figura 2.39, el territorio tiene una buena capacidad de recarga hídrica, la cual puede alcanzar los 700 mm anuales, como es el caso de algunas áreas de Tonacatepeque; siendo en promedio un nivel que oscila entre los 241-300 mm anuales. Es importante señalar la importancia de Soyapango en términos de la capacidad de recarga que poseen sus tierras, la cual puede alcanzar los 375 mm por año.

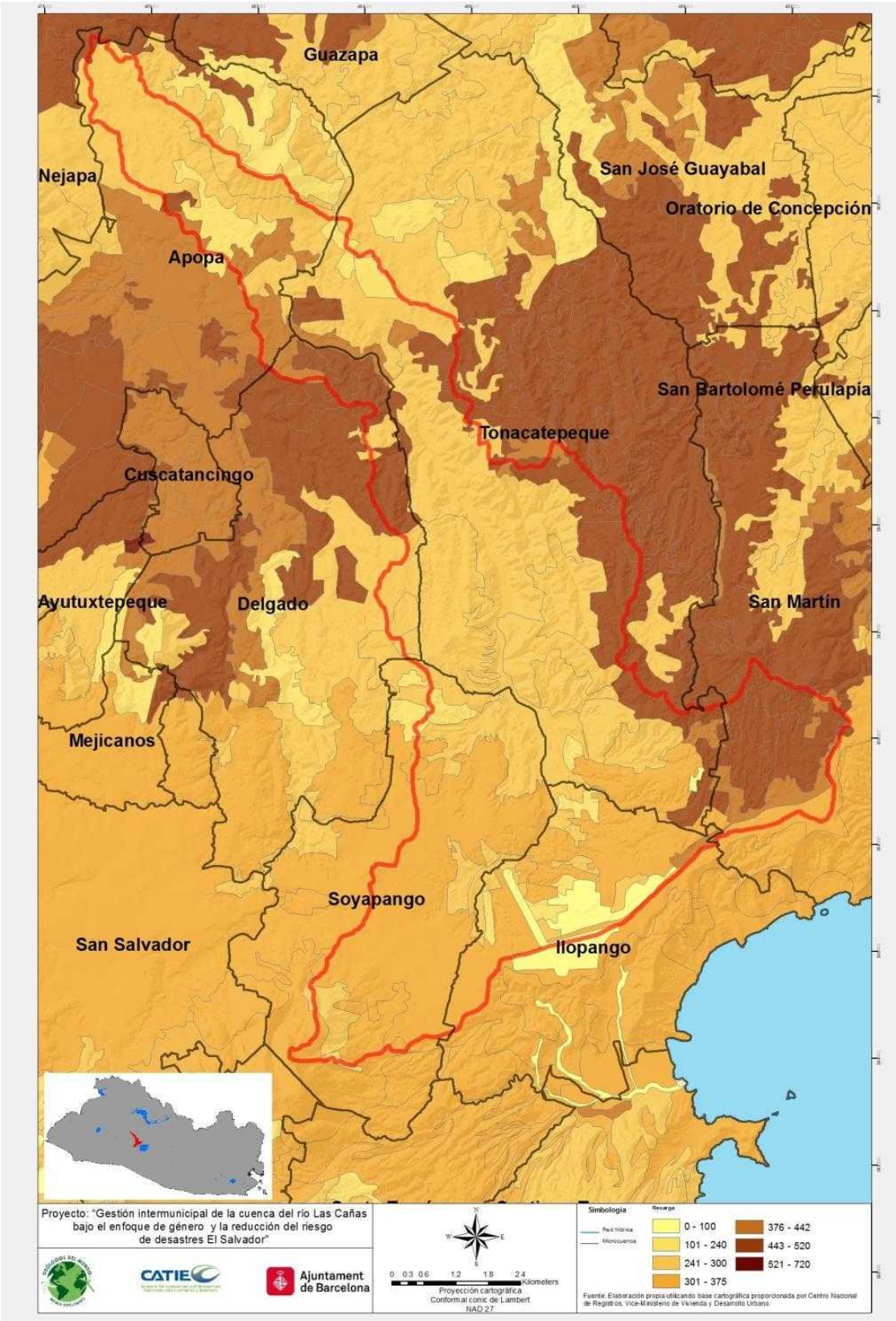


Figura 2.39. **Recarga hídrica en la microcuenca del río Las Cañas**

2.1.10. Capacidad de uso del suelo

El estudio agrológico o de capacidad de uso de la tierra es en realidad un estudio interpretativo del comportamiento productivo que se espera de un suelo, deducido a partir de la influencia que ejerce cada uno de los factores introducidos en el análisis.

La clasificación empleada en el análisis de capacidad de uso del suelo de la Región, previamente realizado, es el denominado Sistema Americano (USDA) modificado con el propósito de adaptarlo a las necesidades propias del país. Dado que no se trata del sistema de clasificación estándar y que presenta ciertas particularidades se resumen a continuación la definición de las clases y sub-clases empleadas. Las clases agrológicas utilizadas definen diferentes niveles de aptitud productiva y de riesgo de deterioro del suelo en un gradiente de mayor a menor potencial, siendo las tierras incluidas en la Clase I las que mejores características presentan para una actividad agropecuaria intensiva y, por el contrario, las tierra incluidas en la Clase VIII aquellas de menor potencial. Ver tabla 2.3 y figura 2.40.

Tabla 2.3. **Capacidad agrológica de la microcuenca**

Clasificación agrológica	Has	Porcentaje de la microcuenca
Clase VII	1,925.83	26
Clase IV	1,674.29	22
Clase VI	1,610.79	21
Clase III	1,042.21	14
Urbana	652.28	9
Clase V	361.65	5
Clase II	236.08	3
Clase VIII	0.39	0
	7503.52	

Los suelos encontrados en la microcuenca se agrupan, por su uso, de la siguiente manera:

Clase II

Los suelos son generalmente profundos, de textura franco a franco limosa, de topografía plana, bien drenados, retentivos al agua y de buena capacidad para el suministro de nutrientes vegetales. Presentan mediana fertilidad natural y generalmente buena capacidad productiva, siempre que se les provea en forma continuada de apropiados tratamientos agrícolas. Las pocas limitaciones hacen que requieran prácticas simples de manejo y de conservación de suelos para prevenir su deterioro o para mejorar las relaciones agua-aire cuando son cultivados en forma continua e intensiva.

Las mayores limitaciones que presentan están vinculadas al proceso erosivo lateral que ocasionan las aguas de los ríos en creciente ya ligeros riesgos de inundaciones ocasionales; y representa el 3 % del área total de la microcuenca.

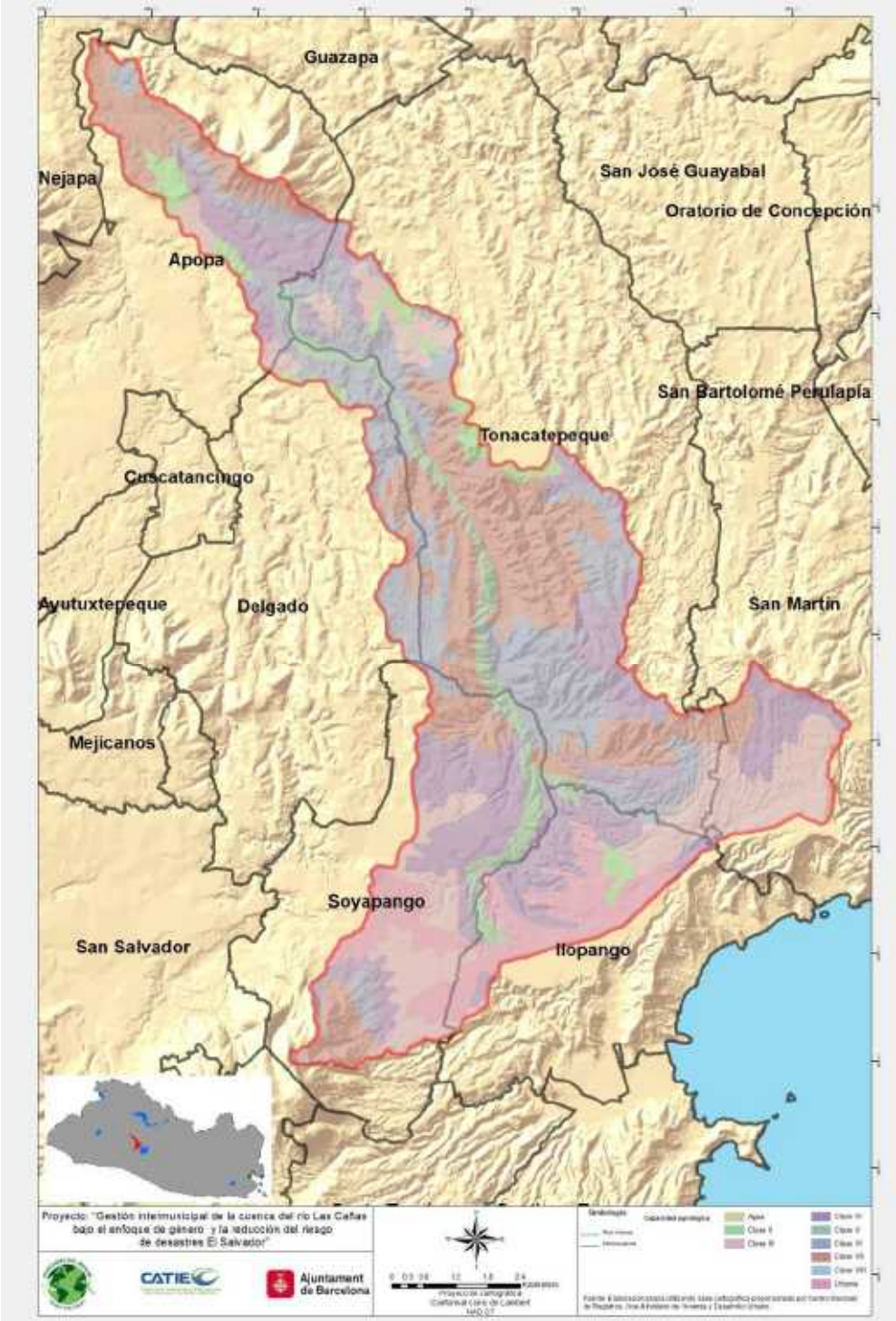


Figura 2.40. **Capacidad agrológica la microcuenca del río Las Cañas**

Clase III

Las restricciones de uso son mayores que para la Clase II cuando se utilizan para cultivos agronómicos, y por lo tanto las prácticas de manejo y conservación son más intensas y difíciles de aplicar y de mantener. Esta clase incluye suelos moderadamente profundos a profundos, de drenaje bueno a imperfecto, con subsuelo de textura arenosa, franco arcillosa a arcillosa, de reacción muy fuertemente ácida a neutra y de fertilidad natural baja a media, representa el 14 % del área total.

