

Plan Director para el Abastecimiento y Saneamiento de Zonas Rurales en Cabañas en la cuenca del Río Titihuapa



Agència Catalana
de Cooperació
al Desenvolupament

Programa PROAIGUA

Reducción de la vulnerabilidad en áreas empobrecidas, a través del acceso al agua potable, el saneamiento y la gestión sostenible de recursos hídricos y del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica. El Salvador

0.- Agradecimientos

Gracias a las comunidades y tanta y tanta gente que participaron durante estos cuatro años e hicieron posible este Plan Director. También agradecer a las alcaldías, a ADES e ISF.

Índice

	Página
1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- CONTEXTO	6
3.- METODOLOGÍA	9
4.- UBICACIÓN DE LA CUENCA Y DIAGNÓSTICO GENERAL	11
4.1.- Situación de la Cuenca del Titihuapa en el Salvador	12
4.2.- Cuencas Hidrográficas y Principales ríos de El Salvador	13
4.3.- Municipios en la Cuenca Hidrográfica y los Principales Afluentes del Río	14
4.4.- Usos del Suelo de la Cuenca del Río Titihuapa	15
4.5.- Formaciones y Miembros Geológicos	16
4.6.- Población en las comunidades de la cuenca norte del río Titihuapa	20
5.- DIAGNÓSTICO DE AGUAS	22
5.1.- Disponibilidad de agua	23
5.1.1.- Pozos y Acuíferos	23
5.1.2.- Manantiales	25
5.2.- Abastecimiento	33
5.2.1.- Abastecimiento de comunidades con Sistemas de Agua de la zona de estudio	33
5.2.2.- Tipo de administración de los sistemas de la Cuenca del Río Titihuapa	35
5.3.- Saneamiento	37
5.4.- Calidad de las aguas	39
5.4.1.- En los Sistemas de Abastecimiento en las Comunidades	39
5.4.2.- En el río	41
5.4.2.1.- Analíticas de los Ríos de la Cuenca del Titihuapa	41
5.4.2.2.- Índice de Calidad del Agua. 2011	48
5.4.2.3.- Analíticas Sedimentos	51
5.4.3.- Focos de contaminación	55
5.5.- Balance Hídrico	59
5.5.1.- Precipitación	59
5.5.2.- Evapotranspiración	60
5.5.3.- Escorrentía	61
5.5.4.- Recarga Potenciales	62
5.6.- Zonas Potenciales de Recarga Acuífera y las Áreas de Recarga	63
6.- PROPUESTAS	64
6.1.- Infraestructura de abastecimiento y saneamiento	65
6.2.- Calidad de las Aguas	66
6.3.- Conservar la disponibilidad del Agua	68
6.4.- Organización	69
6.5.- Instrumentos de trabajo	70
7.- BIBLIOGRAFÍA	71

1

Introducción



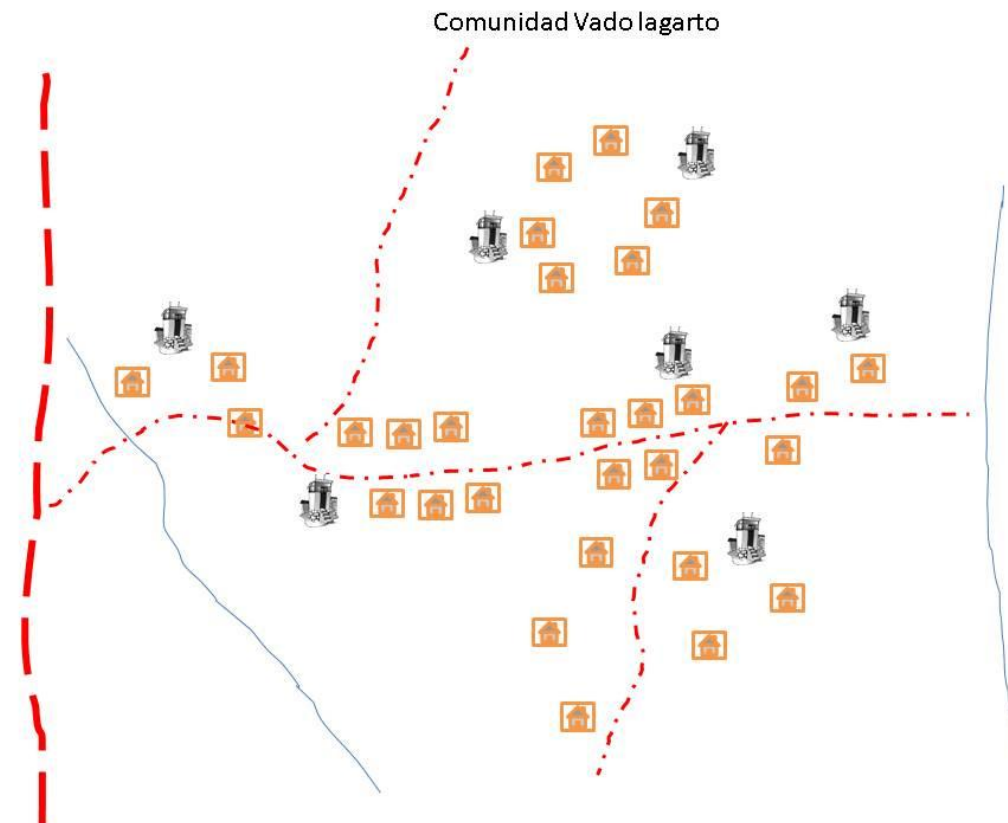
1.- Introducción

La ONG Ingeniería Sin Fronteras (ISF) conjuntamente con la Asociación de Desarrollo Económico Social Santa Marta (ADES) comenzaron a desarrollar el proyecto aquí presente con el objetivo de mejorar la calidad y la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del río Titihuapa, teniendo como el elemento de gestión territorial la cuenca hidrográfica. A través del proyecto que se denominó **“Reducción de la vulnerabilidad en áreas empobrecidas, a través del acceso al agua potable, el saneamiento y la gestión sostenible de recursos hídricos y del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica. El Salvador”**. Se tuvo a lo largo de la vida del proyecto a la cuenca como elemento integrador en la gestión del agua, con la participación de todos los actores, y como idea principal el derecho humano al agua. Bajo estas premisas nació el **Plan Director para el Abastecimiento y Saneamiento de Zonas Rurales en Cabañas en la cuenca del Río Titihuapa**.

ADES e ISF han desarrollado desde el 2009 en la cuenca del Titihuapa un proyecto de diagnóstico de los recursos hídricos existentes (en cantidad y calidad), creando una base de datos con información georreferenciada. Identificando las necesidades de agua y saneamiento de la población, se han diseñado alternativas técnicas de abastecimiento y saneamiento para cada una de las comunidades analizadas, algunas de las cuales ya se han materializado en proyecto o están siendo revisadas por financiadores (como FISDL y Embajada de Japón). En este periodo también se ha trabajado con varias comunidades en la capacitación sobre cómo funciona el recurso hídrico y acciones para protegerlo.

El proyecto fue pensado para una duración de cuatro años, hasta julio de 2012. Este Informe que tiene usted en sus manos es el resultado final del proyecto. Toda la información (Diagnóstico y Propuestas) de la parte de la cuenca del Titihuapa que corresponde al Departamento de Cabañas. Quedando pendiente la parte de la cuenca que

pertenece al margen derecho del río Titihuapa y que coincide mayoritariamente con el Departamento de San Vicente.



2

Contexto



2.- Contexto

El Salvador y el Desarrollo Sostenible

El Salvador es el país ambientalmente más degradado de Latino América, sólo superado por Haití. Claro ejemplo de ello son los Índices de Deforestación, Erosión del Suelo, Pérdida de Biodiversidad y Uso Intensivo de Agroquímicos. Estos índices se encuentran entre los más altos de Continente Americano.

Además a pesar de que el país cuenta con abundante lluvia y cuerpos de agua, el nivel de degradación ambiental y el desarrollo insostenible que predomina pone en peligro la capacidad de la población para abastecerse de agua para su desarrollo futuro. Siendo el agua recurso natural básico para tal desarrollo, esto se traduce fundamentalmente en un problema de reducción de la capacidad del hombre para cosechar, y en la transmisión de enfermedades por el consumo de aguas contaminadas.

La disminución de la recarga de las fuentes subterráneas es el principal problema del Salvador. Esto es debido a relaciones causales complejas vinculadas a la modificación antrópica de los usos del suelo y la deforestación, que conlleva episodios erosivos importantes de los suelos, lo que interfiere con los ciclos hidrológicos y aumenta los volúmenes de sedimentos en ríos y arroyos.

Al mismo tiempo se está reduciendo la capacidad de recarga de los acuíferos subterráneos en la época de lluvias y la regeneración de ríos y ojos de agua durante el verano. Debido a la misma erosión y compactación superficial, así como la eliminación de la superficie vegetal. Este problema se retroalimenta positivamente y da lugar a nuevos problemas ya que la disminución de la capacidad de filtración y almacenaje de agua en el suelo, sobre todo en las partes altas de las cuencas hidrográficas, propicia un flujo más rápido de agua superficial, lo que deriva en inundaciones en la época de lluvias, así como una mayor escasez de agua en la estación seca agravada esta última por el crecimiento de la demanda de agua y la menor infiltración ya mencionada.

Es por ello que este documento se asienta sobre dos

principios básicos, el desarrollo sostenible y la figura de Cuenca como unidad de gestión territorial.

El Desarrollo Sostenible.

El concepto de Desarrollo Sostenible aparece formulado por primera vez en el informe realizado en 1987 por encargo de las Naciones Unidas titulado “Nuestro futuro común”, conocido como informe Brundtland. El nombre proviene de la Dra. Brundtland, encargada de establecer y moderar una Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, comisión que redactó dicho informe. En este documento se define como Desarrollo Sostenible “...el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Esta definición introduce un nuevo concepto a la preocupación medioambiental que es la consideración del planeta como un legado que transmitir a las generaciones futuras, de manera que estas tengan la capacidad de gozar del mismo grado de bienestar que las actuales. Otras definiciones complementan la anterior y la refuerzan a su vertiente ecológica “(...) el Desarrollo Sostenible implica la mejora de la calidad de vida dentro de los límites de los ecosistemas”.

No en tanto, es a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, la denominada Cumbre de Río (1992), cuando el concepto de Desarrollo Sostenible fue aceptado internacionalmente. En esta Cumbre la Comunidad Internacional aprobó una serie de documentos que resultaron básicos en la articulación de las políticas ambientales: Declaración de Río para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Agenda 21, Convenio sobre la Diversidad Biológica y Convenio sobre el Cambio Climático. En la Declaración de Río se acuñó el concepto de Desarrollo Sostenible en una dimensión triple: Economía, Social y Medio Ambiental, que enriquece las anteriores formulaciones meramente ambientalistas. Este modelo de desarrollo deberá compatibilizar las tres dimensiones: económica, social y medioambiental, lo que se dio en llamar triángulo de sostenibilidad. De esta forma, toda la política económica deberá contemplar sus

repercusiones en el medio, con especial incidencia al conjunto de los recursos sostenibles, y a los diferentes programas medioambientales deberán ser compatibles con el desarrollo económico y con el bienestar social. Constituye así un concepto complejo y transversal, soportado en la integración de los tres factores, lo que implica un mayor valor y una mayor dificultad de implementación.

2.- Contexto

La Cuenca como Unidad de Gestión Territorial.

Tanto de modo independiente como interconectada con otras, la cuenca es la unidad territorial más adecuada para la gestión de los recursos hídricos. El problema es si surge con las jurisdicciones político-administrativas, las cuales normalmente no coinciden con los límites territoriales naturales que son las cuencas, por lo que gran parte de las decisiones que van a afectar al ciclo hidrológico, no tienen en cuenta las interrelaciones que ocurren en la totalidad de la cuenca. Es decir, se tiende a fragmentar la gestión del agua por sectores responsables de su aprovechamiento y control, fuente de captación, tipo de usos y otros conceptos similares. Lo que implica, que un recurso compartido y un sistema que debiera ser integrado se gestiona de forma fragmentada, lo que conlleva a situaciones de conflicto en cuanto a la gestión. Es por tanto que los planes de cuenca, son las herramientas que permiten la creación de capacidades de gobernabilidad sobre espacios delimitados por razones naturales, es decir, las cuencas.

El concepto de Cuenca como unidad de gestión territorial para la gestión integrada del recurso agua ha sido puesta en valor en las conferencias internacionales sobre el Recurso Hídrico, claro ejemplo es la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua en Mar de Plata en 1977, donde se recomienda que la Gestión del Agua se haga a nivel de Cuencas, “(...) como cuestión urgente e importante, el establecimiento y fortalecimiento de direcciones de cuenca fluviales, con miras a lograr una planificación y ordenación de esas cuencas más eficientes e integradas respecto a todos los usos del agua”. Es en La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de 1992 en Dublín, El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI, donde se destaca la relación entre la gestión del agua, los usos del suelo y el aprovechamiento del agua a nivel de cuenca, “(...) gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero” y “(...) la entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial”.

También en el Programa 21 de la Conferencia de Naciones Unidas de Río de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo, concretamente en el capítulo 18, se vuelve sobre el mismo concepto de cuenca, “(...) la ordenación integrada de los recursos hídricos, incluida la integración de los aspectos relativos a las tierras y a las aguas, tendría que hacerse a nivel de cuenca o subcuenca de captación” y “(...) la compleja interconexión de los sistemas de agua dulce exige una ordenación global de dichos recursos, basado en la ordenación de las cuencas hidrográficas,”. En la Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible de 1998 en París, se recomendó a las entidades asistentes la organización del territorio en cuencas para la gestión del recurso hídrico “...realización de reformas institucionales, administrativas y económicas, que apunten al establecimiento de organizaciones de cuenca y de autoridades reguladoras nacionales o regionales”.

En la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce, El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible, de 2001 en Bonn, se habla de la cooperación a nivel de cuenca para su gestión y que esta deberá de ser participativa, “(...) clave de la armonía a largo plazo con la naturaleza y con nuestros semejantes reside en arreglos de cooperación a nivel de cuenca hidrográfica” y que “(...) las cuencas hidrográficas son el marco de referencia indicado para la gestión de los recursos hídricos”, destacando que “(...) las cuencas hidrográficas, las cuencas fluviales, los lagos y los acuíferos deben ser el marco de referencia primario para la gestión de los recursos hídricos” y se apremia a que “(...) es preciso crear mecanismos institucionales y participativos a este nivel”.

Todos los conceptos desarrollados en esta introducción han sido aplicados al presente documento, Plan Director para el Abastecimiento y Saneamiento de Zonas Rurales en Cabañas en la cuenca del Río Titihuapa.

3 Metodología



3.- Metodología

Metodología de Intervención

El presente estudio se centró en el reconocimiento de las condiciones técnicas, sociales y económicas, necesarias para abordar la gestión del recurso hídrico en la subcuenca del río Titihuapa, con el fin de mejorar las políticas públicas locales en la gestión del agua y territorio para propiciar la organización de las comunidades en torno a la defensa del derecho humano al agua, mejorar y actualizar las bases de datos y cartografías referentes al recurso hídrico de la zona y generación, publicación y difusión de resultados de análisis obtenidos, atendiendo especialmente a los impactos generados en el territorio, así como la constitución y desarrollo de foros municipales de discusión de políticas hídricas e impactos ambientales en el departamento de Cabañas.

El estudio dio inicio con la recopilación, selección y análisis de la información existente en diferentes instancias como, Centro Nacional Recursos (CNR), alcaldías municipales, Bibliotecas e información de los pobladores de la subcuenca entre otras. Entre la información adquirida, seleccionada y analizada se encuentran mapas cartográficos 1:25000 y 1:50000, tesis y estudios hidrogeológicos elaborados por ANDA en la zona de San Isidro Cabañas, lo que nos permitió delimitar en las copias de los mapas cartográficos la subcuenca del río y determinar puntos de interés tales como los puntos de monitoreo y de contaminación de las aguas del río.

El reconocimiento físico de la cuenca hidrográficas del río Titihuapa se realizó en dos momentos: el primero, seguimos la corriente natural del río y sobre sus riberas con el fin de conocer sobre el río los puntos de monitoreo y contaminación seleccionados previamente en el mapa y georeferenciarlos. El segundo momento se realizó una visita a campo sobre el terreno de la subcuenca, para conocer, priorizar y definir de zonas de intervención.

Definidas las zonas de intervención se procedió a informar a través de lo que se denominó foro municipal a las comunidades y actores locales sobre el proyecto. Al foro asistían dos o tres líderes comunales. Los participantes se

agrupaban por comunidades y se realizaban mesas de trabajo que eran coordinadas por un miembro del proyecto, con el objetivo de realizar en conjunto una programación de visitas a cada una de las comunidades para realizar el levantamiento del diagnóstico. En estos levantamientos participaba toda la comunidad y a través de entrevistas con la gente se recogía la información que se anotaba en una ficha social así como el censo comunitario.

En el levantamiento de diagnóstico se seleccionaban dos o tres miembros de la comunidad para que nos enseñaran todos los nacimientos que existan en la comunidad y aquellos con reboso, utilizando el método volumétrico se aforaban. Se aprovechaba la visita para poner puntos de GPS, en el inicio y fin de la comunidad, las viviendas que se encontraba en el punto más alto, así como los cruces de calle y lugares con mayores concentraciones de viviendas, información que se anotaba en la ficha técnica.

En trabajo de gabinete se vaciaba toda la información registrada en los instrumentos de recolección de información en una base de datos en Microsoft Access.

Se crearon y adaptaron instrumentos de gestión al programa GIS, para la obtención de estadísticas y mapas que permitieron la elaboración de propuestas y diseño de alternativas de solución de agua y saneamiento.

Definidas las propuestas de alternativas inmediatamente se recolectaban las muestras de agua para su respectivo análisis físico químicos- bacteriológicos y de metales pesados para garantizar la calidad del agua del manantial de donde se abastecería la propuesta, e iniciamos la elaboración de la redacción del documento final para poder ser entregado a las diferentes comunidades de la zona de intervención.

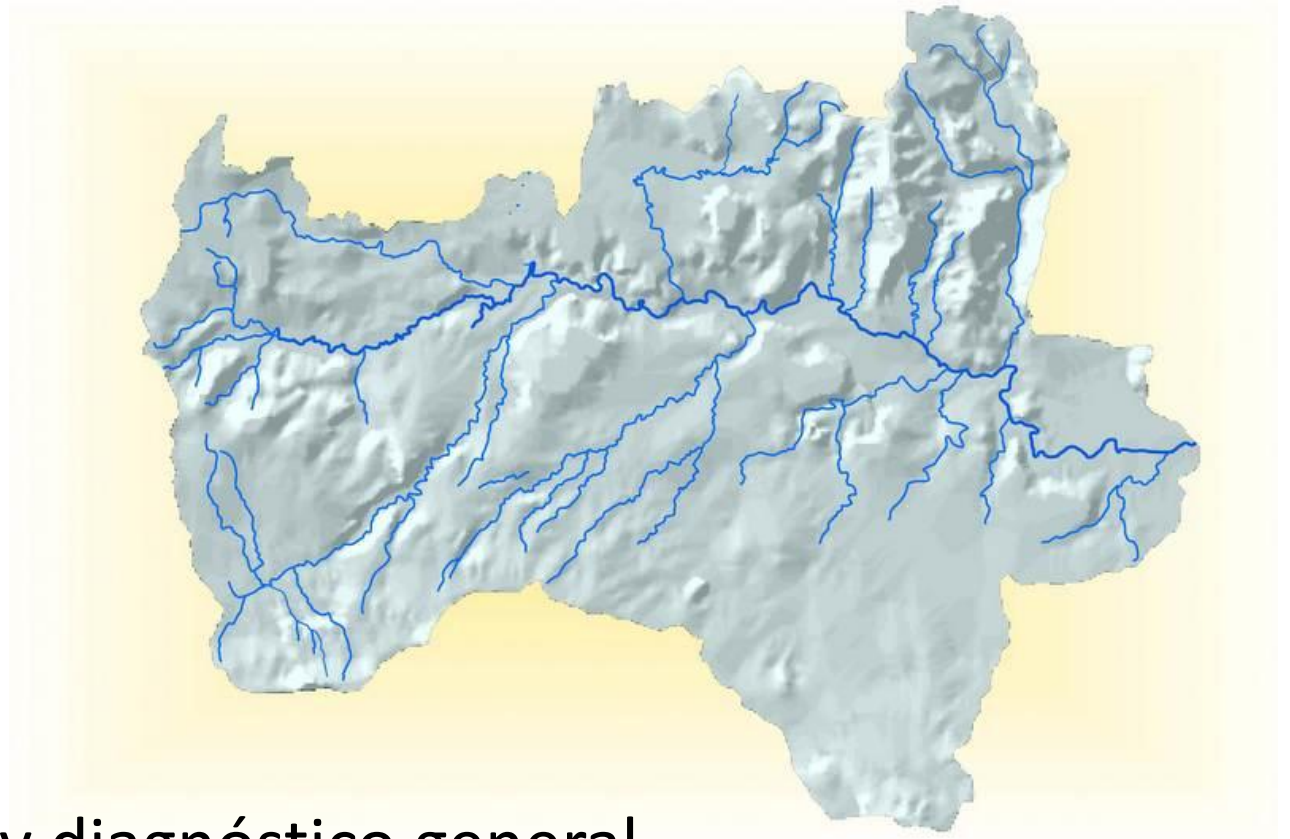
Además se estableció un plan de seguimiento, organización y sensibilización, en torno al plan director de agua y saneamiento para que las y los habitantes de las diferentes comunidades se conviertan en sujetos de derecho y sobre todo hagan suyo el derecho humano al