Clase IV

Los suelos que comprende esta clase por lo general son tierras marginales para una agricultura anual e intensiva debido a mayores restricciones o limitaciones de uso. Requieren prácticas de manejo y conservación de suelos más cuidadosos e intensivos para lograr producciones moderadas a óptimas en forma continua. La topografía se presenta en tierras con pendientes inclinadas y complejas de moderada o baja fertilidad natural, de buen drenaje, de textura franco arcillosa a arcillosa; en la mayoría de los casos son moderadamente profundos. Esta se convierte en la clase de tierra predominante con un 22 % del área total.

Clase V

Las mayores limitaciones de uso en esta dase de suelos radican en el factor drenaje (imperfectamente a pobremente drenados), y en el factor edáfico (arcillosos, reacción muy fuerte a fuertemente ácida y deficientes principalmente en fósforo). Estos suelos son muy susceptibles a las inundaciones; representa el 5 %, siendo un valor muy bajo.

Clase VI

Estas tierras presentan limitaciones muy severas que las hacen inadecuadas para el cultivo intensivo, pero que permiten su uso agrícola con cultivos permanentes como cafetales, frutales, bosques o praderas. Muchos de estos suelos son fértiles y profundos, pero presentan pendientes comprendidas entre el 26 y el 55%. Cuando se vayan a dedicar al cultivo de frutales será necesario establecer un sistema de conservación de suelos, protegiéndose igualmente los sistemas naturales de drenaje. Las áreas pedregosas (s), que se usan en la actualidad para la producción de maíz, se consideran sin embargo muy apropiadas para otros cultivos permanentes con los cuales se considera que se obtendrían mejores rendimientos económicos. A nivel de la Región se presenta en un 21%.

Clase VII

La mayoría de las tierras de esta clase se consideran áreas que se deben dedicar al mantenimiento de una cubierta vegetal permanente. Únicamente aquellas tierras

clasificadas dentro de la subclase de erosión (e), por su potencial erosivo, presentan alguna posibilidad agronómica sostenible que no perjudica la capacidad productiva del suelo y que se relaciona con el cultivo de café en las laderas de los sistemas montañosos con el 26% del área total.

Clase VIII

Define aquellos suelos que no presentan valor agronómico alguno debido a diferentes factores entre los que cabe mencionar la excesiva pendiente, la ausencia de suelo, la ausencia de un uso económicamente rentable, todo ello sin que se deteriore la escasa cobertura edafológica existente. Se considera conveniente proteger estas zonas con vegetación natural, destinándolas a áreas de reserva o protección de la vida silvestre. Dentro de los parámetros complementarios a los descritos anteriormente y que determinan o clasifican esta clase se encuentran, representa menos del 1% del área total.

- La poca profundidad efectiva del suelo
- Textura y estructura limitante para el desarrollo agrícola
- Presencia de especies forestales nativas en proceso de extinción
- Presencia de fauna nativa en proceso de extinción

2.1.11. Uso del suelo

Para realizar el mapeo del uso actual del suelo de la microcuenca, se tomó como base el mapa de *uso actual del suelo*, elaborado por la Universidad de El Salvador y la Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café (PROCAFE) en el año 2010 (escala 1: 50,000), pudiendo verificar cada uno de los tipos de uso en recorridos de campo (figura 2.41). Con el mapa de uso del suelo, y con la ayuda de un sistema de información geográfica (ArcGis 10.3), se ha construido la tabla 2.4, en la cual se presentan las áreas y porcentajes de los diferentes tipos de cobertura existentes en la microcuenca.

En lo que respecta al uso actual; es decir, el tipo de cobertura existente en la microcuenca, se puede establecer que en un 33,13% predomina el **tejido urbano continuo**, que si se suman a las categorías “tejido urbano discontinuo” y “tejido urbano precario”, este porcentaje alcanza el valor de 36,47% como cobertura urbana. A continuación, la cobertura de mayor ocupación es el mosaico de cultivos y pastos, con el 27,07% de la superficie territorial, seguido de un 13,12% de terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural. La actividad agrícola en su conjunto, ocupa el 52,83% de la microcuenca, lo que equivale a 3.964,27 has.

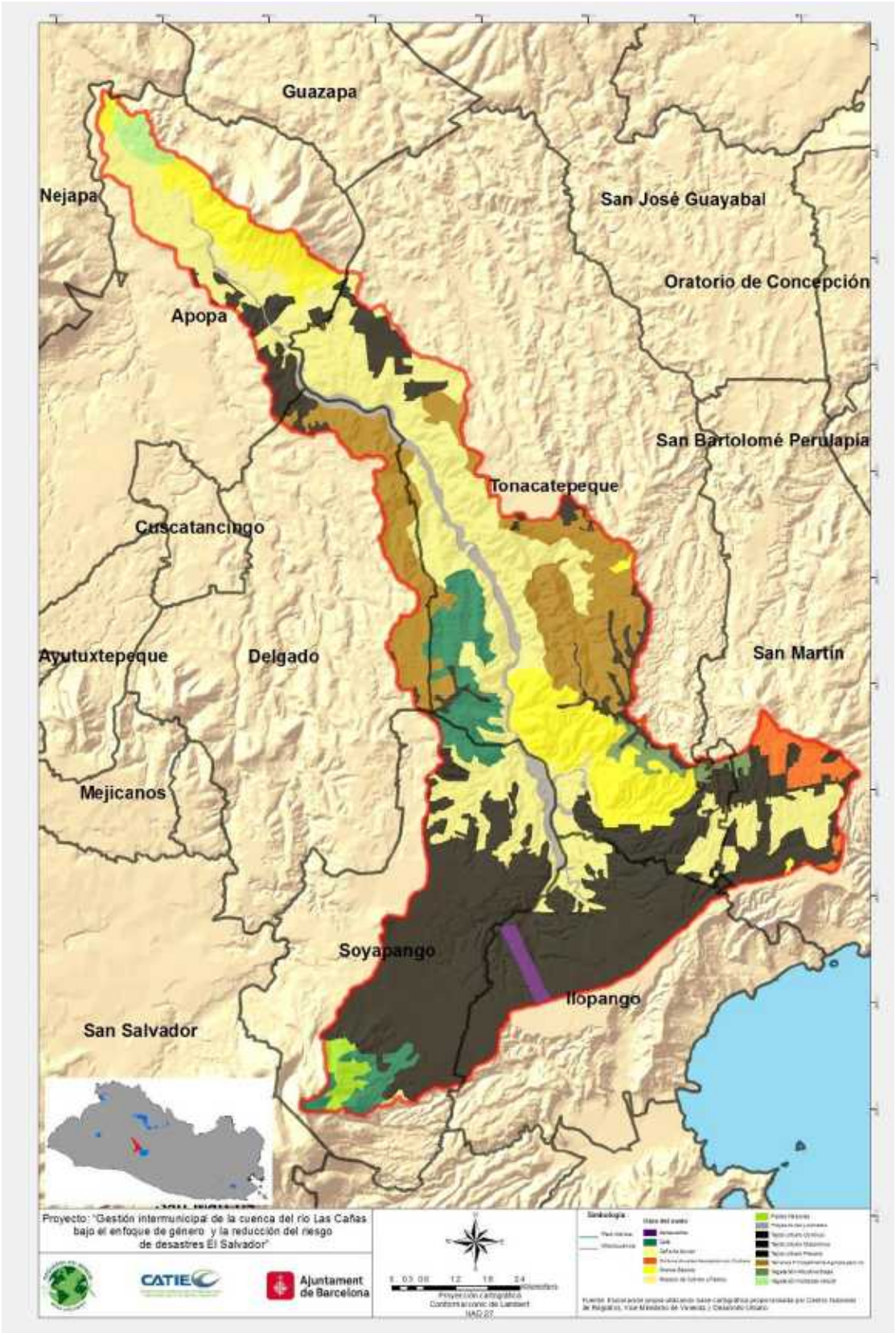


Figura 2.41. **Uso del suelo en la microcuenca del río Las Cañas**

La siguiente cobertura de importancia es el cultivo de café con el 5,17 %. Tal como es de esperarse, el porcentaje de terrenos con fuerte pendiente utilizados para el cultivo de granos básicos es alto, ya que forma parte de la agricultura de subsistencia dentro de la microcuenca.

Tabla 2.4. **Uso del suelo en la microcuenca del río Las Cañas**

Usos del suelo	Has	%
Tejido Urbano Continuo	2.485,56	33,13
Mosaico de Cultivos y Pastos	2.031,09	27,07
Terrenos Principalmente Agrícolas	984,51	13,12
Granos Básicos	754,06	10,05
Café	388,14	5,17
Arenales	226,50	3,02
Cultivos Anuales Asociados con Cultivos	130,03	1,73
Tejido Urbano Discontinuo	126,41	1,68
Tejido Urbano Precario	124,47	1,66
Vegetación Arbustiva Bajas	73,67	0,98
Vegetación herbácea natural	68,80	0,92
Pastos Naturales	64,58	0,86
Aeropuertos	45,41	0,61
Caña de Azúcar	0,01	0,00
Total	**7.503,24**	

2.1.12. Tipos de suelo

La pedología es el estudio de los suelos en su ambiente natural. Es una de las dos ramas de la ciencia del suelo, y estudia el suelo en lo concerniente a la pedogénesis (el origen del suelo, su formación), clasificación, morfología, taxonomía, y también su relación e interacción con el resto de los factores geográficos.