agua. El plan consistió en programa de radio, elaboración de radios novelas, cuñas radiales, talleres de seguimiento al plan director, medio ambiente, derechos de la persona humana, municipalismo etc.

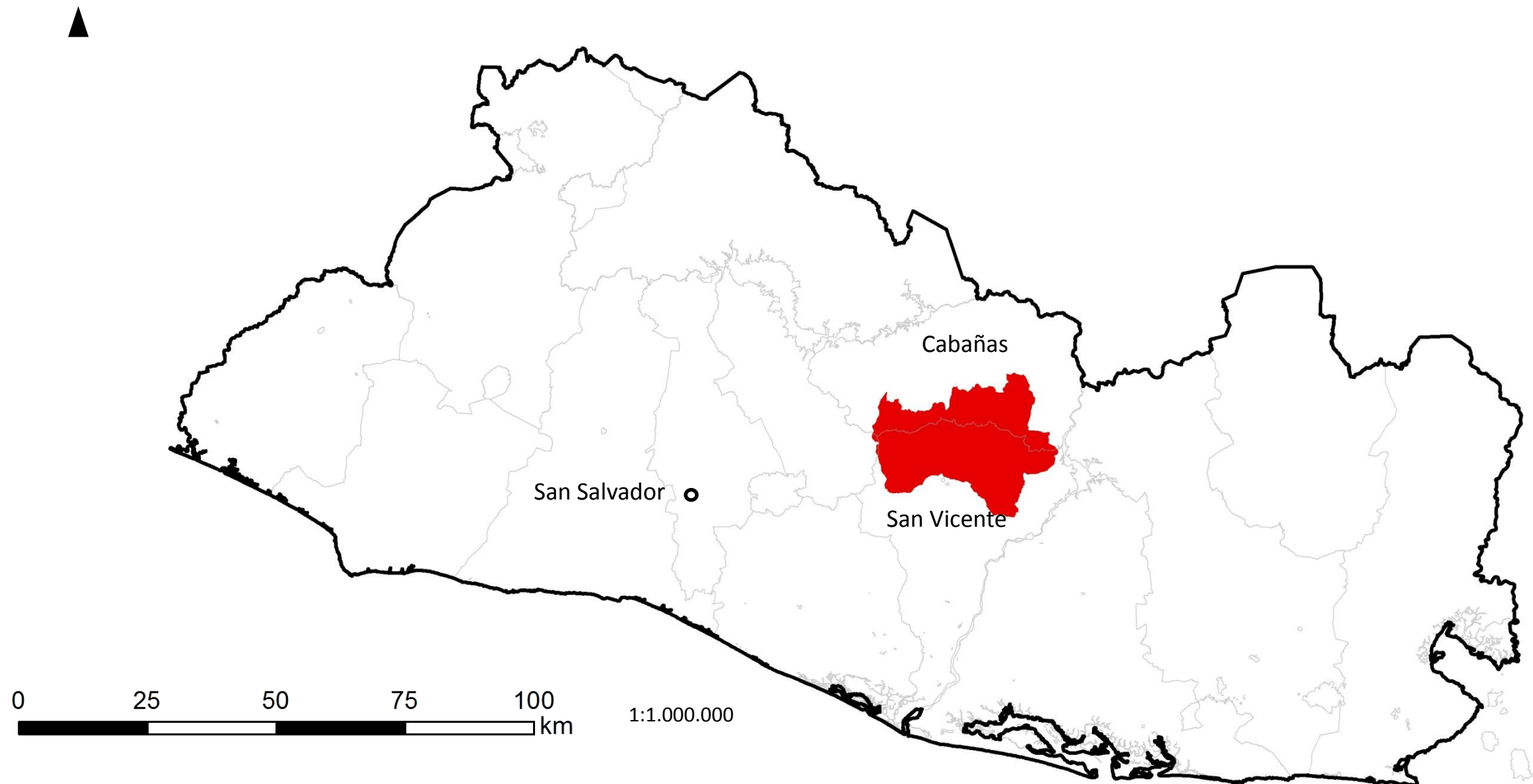
Terminado con este foro de presentación de resultados de los cuatro años de estudio técnico científicos del proyecto **“Reducción de la vulnerabilidad en áreas empobrecidas, a través del acceso al agua potable, el saneamiento y la gestión sostenible de recursos hídricos y del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica. El Salvador”**, proyecto ejecutado por ADES y ESF Catalunya con el financiamiento de AECID y ACCD.

4

Ubicación de la cuenca y diagnóstico general



4.1.- Situación de la Cuenca del Titihuapa en El Salvador



La Cuenca del Titihuapa se encuentra situada en la parte centro oriental de El Salvador, formando parte de los Departamentos de San Vicente, Cuscatlán y Cabañas, este estudio se limita a la parte de la Cuenca que se encuentra dentro del Departamento de Cabañas, teniendo como ámbito de referencia local del área, los Municipios de la cuenca que pertenecen al Departamento de Cabañas: Ilobasco, Sensuntepeque, Guacotecti, Dolores, San Isidro.

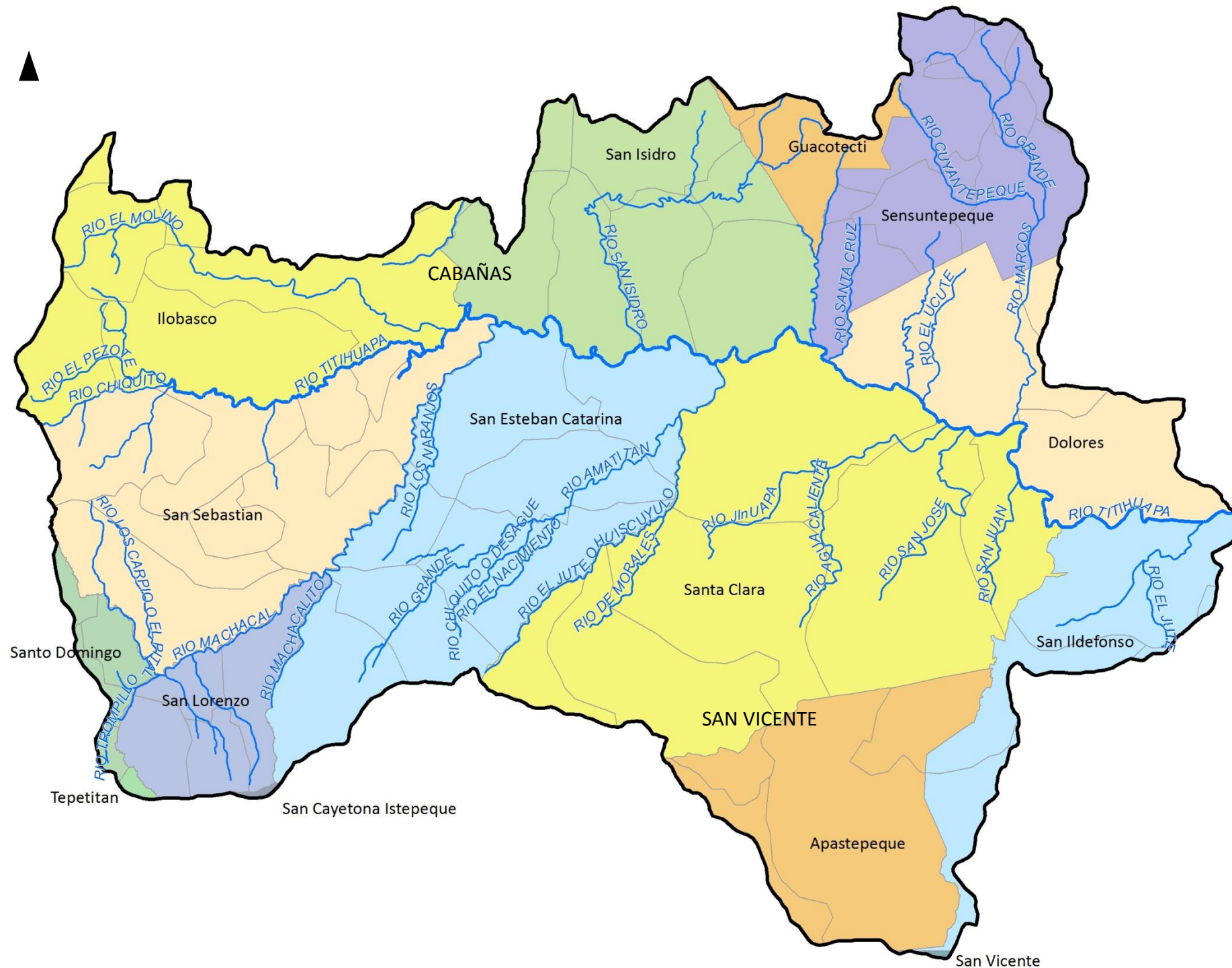
La subcuenca limita al Este con las subcuencas de Quezalapa, Copinolapa, Guayquiquira, Gualpuco y El Salamar y al Oeste con las Subcuencas de La Presa, Las Ahogadas, Las Lajas, Frio, El Coco.

La Cuenca del Titihuapa está comprendida entre las siguientes coordenadas:

Latitud	Longitud
13°50'54,18" N	88°51'11,61" O
13°38'14,54" N	88°35'9,32" O

Coordenadas geográficas North American Datum 1927 (NAD27).

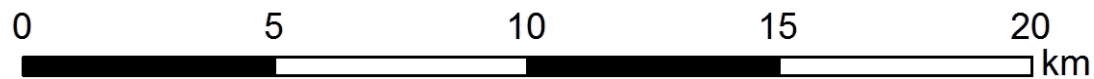
4.3.- Municipios de la Cuenca del Río Titihuapa y los Principales Afluentes del Río



Las cuencas hidrográficas son las unidades básicas de Ordenamiento Territorial, por eso el conocimiento y gestión de los recursos hídricos en una cuenca son importantes para poder crear propuestas de abastecimiento y saneamiento en áreas rurales.

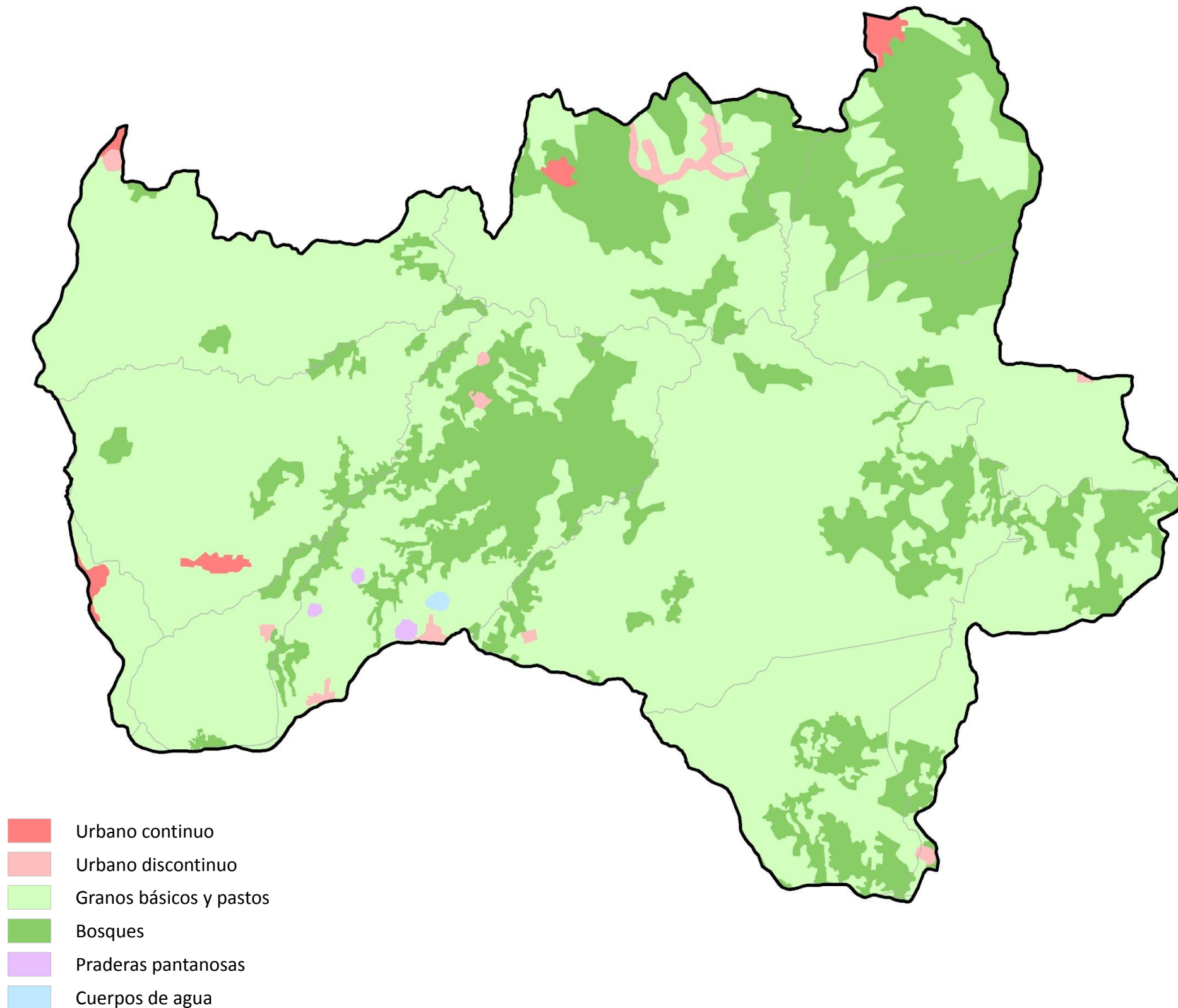
La cuenca hidrográfica del Titihuapa tiene como principal cauce hídrico el Titihuapa y es subsidiario del río Lempa. Esta tiene una extensión de 590km², es decir, aproximadamente un 3% del territorio salvadoreño. El río divide la cuenca en dos zonas, la norte que pertenece al Departamento de Cabañas y la sur al Departamento de San Vicente. Las municipalidades que forman parte de la cuenca son, en el Departamento de Cabañas, Sensuntepeque, Ilobasco, San Isidro, Guacotecti y Dolores y en el Departamento de San Vicente, San Sebastián, Santo Domingo, San Lorenzo, Tepetitán, San Cayetano Istepeque, San Esteban Catarina, Santa Clara, Apastepeque, San Vicente y San Ildefonso.

El río Titihuapa recorre unos 40 kilómetros desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Lempa, teniendo como principales afluentes tributarios los ríos del Departamento de Cabañas el río Molino, el río San Isidro y el río Marcos, y los afluentes del Departamento de San Vicente el río Naranjos, el río Machacal, el río Amatitán y el río Aguacaliente.



1:150.000

4.4.- Usos del Suelo de la Cuenca del río Titihuapa



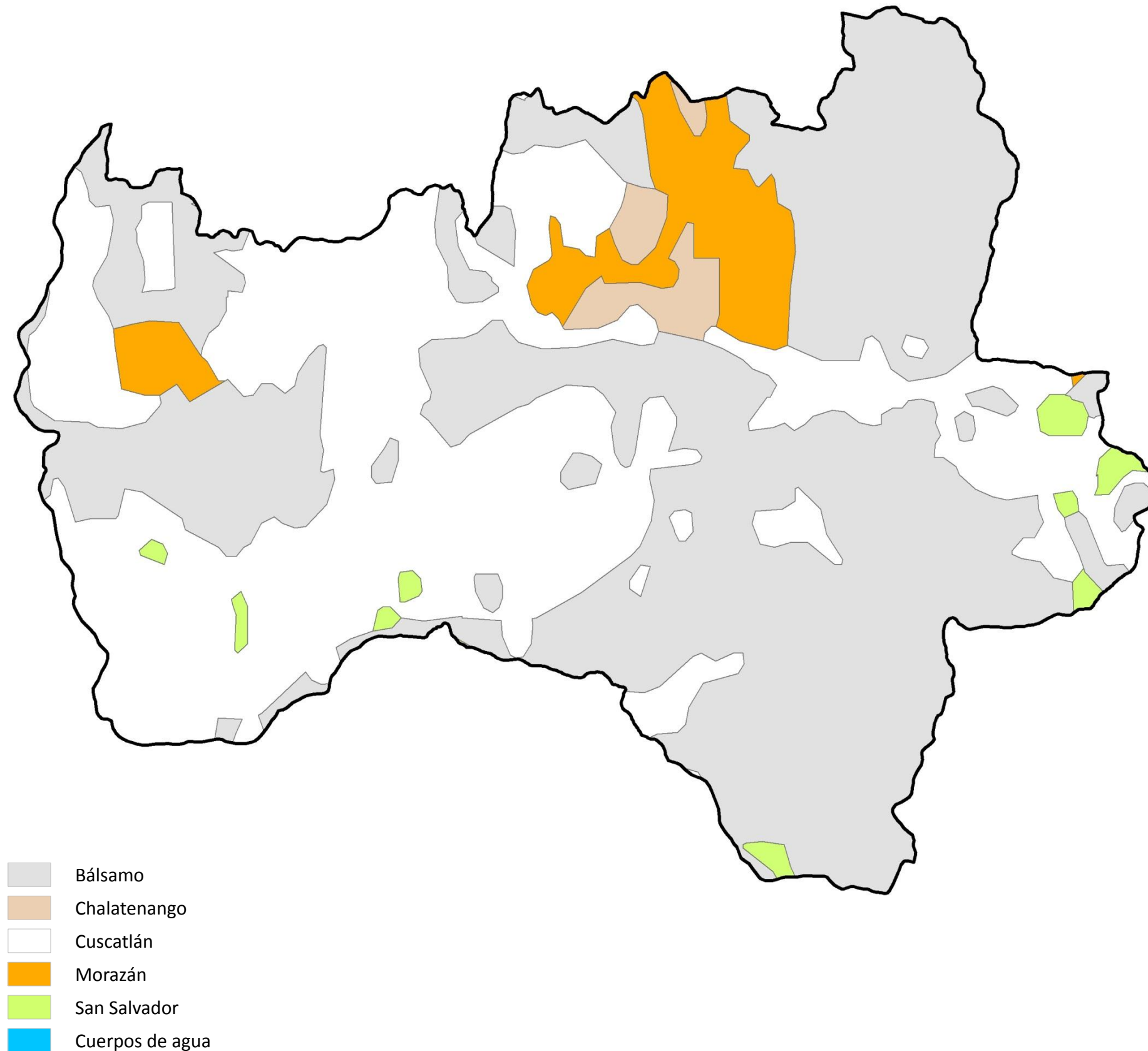
Los Usos del Suelo del Titihuapa se caracterizan por ser básicamente en su mayoría agrícolas, de tipo granos básicos y pastos. En la zona del norte y oeste hay una presencia mayor de bosques, sobretudo por la zona de Sensuntepeque y Guacotecti. Hay un continuo proceso de deforestación de los bosques de la zona por la práctica de la agricultura y la ganadería extensiva. Este proceso de deforestación de los bosques conlleva, en la estación lluviosa, un proceso de erosión significativo.