De acuerdo con información del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2012), prácticamente toda la superficie de la microcuenca corresponde a suelos “Andisoles”, los cuales se originan de cenizas volcánicas, de distintas épocas; tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad; según la topografía, son aptos para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos.

En el municipio de Apopa y Tonacatepeque pueden localizarse pequeños espacios en los que predominan los suelos “arcillosos de color rojizo” en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque

algunas veces se encuentran amarillentos o cafesoso. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación. La textura superficial es franco arcillosa y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos pudiendo se utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos (MAG, 2012).

En el municipio de San Martin se distinguen pequeñas superficies de "Litosoles", sobre todo en el cantón La Palma. Este tipo de suelos son suelos muy complejos, y poseen muy poca profundidad sobre roca pura. La mayoría son suelos cuyos horizontes superficiales han sido truncados a causa de una severa erosión laminar; o sea, que la erosión ocurre en láminas y no en forma de cárcavas, son suelos arcillosos como los latosoles pero muy superficiales. Las texturas varían de gruesa, arenas y gravas hasta muy pedregosos sobre la roca dura. El uso potencial es muy pobre de bajo rendimiento. Sin embargo en algunos lugares muy pedregosos por la gran cantidad de piedras reduce la erosión, por lo cual pudieran generar buenos rendimientos por mata si el cultivo se hace con chuzo (MAG, 2012).

En la tabla 2.5 se muestra la distribución de los tipos de suelo por municipio y cantón de la microcuenca:

Tabla 2.5. **Tipos de suelo por municipio y cantón en la microcuenca del río Las Cañas**

Municipio	Cantón	Tipo de suelo
Soyapango	S/C	**Andisoles**
Apopa	Joya Grande	**Latosoles Arcillo Rojizos, Andisoles**
	San Nicolás	**Latosoles Arcillo Rojizos, Andisoles**
	Tres Ceibas	**Andisoles**
	Joya Galana	**Latosoles Arcillo Rojizos, Andisoles**
Ilopango	San Bartolo	**Andisoles**
Tonacatepeque	El Rosario	**Andisoles**
	La Fuente	**Andisoles**
	La Unión	**Andisoles**
	Las Flores	**Latosoles Arcillo Rojizos, Andisoles**
	Veracruz	**Andisoles**
San Martín	Las Delicias	**Andisoles**
	La Palma	**Andisoles, Litosoles**
Delgado	La Cabaña	**Andisoles**
	San José Cortéz	**Andisoles**
	San Laureano	**Andisoles**

Fuente: MAG, 2012

2.1.13. Erosión del rio las Cañas

Según Ferrán (1993), el problema aguas abajo de la microcuenca del río Las Cañas es la sedimentación, lo que ha provocado erosión en su parte alta.

A finales de la década de los 70, justo antes de estallar la guerra civil en El Salvador, un estudio pormenorizado de la Misión Británica (Wall, 1981) identificaba el río Acelhuate, y en particular a su afluente, Las Cañas, como el principal responsable del proceso de colmatación de los embalses hidroeléctricos en el río Lempa.

Según el estudio británico (1981), la subcuenca del río Acelhuate contribuía con el 60% de 5.3 millones de ton/año de los sedimentos que llegaban a la represa del Cerrón Grande del Río Lempa del sistema hidroeléctrico operado por la CEL. Del aporte total se estima que la microcuenca del río Las Cañas contribuye con el 40% de ese total. Es decir, el 25% del aporte total de sedimentos al sistema hidroeléctrico salvadoreño, unos 1.32 millones de toneladas al año, provienen solo del río Las Cañas. Por esta razón, ya a principios de los años 90, la microcuenca del río Las Cañas fue identificada como área prioritaria de trabajo.

Si se realiza una conversión a volumen de lo que significan estos 1.32 millones de toneladas de material erosionado, se obtiene un equivalente aproximado de entre 640,000 a 730,000 m3 para el año 1979 (considerando una densidad del material estimada de 1,800 kg/m3

A partir del año 1990, coordinado por la CEL y con el apoyo del CATIE, se comienza a elaborar un modelo de manejo de cuenca de la microcuenca del río Las Cañas. Su objetivo es luchar contra el problema de la erosión y evitar el azolvamiento de las presas hidroeléctricas situadas aguas abajo, ya en el río Lempa. La intención era asegurar una buena producción de energía hidroeléctrica. Este proyecto se ejecutó bajo el principio de "la cuenca es la unidad de planificación pero la finca es la unidad de manejo", con una priorización en la rehabilitación y no en la planificación. Se llevó a cabo a principios de los años 90 pero finalmente sus recomendaciones fueron abandonadas u olvidadas, con lo que se perdieron los resultados de un gran esfuerzo.

Tanto en el estudio de los años 90 como en los estudios previos del año 1981 (misión británica) se señalaba como problemática principal el incremento de la erosión por el uso urbano de la zona. Desde entonces hasta nuestros días, la microcuenca del río Las Cañas ha pasado de un uso semiurbano-agrícola a un uso mayoritariamente urbano/industrial con algunas actividades agrícolas. Es decir, la microcuenca se ha urbanizado.

En el proyecto llevado a cabo por el CATIE a principios de los años 90, ya se planteaban dos grandes interrogantes (se cita textualmente):

“1° El impacto del manejo de la microcuenca en los niveles de sedimentación de la represa de Cerrón Grande.

2° Los efectos del crecimiento urbano desmedido y aparentemente incontrolable de San Salvador, Soyapango, Ilopango, Apopa, sobre el futuro rural de la microcuenca; y correlacionado con la interrogante primera, en los niveles de sedimentación que se aportan, no desde la actividad rural si no desde el uso de suelo como urbano.”

De entonces a ahora, esta preocupación se ha convertido en una realidad agravada por los niveles de explotación de áridos en el cauce del río y según las conclusiones del estudio ”Estudio de cuantificación del volumen de extracción de áridos de la cuenca del río Las Cañas en el Municipio de Soyapango” El Salvador, Geólogos del Mundo. 2013.

Las conclusiones de este estudio indican que:

Se ha recopilado la información de los volúmenes de materiales pétreos extraídos en los 3 últimos años de un tramo de 2 kilómetros de los 21 totales que componen la microcuenca del río Las Cañas. Estos datos han sido registrados por gerencia tributaria de la municipalidad de Soyapango desde el 2010 al 2012 y son utilizados para el registro de un impuesto municipal al paso de vehículos de carga en una calle que llega a la zona de carga de materiales pétreos de este tramo del río Las Cañas. El registro de circulación de vehículos de carga está incompleto debido a que los horarios de transporte de vehículos es mucho más amplio que el horario de trabajo de los funcionarios de la municipalidad. Por tanto, durante la elaboración de este estudio y durante 2 jornadas se registró la circulación de vehículos de carga a lo largo del día completo. Una vez comparados los datos registrados de la Alcaldía con los reales se calculó la diferencia entre dato registrado y el real. Con este cálculo se ha realizado un incremento estimado, con la idea de obtener datos de análisis de explotación que se acerquen más a la realidad.

Se comprueba que los volúmenes de material extraído en esta zona, son importantes.

Las conclusiones de este estudio tienen en cuenta única y exclusivamente los efectos producidos por la extracción de áridos.

2.1.14. Análisis de las extracciones de materiales pétreos

Las extracciones se realizan a lo largo de todo el año. La distribución por meses, se ha obtenido a partir de los datos registrados y se puede ver en la tabla de abajo.

Tabla 2.6. **Medias de extracción mensuales en relación a 100% anual**

PROMEDIO DE EXTRACCIÓN MENSUAL	
MESES	**% en relación al año**
ENERO	**9.35**
FEBRERO	**9.13**
MARZO	**9.96**
ABRIL	**9.57**
MAYO	**9.02**
JUNIO	**8.99**
JULIO	**7.49**
AGOSTO	**6.80**
SETIEMBRE	**5.85**
OCTUBRE	**7.12**
NOVIEMBRE	**8.49**
DICIEMBRE	**8.22**
TOTAL ANUAL	**100.00**

Tabla 2.7. **Volumen de extracción en m^3 anuales en el tramo de 2 km del entorno del reparto las Cañas (Soyapango e Ilopango).**

AÑO 2010		AÑO 2011	AÑO 2012
Unidades	**m3**	**m3**	**m3**
ENERO	8,923	8,931	15,478
FEBRERO	9,160	9,748	13,042
MARZO	11,058	10,995	12,273
ABRIL	10,928	8,625	14,050
MAYO	9,383	9,258	12,965
JUNIO	8,909	9,645	12,962
JULIO	7,971	7,890	10,206
AGOSTO	7,235	6,499	10,226
SETIEMBRE	6,479	6,460	7,230
OCTUBRE	7,426	6,007	11,993
NOVIEMBRE	7,922	10,009	11,664
DICIEMBRE	8,288	8,866	11,584
TOTAL ANUAL	**103,685**	**102,934**	**143,673**

El mes que presenta mayor actividad extractiva es el de marzo. Esto coincide con la época más seca que se da entre los meses que van desde diciembre a mayo.
El mes que presenta menor actividad extractiva es el de setiembre. Esto coincide con la época más lluviosa que se da entre los meses de junio a noviembre.

Ligera disminución de extracción del año 2011 en relación al 2010, aunque son prácticamente la misma cifra. Estas variaciones se podrían deber a la crisis económica que ha afectado al país entre el 2009,2010 y 2011.

Se ve un aumento de la actividad extractiva en el año 2012 en relación a los años anteriores. Este aumento se podría deber a la incorporación de maquinaria pesada a las actividades de extracción.