Las actividades económicas se pueden observar en este mapa. La actividad económica dominante es la agricultura. En las áreas urbanas hay actividad secundaria y terciaria, la presencia económica es mucho menor. La agricultura es la mayor causa de deforestación de la región. Las consecuencias de la deforestación están explicadas en el apartado 5.4.3. Focos de Contaminación.

El conocimiento de los usos del suelo y las actividades económicas en este estudio es importante para calcular las área de recarga de los manantiales y conocer que tipo de actuación hay que proponer para su protección.

Las áreas urbanas más importantes que aparecen en la cuenca son: San Isidro, Sensuntepeque, San Francisco el Dorado, Ilobasco, Santo Domingo y San Sebastián.

4.5.- Formaciones y Miembros Geológicos



La geología de El Salvador es muy reciente como resultado del levantamiento geológico de El Salvador. Este levantamiento es debido a la confluencia de las placas tectónicas de Cocos (oceánica) y la del Caribe (continental). El margen tectónico es activo, que produce la subducción de la placa de Cocos bajo la del Caribe, proceso debido a la diferencia de densidad entre placas, la oceánica que es más densa y se va hundiendo bajo la placa continental. Esta convergencia de placas se está produciendo desde finales del Mesozoico hasta la actualidad y tiene una zona de influencia de unos 1100Km desde Guatemala a Costa Rica. La dirección de Choque de placas es Noroeste – Sureste. Es por este fenómeno de subducción por lo que no se encuentran manifestaciones previas al Jurásico, tampoco existen secuencias del Paleozoico y del Precámbrico, ni del Mesozoico, no hay manifestaciones litológicas del Triásico. Esto quiere decir que toda la estratigrafía de El Salvador pertenece a la segunda mitad del Mesozoico (Jurásico tardío) y Cenozoico (Terciario y Cuaternario), el Cenozoico representa el 95% de los afloramientos.

Se diferencian en El Salvador dos secuencias claramente, una primera que es básicamente sedimentaria, de tipo superficial, periférica en su distribución y una dominante, ampliamente extendida y una más reciente, la cual es sobre todo volcánica.

4.5.- Formaciones y Miembros Geológicos

Las formaciones geológicas de la zona de estudio

En la cuenca sólo hay rocas pertenecientes a la secuencia volcánica .

Fundamentalmente estas formaciones son de tipo andesítico, es decir, de quimismo intermedio con tonalidad violeta y una potencia de 100m, atribuido al Albiense, comienzo del Cretácico Superior.

Serie Volcánica Morazán, Chalatenango, Bálsamo y Cuscatlán. Gran conjunto litológico que corresponde a una sucesión alternante de afloramientos magmáticos, los cuales se manifiestan como rocas intrusivas plutónicas minoritariamente y de forma predominante como rocas volcánicas. Apareciendo en nuestra zona sólo rocas de tipo volcánico.

El carácter volcánico de esta macroserie se manifiestas como lavas originalmente líquidas, o bien como piroclastos volcánicos sólidos, lo cuales en general aparecen como piroclastitas y también cenizas o tobas cuando estas están consolidadas.

Cuando los piroclastos se meteorizan se denominan epiclastitas. Las lavas se asocian a procesos volcánicos más tranquilos y los piroclastos a procesos de tipo explosivo.

Esta tipología litológica se repite en las cuatro formaciones fundamentales del magmatismo – volcánico de El Salvador (Morazán, Chalatenango, Bálsamo y Cuscatlán) tan sólo la formación de San Salvador es más compleja, la cual se desarrollará en el próximo apartado.

Estas formaciones presentan manifestaciones magmáticas, lavas, piroclastos e intrusiones, siendo las lavas la manifestación preponderante. Las formaciones se diferencian, así mismo, por quimismo específico, ácido, intermedio y básico, dando lugar las formaciones volcánicas a rocas de tipo basáltico, andesítico y dacítico – riolítico y las formaciones intrusivas dan lugar a rocas de carácter granítico, diorítico y graboide.

Las cuatro formaciones descritas determinan tres episodios de carácter ácido que alternan con episodios no ácidos.

La formación más antigua, la Morazán, se pueden distinguir dos niveles, uno de base ácido y otro superior intermedio – ácido. Chalatenango más moderno vuelve a ser ácido. Estas series son del vulcanismo más antiguo del Mioceno.

En las series del Bálsamo y Cuscatlán, series más reciente del Plioceno y Cuaternario se da una situación similar. La formación del Bálsamo está formada por lavas básico – intermedias, en tanto que la de Cuscatlán superior presenta dos niveles: uno ácido de base y otro básico – intermedio superior.

También cabe destacar la alteración hidrotermal que ha sufrido la formación Morazán, esta alteración hidrotermal ha enriquecido en sulfuros metálicos la formación. Sulfuros metálicos que en contacto con el oxígeno superficial, por razones naturales o antrópicas se oxidan dando problemas de contaminación por metales y metaloides. Esto es debido al aumento de la solubilidad de los metales por la bajada del pH que se produce en la oxidación de los sulfuros. Este proceso hidrotermal también genera altas concentraciones de metales, entre ellos metales preciosos como la plata y el oro, concentraciones que hacen viable, desde el punto de vista económico, su explotación, pero que causa graves daños al entorno. En menor medida la formación del Bálsamo también sufre alteración hidrotermal.

Desde el punto de vista químico – litológico cabría diferenciar para este tramo 6 niveles. En cada uno de los niveles suceden fases de lavas (efusivas), y de piroclastitas, no de forma pura, ya que en las lavas aparecen niveles intercalados de piroclastos y viceversa. Este fenómeno se produce a todos los niveles. También ha sufrido alteración hidrotermal aunque en menor medida la formación del Bálsamo.

Formación de San Salvador. La Formación San Salvador es la más reciente, se asienta desde el Cuaternario hasta la actualidad (Pleistoceno y Holoceno).

Se repite la mezcla anterior entre lavas volcánicas y piroclastos, cenizas y epiclastitas, existiendo materiales de tipo intermedio – básico (andesítico – basáltico) y de tipo ácido, dacítico, tanto en las lavas como en los materiales piroclásticos. Si bien, las lavas son en mayor medida intermedias – básicas, dado que derivan de erupciones moderado – tranquilas, los materiales piroclásticos son de carácter ácido, asociadas a vulcanismo explosivo.

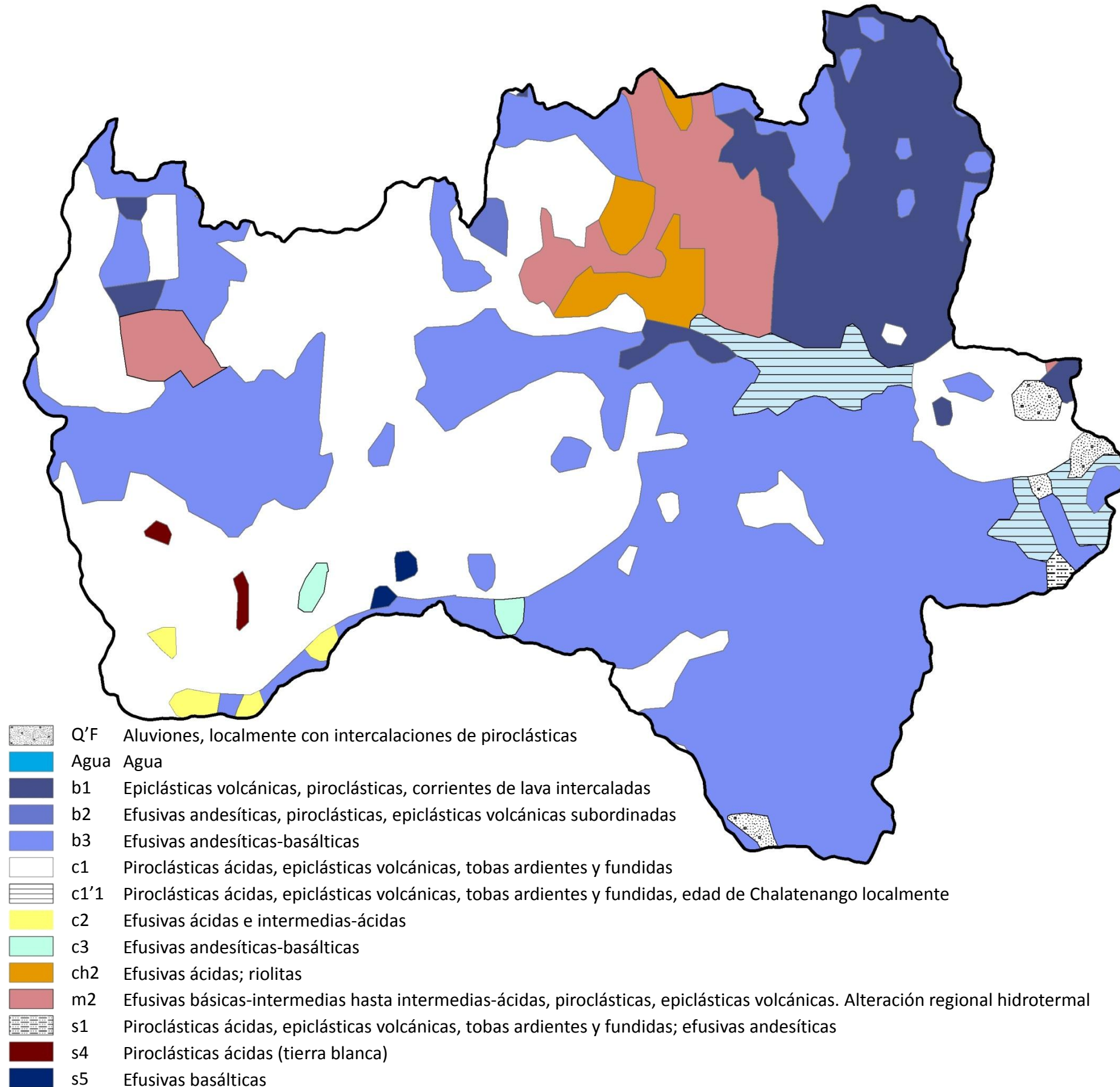
En los materiales piroclásticos se produce una diferenciación según el color, se manifiesta en terreno con marrón y blanca, que corresponde a lo que se denomina como Tobas Color Café y Serie Blanca, hay que apuntar que en la zona de estudio sólo se encuentra la serie blanca (tierra blanca).

A esto habría que añadir los materiales sedimentarios resultado de la acción de los ríos y de la dinámica de vertientes, especialmente los flujos de bloques. Los aluviones presentan características comunes de las formaciones cuaternarias a nivel mundial.

Los flujos de bloques se consideran desencadenados tanto por contextos de intensas precipitaciones como tras sacudidas sísmicas y presentan por lo general una extensión local.

Las formaciones de la serie San Salvador son formaciones volcánicas referidas a focos volcánicos individuales, que en las formaciones anteriores (Bálsamo, Chalatenango, Cuscatlán, Morazán) no pueden ser reconocidas en muchos de los casos.



















4.5.- Formaciones y Miembros Geológicos



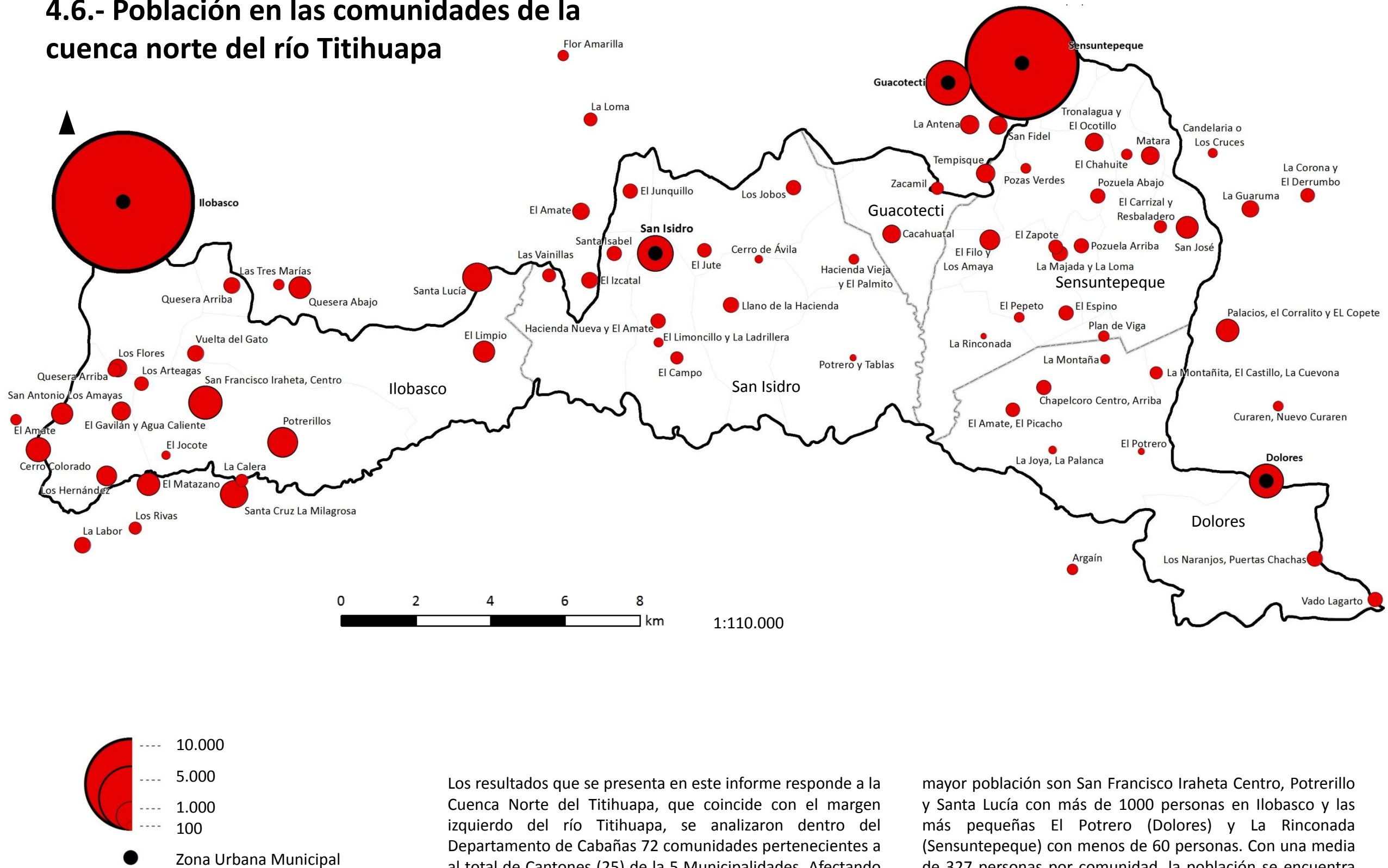
Fuente:: Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales MARN

4.5.- Miembros Geológicos

Estratigrafía. Miembros de las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio.

GEOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	FORMACIÓN
 b1	Epiclásticas volcánicas, piroclásticas, corrientes de lava intercaladas	Bálsamo 
 b2	Efusivas andesíticas, piroclásticas, epiclásticas volcánicas subordinadas	
 b3	Efusivas andesíticas-basálticas	
 c1	Piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas	Cuscatlán 
 c1'l	Piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas, edad de Chalatenango localmente	
 c2	Efusivas ácidas e intermedias-ácidas	
 c3	Efusivas andesíticas-basálticas	
 ch2	Efusivas ácidas; riolitas	Chalatenango 
 m2	Efusivas básicas-intermedias hasta intermedias-ácidas, piroclásticas, epiclásticas volcánicas. Alteración regional por influencia hidrotermal	Morazán 
 Q'f	Aluviones, localmente con intercalaciones de piroclásticas	San Salvador 
 s1	Piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas; efusivas andesíticas	
 s4	Piroclásticas ácidas (tierra blanca)	
 s5	Efusivas basálticas	

4.6.- Población en las comunidades de la cuenca norte del río Titihuapa



Los resultados que se presenta en este informe responde a la Cuenca Norte del Titihuapa, que coincide con el margen izquierdo del río Titihuapa, se analizaron dentro del Departamento de Cabañas 72 comunidades pertenecientes a al total de Cantones (25) de la 5 Municipalidades. Afectando directamente a una población total de 68,091 habitantes, de los cuales 44,556 pertenecen a las áreas urbanas de cada municipio y 23,535 a la población rural. Las comunidades con

mayor población son San Francisco Iraheta Centro, Potrerillo y Santa Lucía con más de 1000 personas en Ilobasco y las más pequeñas El Potrero (Dolores) y La Rinconada (Sensuntepeque) con menos de 60 personas. Con una media de 327 personas por comunidad, la población se encuentra dispersa, siendo la parte este de Ilobasco y los márgenes más cercanos al río Titihuapa los más deshabitados.

4.6.- Tabla de población de las comunidades de el área de estudio

Municipio	cantón	Nombre Comunidad	Habitantes	Municipio	cantón	Nombre Comunidad	Habitantes
Ilobasco	San Francisco Iraheta	San Francisco Iraheta, Centro	1371	Dolores	Chapelcoro	Chapelcoro Centro, Arriba	264
Ilobasco	San Francisco Iraheta	Potrerrillos	1081	San Isidro	Potrero los Batres	Hacienda Nueva y El Amate	264
Ilobasco	Maquilishuat	Santa Lucía	1027	San Isidro	Izcatal	Santa Isabel	257
Ilobasco	Santa Cruz	Santa Cruz La Milagrosa	927	Sensuntepeque	Cuyantepeque	El Zapote	250
Ilobasco	Cerro Colorado	Cerro Colorado	754	Sensuntepeque	El Aguacate	La Corona y El Derrumbo	248
Ilobasco	Santa Cruz	El Matazano	640	Dolores	Cañafistula	El Amate, El Picacho	234
Sensuntepeque	Río Grande	Palacios, el Corralito y EL Copete	637	San Isidro	Los Jobos	El Jute	234
Sensuntepeque	Río Grande	San José	599	Ilobasco	Agua Zarca	Los Arteagas	230
Ilobasco	Los Llanitos	Quesera Abajo	596	San Isidro	Izcatal	Las Vainillas	227
Ilobasco	Maquilishuat	El Limpio	584	Ilobasco	Agua Zarca	Quesera Arriba	221
Ilobasco	Agua Zarca	San Antonio Los Amayas	558	San Isidro	El Amate	La Loma	206
Ilobasco	La Labor	Los Hernández	500	Sensuntepeque	Río Grande	El Carrizal y Resbaladero	198
Sensuntepeque	Cunchique	Sensuntepeque	498	Ilobasco	La Labor	Los Rivas	198
Ilobasco	Agua Zarca	El Gavilán y Agua Caliente	427	Dolores	Chapelcoro	La Montañita, El Castillo, La Cuevona	197
Guacotecti	Tempisque	La Antena	423	San Isidro	Potrero los Batres	El Campo	197
Guacotecti	Tempisque	Tempisque	420	Guacotecti	Tempisque	Zacamil	189
Guacotecti	Tempisque	Cacahuatal	402	Ilobasco	San Francisco Iraheta	La Calera	184
Sensuntepeque	Río Grande	Matara	396	Sensuntepeque	Río Grande	El Chahuite	159
Ilobasco	Agua Zarca	Los Flores	396	Dolores	Cañafistula	Argaín	154
Sensuntepeque	Tronalagua	Tronalagua y El Ocotillo	387	San Isidro	El Amate	Flor Amarilla	154
Guacotecti	El Bañadero	San Fidel	380	Ilobasco	Cerro Colorado	El Amate	152
Sensuntepeque	El Aguacate	La Guaruma	351	Ilobasco	Los Llanitos	Las Tres Marías	147
San Isidro	El Amate	El Amate	348	Sensuntepeque	Río Grande	Plan de Viga	142
Ilobasco	San Francisco Iraheta	Vuelta del Gato	334	Guacotecti	Tempisque	Pozas Verdes	138
Ilobasco	Los Llanitos	Quesera Arriba	325	Dolores	Curaren	Curaren, Nuevo Curaren	130
Ilobasco	La Labor	La Labor	318	San Isidro	San Francisco	Hacienda Vieja y El Palmito	130
San Isidro	Izcatal	El Izcatal	313	Sensuntepeque	Cuyantepeque	El Pepeto	123
Dolores	Cañafistula	Los Naranjos, Puertas Chachas	301	Dolores	Chapelcoro	La Montaña	119
San Isidro	Llano de la Hacienda	Llano de la Hacienda	301	San Isidro	Potrero los Batres	El Limoncillo y La Ladrillera	119
Sensuntepeque	Cuyantepeque	La Majada y La Loma	292	Sensuntepeque	El Aguacate	Candelaria o Los Cruces	106
San Isidro	El Amate	El Junquillo	280	Ilobasco	San Francisco Iraheta	El Jocote	97
Sensuntepeque	Río Grande	Pozuela Abajo	279	Dolores	Chapelcoro	La Joya, La Palanca	79
Sensuntepeque	Río Grande	Pozuela Arriba	279	San Isidro	Los Jobos	Cerro de Ávila	79
Dolores	Chapelcoro	Vado Lagarto	279	Dolores	Chapelcoro	El Potrero	58
San Isidro	Los Jobos	Los Jobos	279	San Isidro	Potrero y Tabla	Potrero y Tablas	58
Sensuntepeque	Cuyantepeque	El Espino	268	Sensuntepeque	Cunchique	La Rinconada	43