Los volúmenes en cada uno de los tres años siempre superan los 100,000 m3. Esta cantidad es bastante alta para un tramo de microcuenca de tan solo 2 kilómetros de longitud.

El volumen del año 2012 se incrementa en casi un 50% en relación a los 2 años anteriores.

Se comprueba que el volumen de extracción total en tan solo 3 años es sumamente importante (casi 350,000 m^3) y sí que podría afectar a la degradación por erosión de la cabecera de la microcuenca del río Las Cañas (ver estudio de erosión de la microcuenca del río Las Cañas, realizado por Geólogos del Mundo en 2013).

Se podría pronosticar que en los próximos 10 años solo el volumen de erosión debido a los procesos extractivos de materiales pétreos, en el tramo de 2 kilómetros, sería de más de 1.5 millones de metros cúbicos, si se mantiene el ritmo de explotación de 2012. Para que nos hagamos una idea de forma más gráfica, esto equivaldría a una excavación del área de 20 campos de futbol con una profundidad de 15 metros. Lo cual, en términos de erosión, representa un volumen muy importante para un tramo de tan solo 2 kilómetros.

Con la introducción de la maquinaria se comprueba que la actividad extractiva se ha disparado, por lo que se podría pronosticar que esta se va a incrementar aún más en los próximos años.
La explotación del río se produce a gran escala y no a pequeña escala.

Finalmente Habría que tener en cuenta que los valores de extracción presentados son estimaciones calculadas a partir de los datos obtenidos y extrapolados con las observaciones en campo. De manera que los valores absolutos hay que tomarlos con las debidas reservas.

2.1.15. Calidad del agua en los ríos a nivel de microcuenca

Tomando como base el estudio realizado por el MARN (2011), denominado ‘’Medidas de Control de la Contaminación de los Ríos Tomayate y Las Cañas’’, se concluye que las aportaciones de carga orgánica de las fuentes en la micro cuenca del río Las Cañas están en el rango de [59.03 a 9,580.03] kg DBO_5/día, por lo que la mayor carga contaminante $kgDBO_5$/d que registrada y aportada por la microcuenca del río las Cañas al río Acelhuate es de 28,310.34 $kgDBO_5$/d y la cual está referida en el mes de junio (época de mayor dilución para los sistemas hídricos).

Las mayores cargas de otros contaminantes que aporta la microcuenca del río Las Cañas al Acelhuate son: 73,139.91 kgDQO/día, Coliformes Fecales se reportó en el orden de 1016 NMP/día, 3,879.18 kg/d de Nitrógeno total y 1,751.15 kg/d de Fósforo total.

Con relación al comportamiento de los tributarios que aportan la carga de contaminación que aporta la microcuenca del río Las Cañas, se reporta lo siguiente: el río Sumpa aporta el 73% de la carga contaminante $kgDBO_5$ (17,256.50 $kgDBO_5$/d), el río Chantecuán contribuye con el 14 % (3,286.48 $kgDBO_5$/d), el río Las Pavas aporta el 11% (2, 686.00 $kgDBO_5$/d), la quebrada Arenal Seco aporta el 1% (242.09 $kgDBO_5$/d) y el río Ismatapa el 1% (185.51 $kgDBO_5$/d).

La modelación de contaminantes permitió conocer el comportamiento de los sistemas hídricos en condiciones actuales y bajo condiciones especiales (escenarios de modelación). Los sistemas hídricos fueron analizados incluyendo cada una de las singularidades (cabeza del cauce principal, sitios en el cauce principal antes y después de la confluencia de tributarios, sitios en tributarios antes de descargar al cauce principal y sitio en la desembocadura confluencia al río Acelhuate, incluyendo a su vez fuentes contaminantes puntuales de mayor relevancia).

El modelo utilizado en este estudio se centra en el parámetro Oxígeno disuelto y las interacciones/alteraciones que este puede experimentar, determinando el destino de la contaminación orgánica biodegradable.

La modelación de la contaminación del río Las Cañas, mostró que el río presenta un déficit de Oxígeno disuelto desde su cabecera hasta la desembocadura por lo que no es posible propiciar la biotransformación de la contaminación carbonácea y no carbonácea. De manera que en el tramo 1 y 2 (desde la cabecera a 2 Km) el Oxígeno disuelto es agotado hasta alcanzar la mínima concentración de 0.30 mgO_2/L generando un déficit de 6.82 mgO_2/L con respecto a la concentración de Oxígeno disuelto de saturación. Después de este tramo el río incrementa la velocidad de reaireación favoreciendo la degradación de la materia carbonácea remanente pero en el tramo 4 (5 km desde la cabecera) la velocidad de consumo de Oxígeno predomina conduciendo a otro punto crítico, que se localiza 11 Km antes de la desembocadura. El modelo del Oxígeno disuelto indica existe

capacidad de depuración natural del río en el trayecto de 9 Km antes de llegar a la desembocadura (tramo 6), a la cual llega con una concentración de 3.2 mgO_2/L.

En la microcuenca del río Las Cañas se identifica el uso del agua del sistema principal para el uso agrícola, se reportan varias parcelas de cultivo de hierbas comestibles que son regadas a través de acequias, siendo los cultivos: cilantro, chipilín, berro, hierbabuena, etc en los lugares siguientes:

- Uso del agua del río Ismatapa: a la altura del desvío cantón El Rosario de Tonacatepeque,
- Río Las Cañas: cantón El Rosario de Tonacatepeque
- Río El Jocote: cultivos de maíz, confluencia con Las Cañas, cantón La Fuente, municipio de Tonacatepeque.

2.2. Caracterización socioeconómica

Las características socioeconómicas de interés para la caracterización de la microcuenca se presentan a continuación.

2.2.1. Población

La población total que habita en la microcuenca se estima que es de 828.063 habitantes, distribuidos en un área de 75,03 km^2; de los cuales, el 42% (348.072 habitantes) corresponden al municipio de Soyapango, localizados en sólo cantón (zona); mientras que el 29% (244.272 habitantes) pertenecen al municipio de Apopa, con 4 cantones; el 16% de habitantes (135.199) corresponde a Ilopango, distribuidos en un solo cantón; en tanto que en San Martín habita el 1.4% (11.908) y en Delgado el 0.9% (7.188), en 2 y 3 cantones, respectivamente.

Tabla 2.8. **Población por municipio y cantón en la microcuenca del río Las Cañas**

Municipio	Cantón	Área (Km^2)	Población
Soyapango	S/C	16,09	**348.072**
Apopa	Joya Grande	9,13	**244.272**
	San Nicolás		
	Tres Ceibas		
	Joya Galana		
Ilopango	San Bartolo	8,99	**135.199**
Tonacatepeque	El Rosario	30,82	**81.424**
	La Fuente		
	La Unión		
	Las Flores		

Municipio	Cantón	Área (Km^2)	Población
	Veracruz		
San Martín	Las Delicias	5,69	**11.908**
	La Palma		
Delgado	La Cabaña	4,30	**7.188**
	San José Cortéz		
	San Laureano		
		75,02	828.063

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la municipalidades

En la tabla 2.8 se presenta la distribución de la población para cada uno de los municipios que comparten la microcuenca; si se asume un estimado de 6 habitantes por vivienda, se tiene que en el territorio habrían 138.010,5 viviendas, 58.012 de ellas sólo en Soyapango, 40.712 en Apopa, 22.533 en Ilopango, 13.571 en Tonacatepeque, 1.985 en San Martín, y 1.198 en Delgado.

Para el enfoque de género un dato clave son los hogares donde la **jefatura monoparental**, autoreconocida, es de una mujer. Los datos no son cuantificables objetivamente sino que son estimaciones elaboradas por las propias alcaldías que estiman que se cuenta con una media de unos 35% a 40% hogares monoparentales donde la jefatura la ostenta una mujer, aunque en los grupos focales la percepción de la población es que en comunidades como Altavista un 70% son mujeres jefas de hogar o mujeres solas. Lo que se ha visto a lo largo del proceso es que la percepción de la gente y las municipalidades es que el número de hogares de jefatura femenina u hogares donde una mujer es responsable del sostenimiento de la familia es mayor en la zona urbana, frente a un menor número en la zona rural. Estos datos no pueden ser contrastados ya que en el Almanaque los datos que se ofrecen no diferencian entre hogares rurales con jefatura femenina o masculina u hogares urbanos.

En el caso de San Martín se cuenta con un diagnóstico sobre crimen y violencia que sitúa el porcentaje de hogares monoparentales con jefatura femenina se sitúa en torno al 34.77% mientras que los hogares con jefatura masculina es de 65.23%.