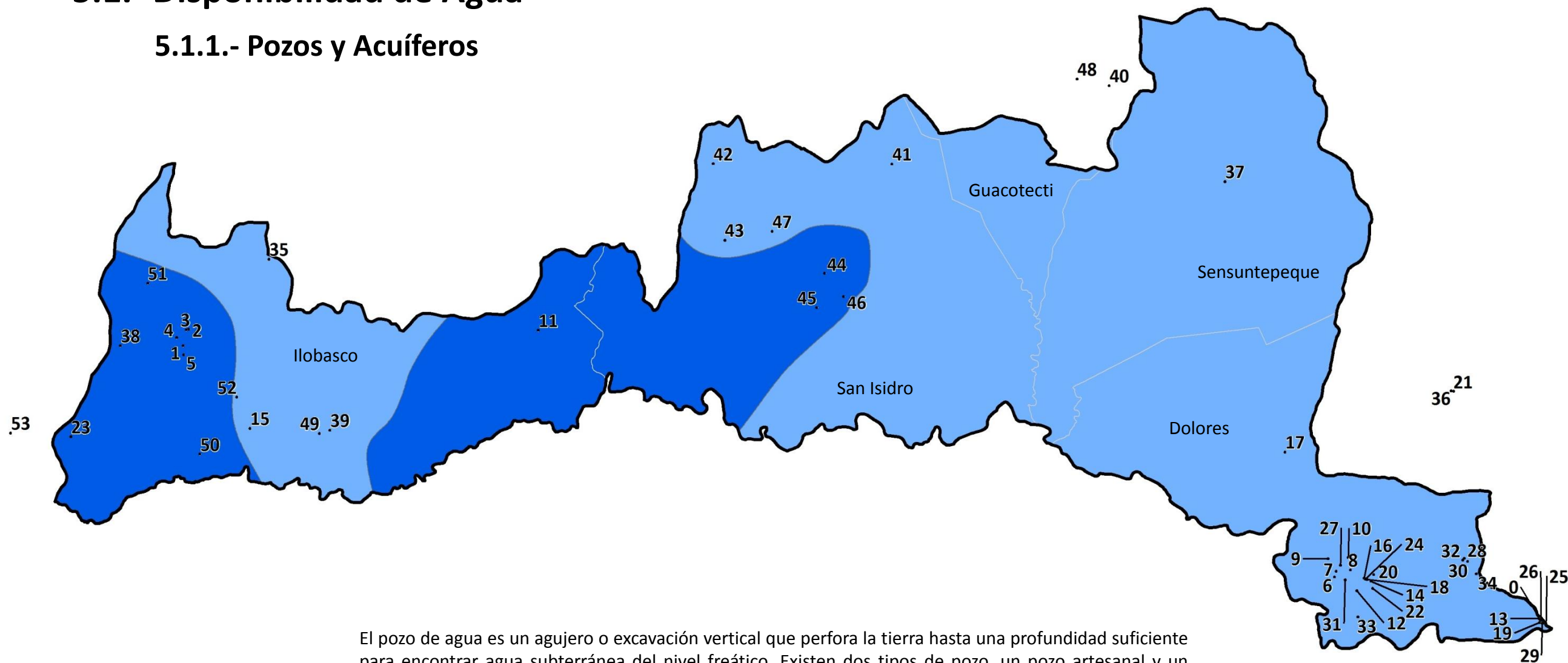
5

Diagnóstico de aguas



5.1.- Disponibilidad de Agua

5.1.1.- Pozos y Acuíferos



El pozo de agua es un agujero o excavación vertical que perfora la tierra hasta una profundidad suficiente para encontrar agua subterránea del nivel freático. Existen dos tipos de pozo, un pozo artesanal y un pozo perforado tipo barrena. En la cuenca encontramos diferentes pozos, que están representados y numerados en el mapa de esta sección. Los pozos identificados del 1 hasta el 39 y el pozo 50 son pozos artesanales para diferentes comunidades. El pozo 36 y del 40 al 53 son pozos perforados tipo barrena. Los propietarios de los pozos artesanales suelen ser los mismos que los del terreno en que se encuentra, en cambio los propietarios de la mayoría de los pozos perforados son comunitarios o de propiedad pública como ANDA o de empresas mineras.

La mayoría de pozos artesanales están en los municipios de Ilobasco y Dolores, mientras que los pozos perforados se encuentran en el curso medio del río Titihuapa, en el municipio de San Isidro. Lugar donde está la área de concesión de prospecciones mineras del proyecto «El Dorado».

- Agua Dulce Estacionalmente Disponible
- Agua Dulce Localmente Abundante

5.1.- Disponibilidad de Agua

5.1.1.- Pozos y Acuíferos

Clave	Descripción	Propietario	Tipo	Clave	Descripción	Propietario	Tipo
0	Agua del sistema monitoreado en Casa de David Chopin.	Sistema el Vado	Pozo Perforado	27	Broquel de María Ester Hernández	María Ester Hernández	Pozo
1	Broquel		Pozo	28	Broquel de María Isabel Mercado	María Isabel Mercado	Pozo
2	Broquel		Pozo	29	Broquel de María Leida Campos	María Leida Campos	Pozo
3	Broquel		Pozo	30	Broquel de María Luz Emilia Calles	María Luz Emilia Calles	Pozo
4	Broquel		Pozo	31	Broquel de Matilde Hernández	Matilde Hernández	Pozo
5	Broquel		Pozo	32	Broquel de Olimpia Hernández	Olimpia Hernández	Pozo
6	Broquel 1 de José Adeliario Hernández.	Adeliario Hernández	Pozo	33	Broquel de Tito Aguilar	Tito Aguilar	Pozo
7	Broquel 2 de Adeliario Hernández (Para Tomar)	Adeliario Hernández	Pozo	34	Broquel Escuela Los Naranjos.	Escuela Los Naranjos	Pozo
8	Broquel de Alfonso Baires Zelaya	Alfonso Baires Zelaya	Pozo	35	Broquel Familiar		Pozo
9	Broquel de Alfredo Hernández	Alfredo Hernández	Pozo	36	Pozo Perforado por Alcaldía no se utiliza.	Municipalidad	Pozo Perforado
10	Broquel de Antonia	Antonia	Pozo	37	Pozo El Mango	Miguel Mendoza	Pozo
11	Broquel de Carlos Ayala	Carlos Ayala	Pozo	38	Pozo artesanal	Carla Marilú Escobar	Pozo
12	Broquel de Carmen Martínez Reyes	Carmen Martínez Reyes	Pozo	39	Pozo Chilindrón	Comunidad	Pozo Perforado
13	Broquel de Ezequiel Amaya	Ezequiel Amaya	Pozo	40	Pozo del Borbollón. Sistema privado	Cesar Ernesto Hernández	Pozo Perforado
14	Broquel de Evelin Margarita Hernández.	Evelin Margarita Hernández	Pozo	41	Pozo Perforado Particular	NS	Pozo Perforado
15	Broquel de Filadelfio Areas	Filadelfio Areas	Pozo	42	Pozo Sistema PLAN	Municipalidad	Pozo Perforado
16	Broquel de Francisco Fidel Ramos Velis	Francisco Fidel Velis	Pozo	43	Pozo Perforado Pacific Rim	Municipalidad	Pozo Perforado
17	Broquel de Isidoro Castro	Isidoro Castro	Pozo	44	Pozo Perforado Particular	Amaya	Pozo Perforado
18	Broquel de José Antonio García	José Antonio García	Pozo	45	Pozo Perforado Particular	Rodrigo Chaves	Pozo Perforado
19	Broquel de José Isidro Quinteros	José Isidro Quinteros	Pozo	46	Pozo Perforado Pacific Rim	ADESCO	Pozo Perforado
20	Broquel de José Raúl Iraheta	José Raúl Iraheta	Pozo	47	Pozo ANDA	ANDA	Pozo Perforado
21	Broquel de Juan José Hernández	Juan José Hernandez	Pozo	48	Pozo del sistema de Guacotecti y Sensuntepeque	ANDA	Pozo Perforado
22	Broquel de la Escuela	Escuela	Pozo	49	Pozo del sistema de la cancha	Comunidad	Pozo Perforado
23	Broquel de la Niña Irma	Adrián Crespín	Pozo	50	Pozo El Mango	José Antonio Ramires	Pozo
24	Broquel de Lucio Velis	Lucio Velis	Pozo	51	Pozo perforado Ingeniero Basili	Inversiones Hidráulicas	Pozo Perforado
25	Broquel de Luis Adrián Ramos.	Luis Adrián Ramos	Pozo	52	Pozo Perforado sistema comunitario	Comunidad	Pozo Perforado
26	Broquel de Manuel Antonio Cortez	Manuel Antonio Cortez	Pozo	53	Pozo perforado Ingeniero Basili	Inversiones Hidráulicas	Pozo Perforado

5.1.- Disponibilidad de Agua

5.1.2.- Manantiales

Un manantial o naciente es una fuente de agua natural que brota de la tierra, entre las rocas o entre fallas. Los manantiales pueden ser agua brotando temporal o permanentemente. El objetivo del proyecto es encontrar los manantiales que son usados por las comunidades para poder analizarlos y a partir de la información conseguida, poder realizar propuestas de saneamiento y calidad de las aguas.