2.2.2. Educación

Los datos de educación de la población localizada en la microcuenca son:

Tabla 2.9. **Nivel educativo de la población ubicada en la microcuenca**

Municipio	Total	Urbano	Rural	Femenino	%	Masculino	%
Apopa	34,320	34,320	0	12,350	36	21,970	64
Ciudad Delgado	30,717	28,801	1,916	11,156	36	19,561	64
Ilopango	27,707	27,707	0	10,300	37	17,407	63
San Martín	18,266	16,699	1,567	6,351	35	11,915	65
Tonacatepeque	24,555	21,559	2,996	8,836	36	15,719	64
Soyapango	64,352	64,352	0	23,958	37	40,394	63

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Almanaque 262. FundaUngo/PNUD.2009

En cuanto a **nivel educativo** los datos extraídos del Almanaque indican:

Tabla 2.10. **Nivel educativo por sexo de la población ubicada en la microcuenca**

Educación	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
APOPA					
Escolaridad promedio (en años)	6.3	6.4	4.8	6.5	6.1
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	88.9	89.8	80.2	91.9	86.5
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	49.7	50.9	39	48.6	50.8
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	98.9	100.2	87.4	99	98.8
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	49.7	52.5	26	47.9	51.4
CIUDAD DELGADO					
Escolaridad promedio (en años)	6.9	7	5.6	7.1	6.7
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	90.7	91.1	84.6	93.7	88.2
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	48.7	49.8	35.7	48.1	49.4
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	98.8	99	95.7	98.6	99
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	57.3	58.1	45.3	53.2	61.4
ILOPANGO					
Escolaridad promedio (en años)	7.5	7.5	-	7.7	7.3
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	92.4	92.4	-	95	90.4
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	54.2	54.2	-	53.2	55.2
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	98.1	98.1	-	97.3	98.8
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	63.6	63.6	-	62.9	64.3
SAN MARTIN					
Escolaridad promedio (en años)	6.3	6.4	4.8	6.5	6.1
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	88.9	89.8	80.2	91.9	86.5
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	49.7	50.9	39	48.6	50.8
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	98.9	100.2	87.4	99	98.8

Educación	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	49.7	52.5	26	47.9	51.4
SOYAPANGO					
Escolaridad promedio (en años)	7.9	7.9	-	8.2	7.7
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	93.7	93.7	-	96.1	91.9
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	57.1	57.1	-	56.3	57.9
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	101.2	101.2	-	101.1	101.3
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	73.1	73.1	-	69.6	76.5
TONACATEPEQUE					
Escolaridad promedio (en años)	6.8	7.1	5.2	7	6.6
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	90.7	92.2	81.8	93	88.8
Tasa bruta de escolaridad parvularia [ODM]	51.6	52.2	47.9	50.6	52.8
Tasa bruta de escolaridad primaria [ODM]	98.3	98.4	97.3	99	97.6
Tasa bruta de escolaridad media [ODM]	51.2	53.3	40.7	47.6	54.9

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Almanaque 262. FundaUngo/PNUD.2009

La escolaridad, como en todos los indicadores de la región que muestran esta tendencia, ponen de manifiesto que las mujeres actualmente tienen una tasa de escolaridad mayor que la de los hombres, salvo en alfabetismo adulto en el que se observa que las mujeres tienen una menor tasa que los hombres. Al igual que en los otros casos no podemos identificar las diferencias entre la zona rural o urbana desagregada por sexo.

2.2.3. Abastecimiento de agua potable

De acuerdo con información de ANDA (2011), en cinco de los seis municipios que conforman la microcuenca, se localizan sistemas de producción de agua potable que son administrados por ANDA y operadores descentralizados, que en conjunto forman parte del **Sistema Tradicional** y **Las Pavas** de producción de ANDA. La producción anual de agua en estos sistemas se muestra a continuación:

Tabla 2.11. **Producción de agua por municipios de la microcuenca Las Cañas, en sistemas administrados por ANDA y Operadores Descentralizados (en miles de metros cúbicos). Año: 2011.**

Municipio	Sistema	Producción (en miles de metros cúbicos)
Delgado	Tradicional	8.333,0
Soyapango	Tradicional	16.893,0
	Las Pavas	7.885,3
Ilopango	Tradicional	4.848,3
	Las Pavas	2.628,4
San Martín	Tradicional	605,9

Municipio	Sistema	Producción (en miles de metros cúbicos)
	Las Pavas	2.553,3
Apopa	Tradicional	12.878,0
	Total	56.625,2

Fuente: ANDA, 2011.

En términos de consumo, ANDA (2011) reporta información para todos los municipios dentro de la microcuenca, a excepción de Tonacatepeque; según esos datos, el consumo promedio mensual por servicio de acueducto oscila entre $17m^3$ y $22m^3$. En la región metropolitana de San Salvador, el consumo promedio es de $24m^3$.

Tabla 2.12. **Consumo de agua por municipios de la microcuenca Las Cañas, en sistemas administrados por ANDA y Operadores Descentralizados (en miles de metros cúbicos). Año: 2011.**

Municipio	Consumo (en m^3 mensuales)
Delgado	21
Soyapango	21
Ilopango	19
San Martín	17
Apopa	22

Fuente: ANDA, 2011.

Con base en esta información, si se asume un consumo promedio de agua de $20m^3$ al mes en la microcuenca, y con un aproximado de 138.010,5 viviendas, se tiene un consumo de agua potable de $2.760.210m^3$ por mes.

2.2.4. Percepción de la problemática e impactos.

En cuanto a la percepción de los problemas antes que la diferencia entre mujeres y hombres se da una clara diferenciación entre las zonas urbanas y rurales.

Los grupos focales dejaron claro que la percepción en la zona urbana de la cuenca, que coincide con la parte alta de la misma, es que los problemas de centran en la erosión que conlleva la pérdida de viviendas que relacionan con la extracción de pétreos y la existencia de los desagües de aguas de las colonias; derrumbes del terreno por la erosión y por la pérdida de los muros de contención que había como medidas de mitigación; rotura de tuberías que se ven a cielo abierto y en malas condiciones; el acceso a algunas comunidades que se corta durante los temporales y los malos olores derivados del rio. Destacan también que el mayor número de enfermedades se ven relacionadas con dengue, infecciones en la piel o vías respiratorias.

En cuanto a la diferencia entre hombres y mujeres se manifiesta que por un lado las mujeres están más expuestas ya que son las que se quedan en la casa, también que ellas son las que piensas más "emocionalmente" y se centran en los niños/as preocupándose más que los hombres mientras que estos parecen preocuparse más por los bienes materiales. Dicen que los hombres no toman tan en serio los problemas, que si algo se pierde solo piensan en que les dan dinero a las mujeres para reponerlo. La sensación también es que las mujeres se emocionan mientras que a los hombres no les gusta demostrar sus emociones.

En la zona rural la perspectiva es diferente, los problemas que se manifiestan tienen que ver con las enfermedades, las diarreas, parásitos, problemas intestinales, insuficiencia renal. También la contaminación del agua superficial del rio que se traslada a los cultivos al ser regados con el agua del mismo (rábanos, chipilín, cilantro) La percepción es que los problemas se deben al vertido de aguas negras, químicos de las fábricas que también son vertidos en el río, los desechos sólidos, vertidos de otro tipo (Pollo Indio) de diferentes fábricas.

Ante las enfermedades se manifiesta que afectan por igual pero los hombres expresan menos cuando están enfermos, no van al médico porque parece que reconocen que son débiles. La percepción es que también esta contaminación causa infertilidad en las mujeres y que las niñas se enferman más que los niños, también que los hombres se enferman y contagian a las mujeres y ellas son las que desarrollan las enfermedades.

En algunos municipios (Apopa) se identifica que los hombres concentran los problemas en la erosión en la medida en que esta perjudica a los cultivos, junto con la deforestación en el cerro El Sartén. Para las mujeres el mayor riesgo son las enfermedades por la contaminación debido a las plantas de tratamiento colapsadas en las áreas urbanas. Al no tratarse el agua, esta contamina el río.

Los roles tradicionales están muy marcados en toda la cuenca, los hombres como proveedores y las mujeres en los ámbitos domésticos y reproductivos hace que la percepción de los riesgos respondan a las afectaciones que están provocando en sus actividades diarias (necesidades prácticas –hombres cultivos y mujeres actividades de cuido-)

Uno de los datos que se ha podido obtener es la muerte por insuficiencia renal crónica, en este punto lo interesante es que las muertes por esta causa han aumentado entre las mujeres, mientras que en el caso de los hombres se ha mantenido o incluso ha descendido. También es clave el dato de que en la zona urbana hay más casos que en la rural:

Tabla 2.13. **Mortalidad por insuficiencia renal crónica. 2007-2013**

	2007		Total 2007		2013		Total 2013	Total general
Rótulos de fila	**F**	**M**		**M**	**F**	**M**		
SAN SALVADOR	**33**	**74**	**107**	**112**	**49**	**70**	**119**	**1048**
APOPA SS	5	6	11	5	6	5	11	86
ILOPANGO SS	5	3	8	9	3	5	8	68
SAN MARTIN SS	2	2	4	7	4	2	6	33
SOYAPANGO SS	2	13	15	15	9	8	17	143
TONACATEPEQUE SS		3	3	5	1	5	6	42
DELGADO SS	1	7	8	14	6	6	12	91

Fuente: elaboración propia basado en datos ISSS "Mortalidad institucional por insuficiencia renal crónica desagregado por municipio y sexo del 2007 al 2013". 2013

2.2.5. Actividad socioeconómica y reproductiva (roles según sexo)

Las actividades de generación de ingresos de la población en la microcuenca y las actividades económicas en la misma son variadas.

Las actividades reportadas son muy variadas algunas desarrolladas en la propia microcuenca y otras se realizan fuera. **Los hombres se desempeñan en la zona** en: agricultura, soldadura, electricista, panificadores, carpintería, recogida de chatarra (cobre aluminio) y recogida y venta de leña.

Fuera de la microcuenca se desempeñan como estructurista, computación, jornalero, comerciante, banca y empleados en general, maquila y mecánico.

En cuanto a las **mujeres en la zona se dedican** a: agricultura, cocina, partera, tortillera, recogida de chatarra (en el rio), pepenadoras, ventas informales y quehaceres domésticos. **Fuera de la zona como**: educadoras, computación, trabajo en maquila, cosmetología, secretaria, jornalera, comerciante, enfermera, empleada doméstica. En el caso de las mujeres reconocen recibir remesas que se confirma con los datos mostrados por ejemplo en el documento del Almanaque 262.

Tabla 2.14. **Población que recibe remesas**

Ingresos por remesas	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
APOPA					
Porcentaje de personas receptoras de remesas	7.6	8.1	2.5	5.9	8.9
CIUDAD DELGADO					
Porcentaje de personas receptoras de remesas	6.6	6.9	2.2	5.5	7.5
ILOPANGO					

Ingresos por remesas	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
Porcentaje de personas receptoras de remesas	9.9	9.9	-	7.7	11.6
SAN MARTIN					
Porcentaje de personas receptoras de remesas	7.6	8.1	2.5	5.9	8.9
SOYAPANGO					
Porcentaje de personas receptoras de remesas	9.5	9.5	-	7.5	11.2
TONACATEPEQUE					
Porcentaje de personas receptoras de remesas	6.9	7.4	3.5	5.4	7.9

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Almanaque 262. FundaUngo/PNUD.2009

La actividad agrícola está centrada en la parte baja de la cuenca y se concentra en los cultivos de: granos como Frijol, maíz, maicillo y hortalizas como rábano, berro, cilantro pepino, sandia, tomate, etc.

En ella **los hombres** se dedican a cultivo y corta: en maíz, frijol, chile, rábano, pepino, mata de huerta. **Las mujeres**: ayudan a la corta en todos y cultivan en cilantro, ejote y comercializan en Cilantro, tomate, rábano, pepino. También hay zonas donde la población se dedica a la corta de café (jóvenes, niños/as y mujeres)

Ganadería: dentro de este la crianza de aves, porcino y bovino cultivos. No hay diferencia entre mujeres y hombres.

No se ha podido identificar los ingresos de la población, ni si las mujeres devengan mayor o menor ingreso que los hombres. En algunas colonias de la zona urbana sí se ha definido que hay muchas jefas de hogar que sostienen solas a los hogares.

Las mujeres siguen siendo las responsables de las actividades reproductivas, como cocina, cuido y educación de niños/as y dependientes, limpieza etc. Los hombres participan muy poco o nada en las actividades del hogar.

En el hogar las mujeres deciden la comida, cómo se cocina (leña o gas, algunas carbón) normalmente la leña se compra. También deciden y priorizan qué se hace con los ingresos del hogar que normalmente les dan los hombres (éstos se quedan con una parte que gastan casi todos en alcohol) las mujeres manifiestan que intentan ahorrar para cualquier imprevisto.

Se manifiesta que los hombres en el tiempo libre suelen ver futbol o beber alcohol, las mujeres dicen no tener tiempo libre, o si lo tienen pasan con los niños/as, algunas dicen que duermen o ven novelas.

2.2.6. Acceso y control de los recursos naturales.

Reconocimiento de los roles, necesidades y responsabilidades de hombres y mujeres en la gestión y manejo de los recursos naturales. La identificación de los niveles de uso, acceso, control y beneficio de hombres y mujeres sobre los recursos naturales.

En la zona alta de la cuenca, urbana, las personas no reconocen recursos naturales que estén utilizando, salvo la leña, que usan para cocinar y que la mayoría compra a "pickup" que manejan hombres. Señalan que la leña se extrae de la finca el Chapernal y de espacios donde encuentran árboles cercanos.

En la zona baja más agrícola los recursos que se reconocen son el agua, la leña y el suelo (agrícola). En cuanto a la leña las mujeres son las responsables de ir a buscarla.

En el tema del agua en la zona urbana es usada para los quehaceres domésticos, no se reconoce como un recurso natural que haya que conservar, sin embargo en la zona rural si, las necesidades sobre el agua en el caso de los hombres se centran en el regadío, mientras que las mujeres tienen la necesidad para realizar tareas domésticas. Se manifiesta que no usan el agua del rio, pero que en el fondo cuando no se tiene otra acuden las mujeres a lavar y los hombres lo usa para el regadío de las hortalizas

El acceso a los recursos naturales como el suelo aparece concentrado en los hombres que son los que más control tienen sobre los cultivos, tanto hortalizas como frutales, las mujeres apoyan en los cultivos pero sobre todo en la comercialización. Los hombres explotan la caña de azúcar para venta al ingenio La cabaña; realizan labores culturales en el cultivo, manejo, procesamiento y comercialización de café, los pozos los utilizan para riego de cultivos agrícolas. Las hortalizas están destinadas al consumo humano y comercialización en mercado municipal lo mismo que las frutas en comercialización en mercado municipal y supermercados. Las mujeres participan en el café en un 25% y en las hortalizas, siembra, en un 35%.

Lamentablemente en los datos oficiales no se diferencia el uso que mujeres y hombres hacen de los recursos sin embargo parece claro que el mayor uso de agua dentro de los hogares lo realizan las mujeres (tareas domésticas), también las mujeres son las que usan la leña, aunque en el caso de la zona urbana la compran a los hombres y en la zona rural sí son ellas las que la recolectan. En cuanto a la posesión de la vivienda los datos estadísticos presentan datos que indican que alrededor del 24% de hogares no tienen título de propiedad, lo señalado por los grupos focales es que en la mayoría de los casos las personas son propietarias de su vivienda y sitúan en un 35 % las personas que alquilan.

Tabla 2.15. **Relación de acceso a recursos naturales**

Recursos	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
APOPA					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	77	83	12.6	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	9.9	5.5	62.2	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	23.7	24.3	16.6	na	na
CIUDAD DELGADO					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	89.1	90.8	62.9	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	7.2	5	45.6	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	26.8	27.6	15.9	na	na
ILOPANGO					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	94.8	94.8	-	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	2.5	2.5 2.6	-	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	29.1	29.1	-	na	na
SAN MARTIN					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	77	83	12.6	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	9.9	5.5	62.2	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	3.7	24.3	16.6	na	na
SOYAPANGO					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	97.5	97.5	-	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	1.4	1.5	-	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	28.3	28.3	-	na	na
TONACATEPQUE					
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa) [ODM]	83.9	93.5	14.6	na	na

Recursos	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenino
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	9.3	3.2	55.4	na	na
Porcentaje de hogares en viviendas sin título de propiedad	20.7	21.6	14.4	na	na

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Almanaque 262. FundaUngo/PNUD.2009

2.2.7. Participación y acceso a puestos de toma de decisión.

El diseño de acciones e intervención con una participación y toma de decisiones con equidad de género.

Los espacios de toma de decisión en el ámbito local se centran en las Juntas Directivas de las ADESCOS, los comités de protección civil, comités de salud, etc.

En la zona urbana la participación en directivas comunitarias de las mujeres es casi el 50%, en cuanto a su nombramiento en las juntas, pero en la mayoría de los casos son ellas las que desarrollan casi todo el trabajo concreto de las ADESCOS. En el caso del ámbito rural la mayoría de las Juntas Directivas las constituyen hombres y son los que asumen la mayoría del trabajo comunitario, las mujeres en general no participan en actividades o instituciones, ni lideran las mismas. El acceso se da únicamente en el tema de Gestión del Riesgo de Desastres ya que la mayoría de los comités locales de riesgo o emergencia están constituidos por mujeres.

En cuanto a la participación de instituciones como ANDA, Alcaldías, FISDL, Fundasal, Proesa, Funsalprodese decir que la mayoría de sus representantes en el territorio son hombres y los que fungen como líderes también son hombres, las mujeres tienen poca participación en las mismas. Los roles en el ámbito público reproducen lo que ocurre en el ámbito privado, las mujeres se dedican a tareas de enfermería, maestras y promotoras de salud como extensión de su rol reproductivo, mientras que los hombres son directivos comunitarios.

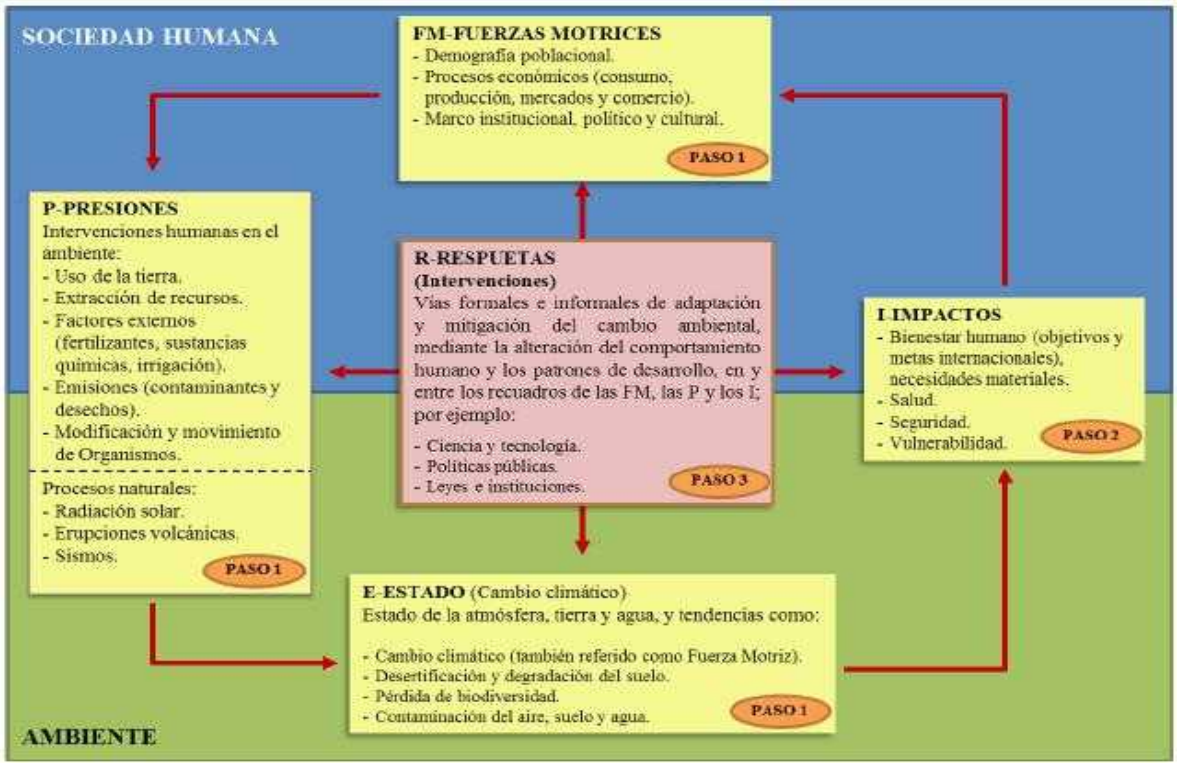
2.2.8. Capacidades y disposición a participar

La mayoría de las personas que colaboran en el ámbito urbano son mujeres, mientras que en el rural son hombres. Las mujeres manifiestan que es complicado que los hombres se involucren en las actividades comunitarias por lo que proponen que sea a través de ellas que se pueda informar a los hombres. También señalan que es complicado el trabajo por la existencia de maras en determinadas comunidades, hecho que habrá que tener en cuenta a la hora de trabajar proyectos concretos y también que muchas personas colaborarán si se les da algo a cambio.

III. Diagnóstico

El enfoque metodológico utilizado para realizar el diagnóstico es una adaptación del método que propone el PNUMA para los informes de Perspectivas del Medio Ambiente (GEO, por sus siglas en inglés), que se sustenta en un proceso interdisciplinario que combina, interpreta y comunica conocimiento de diferentes disciplinas científicas para comprender los vínculos entre el estado del ambiente y el bienestar humano (PNUMA, 2007). Para organizar el análisis de la información derivada de este proceso, se adoptó el marco de referencia FMPEIR (Fuerza Motriz, Presión, Estado, Impacto y Respuesta), que permite ordenar y agrupar, de manera lógica, los factores que actúan sobre el ambiente, los efectos producidos por las acciones humanas en los ecosistemas y en los bienes ambientales, así como el impacto que esto genera en la salud humana y en la propia naturaleza, además de las intervenciones por parte de la sociedad y del Gobierno para enfrentar los problemas generados por las acciones humanas.

El marco de referencia FMPEIR permite analizar las cuestiones ambientales a través de un enfoque sistémico y un marco conceptual enfocado en las tensiones ambientales inherentes a las dinámicas del desarrollo humano. En tal sentido, pretende responder a preguntas como: ¿qué le está pasando al ambiente? ¿Por qué está ocurriendo? ¿Cuáles son las consecuencias para el ambiente y las comunidades?. La respuesta a estas preguntas permite construir un panorama general del estado situacional de la microcuenca y revelar sus tendencias, las dimensiones humanas que generan cambio en ella, las perspectivas de futuro y las opciones de política para proteger y mejorar su condición.



El proceso de aplicación del marco de referencia FMPEIR se ilustra en la figura 3.2. El modelo intenta reflejar los componentes clave de la cadena causa y efecto, compleja y multidimensional, espacial y temporal, que caracterizan a las interacciones entre la sociedad y el ambiente (PNUMA, 2007). Además, trata de mejorar la comprensión de la sociedad sobre los vínculos entre el ambiente y el desarrollo, el bienestar humano y la vulnerabilidad a los cambios ambientales.

2.3. Definiciones

2.3.1. Presiones

Se refieren a las fuerzas económicas y sociales subyacentes, tales como el crecimiento de la población, el consumo o la pobreza. Desde el punto de vista político, la presión constituye el punto de partida para enfrentar los problemas ambientales. La información sobre la presión tiende a estar más disponible, puesto que proviene de bases de datos socioeconómicos. El conocimiento de los factores de presión busca responder a la pregunta: ¿Por qué está sucediendo esto?

En el caso de la microcuenca del río Las Cañas, se reconocen al menos las siguientes presiones:

- **Alta densidad poblacional, sobre todo en la cabecera de la microcuenca.**
- **Desarrollo territorial desordenado (amenazas, patrimonio natural, recarga hídrica, agrología).**
- **Actividad industrial ambientalmente ineficiente.**
- **Infraestructura de saneamiento ausente o sin funcionamiento.**
- **Extracción de material pétreo en la ribera de ríos.**
- **Inexistencia de cánones por vertido de aguas (no existe cultura de pago).**
- **Carencia de marco legal.**
- **Actividades agropecuarias en áreas sin vocación natural.**
- **Déficit de estrategias de desarrollo agropecuario.**

2.3.2. Estado

Se refiere a la condición del medio ambiente como resultado de la presión; por ejemplo, el nivel de contaminación atmosférica, la erosión del suelo o la deforestación. La información

sobre el estado del medio ambiente responde a la pregunta: ¿Qué le está sucediendo al medio ambiente?

En la microcuenca se han identificado los siguientes aspectos que describen el estado ambiental:

- **Familias residiendo en áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones.**
- **Contaminación química y microbiológica del agua.**
- **Sistemas agropecuarios de subsistencia (baja rentabilidad).**
- **Deforestación acelerada.**

2.3.3. Impacto

Es el efecto producido por el estado del medio ambiente en aspectos como la calidad de vida y la salud humana, el mismo medio ambiente, el ambiente construido y la economía urbana local. Por ejemplo, el aumento en la erosión del suelo tendrá una o más consecuencias: disminución en la producción de alimento, aumento en su importación, incremento en el empleo de fertilizantes y desnutrición. La información sobre el impacto responde a la pregunta: ¿Cuáles son las consecuencias para el ambiente y la sociedad?

- **Muertes al ocurrir deslizamientos e inundaciones.**
- **Pérdida de bienes materiales: viviendas.**
- **Población enferma por la ingesta de agua que no cumple los requisitos de la Norma Salvadoreña.**
- **Población afectada por enfermedades gastrointestinales y parasíticas por ingesta de agua en mal estado.**
- **Población rural con bajos ingresos (Pobreza del medio rural)**

Una vez identificada la lógica causa-efecto, es importante también destacar las potencialidades y limitantes del territorio. Se entenderá por potencialidad a los aspectos económicos de los recursos naturales y a las actividades que se pueden lograr sobre la base de sus usos; en tanto que limitante, son todos aquellos obstáculos de carácter social, económico, legal e institucional que limitan el desarrollo del territorio, tales como la tenencia de la tierra, falta de crédito, la distribución de la tierra, ausencia de leyes u obsolescencia de ellas.

En tal sentido, puede establecerse que en la parte alta de la microcuenca pueden desarrollarse actividades silvopastoríles y agroforestales, repoblación forestal, frutales y turismo, sobre todo en las tierras con vocación natural para ello, sin detrimento del desarrollo urbano que caracteriza estas zonas, en los municipios de Soyapango, Ilopango y San Martín. En la parte media y baja es más importante el potencial turístico y potencial para turismo y riego, sobre todo en el municipio de Tonacatepeque. En las tres zonas pueden aprovecharse las tierras con vocación forestal y agroforestal para la promoción de actividades agropecuarias orientadas a los mercados periurbanos.

Las zonas de recarga localizadas en la microcuenca tienen el potencial de infiltración anual de más de 350 mm anuales, lo cual constituye un importante abastecimiento de los acuíferos localizados en el territorio, y que posibilitan la provisión de agua para los distintos usos.

De igual forma es imprescindible acotar el potencial de la microcuenca desde el punto de vista económico, en tanto que en ella se localiza la más importante actividad industrial y comercial del país.

IV. Construcción de línea base

El objetivo de elaborar la Línea Base es definir los indicadores globales que permitan valorar la gestión y acción integral sobre el sistema hidrográfico. Por la intervención en la Microcuenca se irán produciendo resultados, productos, cambios y efectos en el corto, mediano y largo plazo, estos se señalarán en el sistema de seguimiento y monitoreo.

El Plan de cogestión deberá considerar el punto de partida o condición base para realizar la comparación al final del período planificado de intervención, es decir, determinar cuáles han sido los impactos logrados cuando se alcance el manejo apropiado de la microcuenca.

4.1. Objetivos de la línea base

General: identificar y definir cuáles son los indicadores y variables del estado inicial de la Microcuenca, antes de cualquier intervención, que permita conocer, con los programas y proyectos definidos; los cambios e impactos en el tiempo.

Específicos: (i) evaluar el impacto en la adopción tecnológica, con la implementación del plan de cogestión de la Microcuenca; (ii) determinar el impacto del plan de manejo en cuanto al cambio en la cobertura vegetal, bosque, sistemas agroforestales presentes en la Microcuenca; (iii) evaluar el impacto del plan de manejo en el recurso hídrico en cuanto a calidad y cantidad que está presente en la Microcuenca; (iv) evaluar el nivel de organización y la capacidad de gestión de las organizaciones sociales, económicas y políticas; (v) identificar las capacidades locales vinculadas a la gestión y búsqueda de nuevos mercados.

Durante el diagnóstico y con base en los resultados del mismo se consultó a los actores clave para seleccionar los parámetros cualitativos y cuantitativos que permitan establecer la línea base de manera participativa, esto permitirá realizar el monitoreo y evaluación del impacto en la Microcuenca, que permita demostrar el logro de los objetivos del plan de cogestión.

Con base en el diagnóstico, los recorridos de campo, entrevistas con informantes claves y la recopilación de la información secundaria, se han identificado los indicadores para el monitoreo y evaluación, los cuales deberán cumplir con las siguientes características:

- Medibles y fáciles de cuantificar.
- Deben ser realistas y alcanzables.
- Deben ser específicos y cuantitativos.
- Deben ser prácticos y claros.
- Deben ser sensibles a los cambios del tiempo.
- Ser confiables para asegurar que las conclusiones extraídas de los datos serán las mismas independientemente de quien realice el seguimiento.
- Ser relevantes a los objetivos del plan.
- Deben ser específicos en el sentido de basarse en la información disponible en la Microcuenca.
- Deben ser sencillos para permitir recoger los datos rápidamente y a bajo costo.

4.2. Indicadores

A continuación se presentan la línea base de indicadores, tanto de presión, impacto como de respuesta, dada la problemática ambiental expuesta en las líneas anteriores:

PEI	Indicadores
Presión o Alta densidad poblacional, sobre todo en cabecera de la microcuenca. o Desarrollo territorial desordenado (amenazas, patrimonio natural, recarga hídrica, agrología). o Actividad industrial ambientalmente ineficiente. o Infraestructura de saneamiento ausente o sin funcionamiento. o Extracción de material pétreo o Inexistencia de cánones por vertido de aguas (no existe cultura de pago). o Carencia de marco legal o Actividades agropecuarias en áreas sin vocación	o Volumen de material pétreo extraído anualmente. o Número de familias reubicadas o Número de nuevas viviendas en áreas de deslizamiento e inundación o Número de hectáreas de zonas reforestadas o Número de programas de educación sexual y reproductiva o Volumen de aguas residuales que cumplen con la norma de aguas de vertido o Número de sistemas de tratamiento funcionando y con adecuado mantenimiento o Número de ordenanzas para regular el vertido de aguas a cuerpos receptores o Número de programas de asistencia técnica y desarrollo agropecuario implementados

PEI	Indicadores
natural o Déficit de estrategias de desarrollo agropecuario	o Superficie de terrenos en conflicto de uso agrológico
Estado	
o Familias residiendo en áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones o Contaminación química y microbiológica del agua o Sistemas agropecuarios de subsistencia (baja rentabilidad)	o Número de personas (familias) que residen en áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones o Número de pozos de la red de monitoreo que superan en su concentración de metales pesados, nitratos y nitritos la Norma Salvadoreña para agua potable. o Número de pozos dela rede de monitoreo cuya concentración de agentes microbiológicos supera la Norma Salvadoreña para agua potable. o Rendimiento de cultivos agrícolas y sistemas agroforestales
Impacto	
o Muertes al ocurrir deslizamientos e inundaciones o Pérdida de bienes materiales: viviendas o Población enferma por la ingesta de agua con metales pesados o Población afectada por enfermedades gastrointestinales y parasíticas por ingesta de agua contaminada o Población rural con bajos ingresos (Pobreza del medio rural)	o Número de personas fallecidas en zonas propensas a deslizamientos e inundaciones (no se tiene registro, pero se incluye como indicador para su seguimiento). o Número de viviendas afectadas por deslizamientos e inundaciones (no se tiene registro, pero se incluye como indicador para su seguimiento). o Morbilidad por enfermedades derivadas de la acumulación de metales pesados o Morbilidad por enfermedades gastrointestinales y parasíticas o Número de productores agropecuarios que mejoran su nivel de ingreso o Nivel de pobreza en población rural en los municipios con potencial agrícola

Con el propósito de asignar un valor a los indicadores propuestos anteriormente, se presenta la siguiente información

- **Indicadores de Presión**

Volumen de material pétreo extraído anualmente

AÑO 2010		AÑO 2011	AÑO 2012
Unidades	m3	m3	m3
ENERO	8,923	8,931	15,478
FEBRERO	9,160	9,748	13,042
MARZO	11,058	10,995	12,273
ABRIL	10,928	8,625	14,050
MAYO	9,383	9,258	12,965
JUNIO	8,909	9,645	12,962
JULIO	7,971	7,890	10,206
AGOSTO	7,235	6,499	10,226
SETIEMBRE	6,479	6,460	7,230
OCTUBRE	7,426	6,007	11,993
NOVIEMBRE	7,922	10,009	11,664
DICIEMBRE	8,288	8,866	11,584
TOTAL ANUAL	**103,685**	**102,934**	**143,673**

Volumen de extracción en m^3 anuales en el tramo de 2 km del entorno del reparto las Cañas (Soyapango e Ilopango). El estudio de evaluación de extracción no se ha realizado en otros puntos de la microcuenca pero se considera que esta zona es en la que se concentra la mayor actividad de extracción.

Número de familias reubicadas

En el reparto Las Cañas, en Ilopango tras las obras de mitigación de la cárcava de este emplazamiento se reubicaron 130 familias afectando a unas 650 personas. La erosión del río afectó a este emplazamiento.

- **Indicadores de estado**

Número de personas (familias) que residen en áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones

En este estudio se han calculado las áreas de inundación en la misma zona donde se concentra la explotación de materiales pétreos.

VIVIENDAS AMENAZADAS POR EROSIÓN A 30 AÑOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO LAS CAÑAS			
MUNICIPIO	**N° VIVIENDAS**	**POBALCIÓN ESTIMADA**	**OTRAS INFRAESTRUCTURAS**
APOPA	40	200	1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
			1 FÁBRICA (PARQUE INDUSTRIAL)
CIUDAD DELGADO	15	75	
TONACATEPEQUE	75	375	3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
SOYAPANGO	383	1,950	2 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
			1 PARQUE INDUSTRIAL
ILOPANGO	585	2,925	1 AEROPUERTO
			3 PARQUE INDUSTRIALES
			CARRETERA PANAMERICANA Y CALLE DE ORO
SAN MARTÍN	NO LOCALIZADAS		
TOTAL	**1,098**	**5,525**	

Se ha calculado que se encuentra bajo amenaza de inundación un total de 37 viviendas con un estimado de 185 personas afectadas, la cancha de futbol y la calle de acceso a la parte sur de la comunidad.

Número de pozos de la red de monitoreo que superan en su concentración de metales pesados, nitratos y nitritos la Norma Salvadoreña para agua potable.

En total son 11 pozos de los que al menos en 3 el agua se utiliza para beber.

		Maximo permisible de acuerdo a la Norma Salvadoreña			
		1.00	**45.00**	**0.30**	**0.10**
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Codigo Red de Muestreo	**Uso**	**NO2**	**NO3**	**Fe**	**Mn**
03-AP	Domestico industrial sin consumo	-	1.8360	**0.813640**	0.059870
04-AP	Domestico familiar sin consumo	0.1600	**155.3570**	0.052990	0.011950
05-AP	Domestico familiar	0.1640	1.0470	0.073670	**3.103180**
02-TC	Sin uso	0.1290	**136.5690**	0.060330	0.014180
06-TC	Agricola	-	2.8150	**0.248810**	0.041580
01-SY	Sin uso	**1.5500**	16.8400	0.096030	0.011760
02-SY	Domestico familiar sin consumo	-	**113.1260**	0.105030	**0.502800**
01-IL	Domestico industrial sin consumo	0.5350	1.1290	0.209580	**1.075010**
02-IL	Domestico industrial sin consumo	-	0.8960	**0.564190**	**0.534290**
02-SM	Domestico comunal	0.2030	0.5860	**0.301110**	**0.685070**
03-SM	Domestico comunal	-	1.1050	0.073960	**0.731230**

Número de pozos de la red de monitoreo cuya concentración de agentes microbiológicos supera la Norma Salvadoreña para agua potable. Ninguno de los pozos de la red de monitoreo, cuyas aguas han sido ensayadas en laboratorio, dan resultados que superen la Norma Salvadoreña. El indicador en este caso sería CERO.

V. Bibliografía

Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). 2011. Boletín estadístico. República de El Salvador, C.A.

Baxter, S. 1984. Léxico Estratigráfico de El Salvador. Superintendencia de Energía Comisión de Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador 108 p.

Ferrán, F. 1993. Entre la Guerra y La Conservación, Caso del Río Las Cañas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. Costa Rica.

Fundación Dr. Guillermo Manuel Ungo (FUNDAUNGO)-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2009. Almanaque 262. Estado del desarrollo humano en los municipios de El Salvador, 2009. San Salvador, El Salvador.

Geólogos del Mundo. 2013. Estudio de cuantificación del volumen de extracción de áridos de la cuenca del río Las Cañas en el Municipio de Soyapango. El Salvador.

Guzmán, G. 1999. Historia natural y ecología de El Salvador. Ministerio de Educación. El Salvador, Centroamérica.

Instituto Geográfico Nacional – Centro Nacional de Registros (IGN-CNR). 2000. Atlas de El Salvador: Colección de mapas de El Salvador, representando aspectos físicos, económicos, sociales y culturales. Cuarta Edición, San Salvador, El Salvador.

Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS). 2013. Mortalidad institucional por insuficiencia renal crónica, desagregado por municipio y sexo del 2007 al 2013. El Salvador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2012. Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego. División de Riego y Drenaje Área de Gestión y Tecnología de Riego. El Salvador.

_____. 2013. Uso actual de suelo de la República de El Salvador, C.A. Mapa elaborado por la Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. El Salvador.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2011. Medidas de Control de la Contaminación de los Ríos Tomayate y Las Cañas. Programa Nacional de Reducción de Riesgo. El Salvador.

PNUMA. 2007. Informe del Estado del Medio Ambiente de El Salvador. GEO El Salvador 2003-2006. El Salvador.

Rivas, C; Ferra, F; Faustino, J. 1993. Propuesta para la rehabilitación de la cuenca del río Las Cañas. Documento técnico del Proyecto RENARM/CUENCAS. Turrialba, Costa Rica. 19p.

Santana, D; Mora, Z; Ismael, G. 2005. Evaluación del río Las Cañas, municipio de Soyapango, República de El Salvador. Alcaldía municipal de Soyapango. Centro de Cooperación para el desarrollo. Geólogos del Mundo. El Salvador.

Sebesta, Jiri, 2006. Elaboración de cartografía geomorfológica para incorporar el análisis de riesgo en el plan de desarrollo urbano del área metropolitana de San Salvador. El Salvador.

Wall, J.R.D. 1981. A management plan for the Acelhuate River Catchment. El Salvador: soil conservation, river stabilitation and water pollution. Land Resources Development Centre. U.K. Ministre of Overseas Development. No. 159.

VI. Anexo fotográfico

Vista general de la microcuenca, municipio de Tonacatepeque

Extracción de arena en los márgenes del río, municipio de Apopa

Visita de campo de equipo técnico, municipio de Delgado

Cultivos agrícolas, municipio de San Martín

Visita de campo de equipo técnico, municipio de Ilopango

Vertido de aguas residuales, municipio de San Martín

Aprovechamiento de tierras ribereñas para cultivos agrícolas, municipio Tonacatepeque.	Establecimiento de cultivos limpios en ladera del rio Las Cañas en municipio Tonacatepeque.
Reunión de Comité Intermunicipal para la coordinación de actividades de elaboración del diagnóstico.	Reunión de Comité Intermunicipal para la realización del diagnóstico biofísico de la microcuenca.
Taller sobre la inclusión del género en el proceso de diagnóstico de la situación socioeconómica.	Taller de análisis de la situación socioeconómica con perspectiva de género.