Para ello se siguió una metodología, primero se realizaron las visitas técnicas a los manantiales de agua de las comunidades y para ello fue necesario realizar con anticipación la coordinación con las y los líderes comunitarios. Una vez establecida la coordinación se acordaron fechas para realizar las visitas técnicas a los manantiales.

Se visitaron todos los manantiales, ya sean las permanentes o temporales, que las personas de la comunidad usan. En total se contabilizaron 361 manantiales y 53 pozos.

Para el monitoreo de los manantiales se utilizó un Kit de herramientas necesarias consistentes en: un potenciómetro, un GPS, probetas graduadas, ficha técnica y una cámara fotográfica. Se medían cuatro parámetros Básicos: el pH, la Conductividad Eléctrica, los Sólidos Totales Disueltos y la Temperatura. Se georeferenciaba el manantial para un posterior mapeo. El aforo se practicaba en todos aquellos manantiales que presentaban las condiciones para hacerlo, los datos se anotaron en la ficha técnica respectiva y se tomó el registro fotográfico respectivo.

También se recogía la mayor cantidad de información para crear una base de datos social y técnica. Se hacían anotaciones del lugar donde se encontraban los manantiales, el tipo de vegetación del lugar, la situación legal del manantial y el nombre del propietario del terreno donde se encontraron los manantiales. Se recogía la mayor cantidad de información.

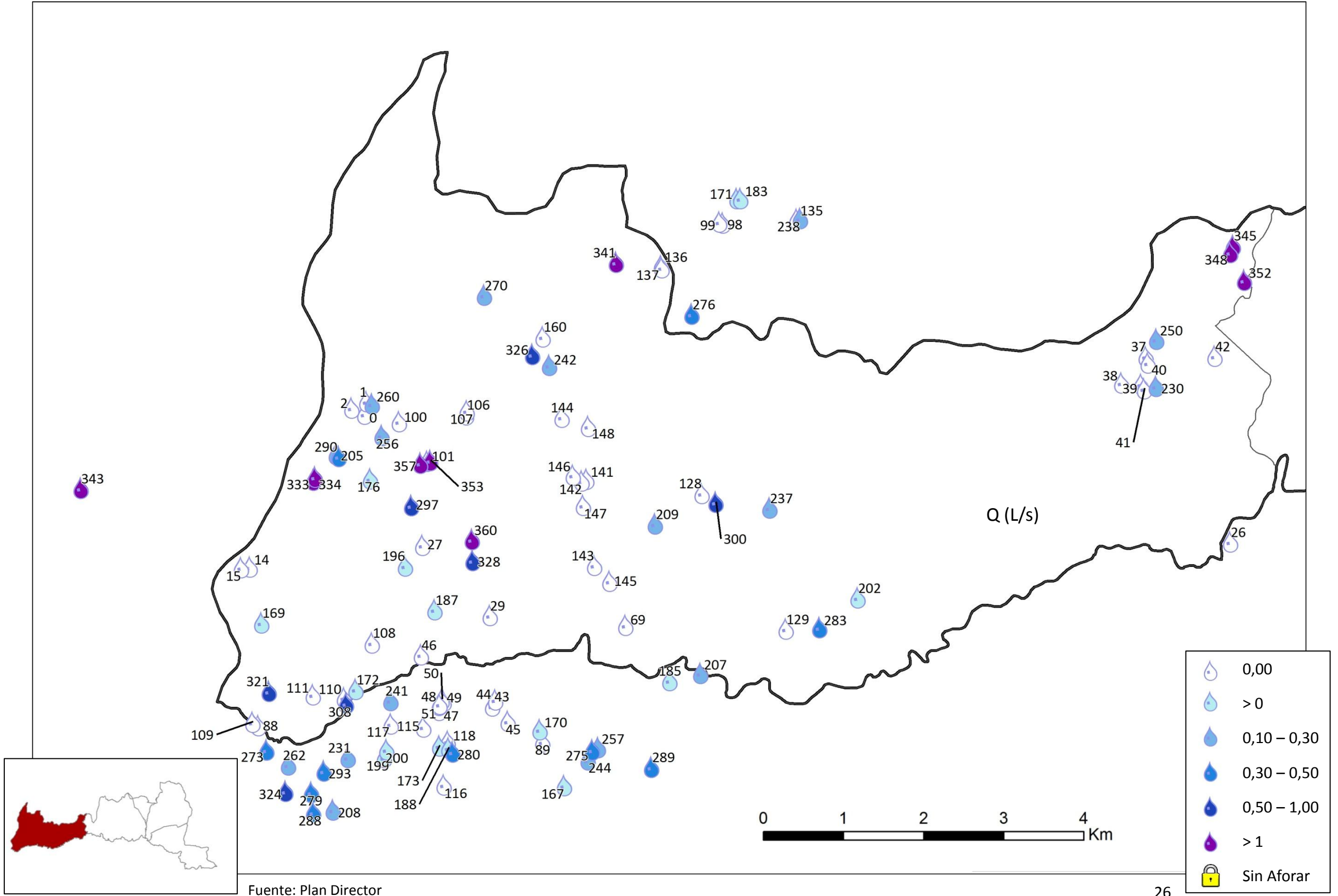
Una vez recopilado, digitalizado y georeferenciado la información de la situación de los manantiales se utilizaron herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y esto nos sirvió para (i) seleccionar los manantiales que se utilizarían para elaborar alternativas de proyectos de agua que pudieran abastecer a las comunidades intervenidas con el proyecto. (ii) Los manantiales seleccionadas para trabajar alternativas se les tomaron muestreos para llevarlas a laboratorios y realizar análisis Físico, Químico y Bacteriológico del agua. (iii) Si en el monitoreo técnico se encontraban manantiales pequeños con parámetros básicos fuera del rango normal representando riesgo de salud para las personas, se realizó el muestreo en el laboratorio para comprobar la calidad de agua del manantial.

Este trabajo se hizo en cada una de las comunidades intervenidas y se elaboró un documento final que fue entregado a cada una de las comunidades intervenidas con los resultados de la investigación y el diseño de las propuestas de alternativas de sistemas de agua trabajados de aquellos manantiales que presentan caudal suficiente para abastecer un sistema de agua comunitario.



5.1.- Disponibilidad de Aguas

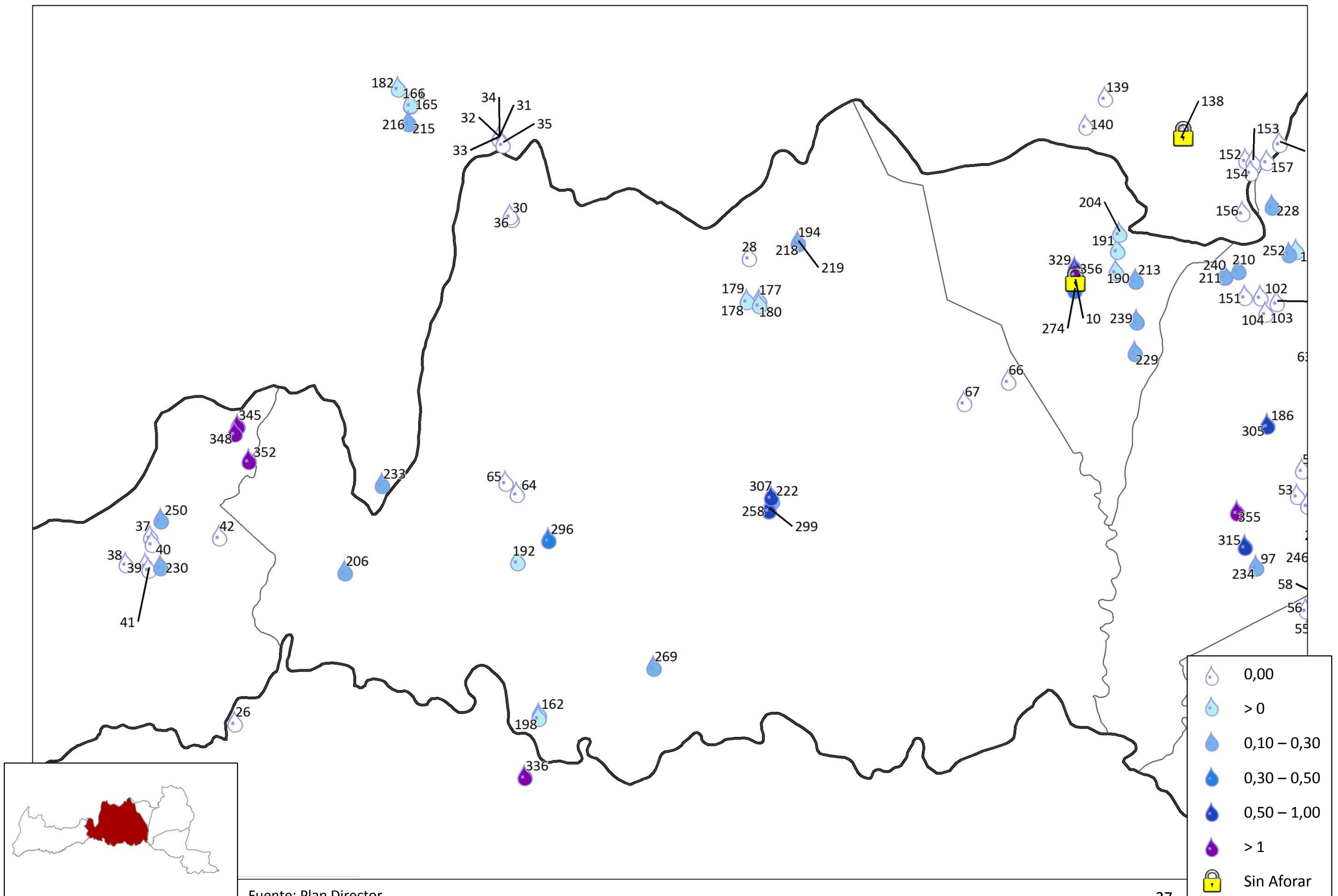
5.1.2.- Manantiales - Ilobasco



Fuente: Plan Director

5.1.- Disponibilidad de Aguas

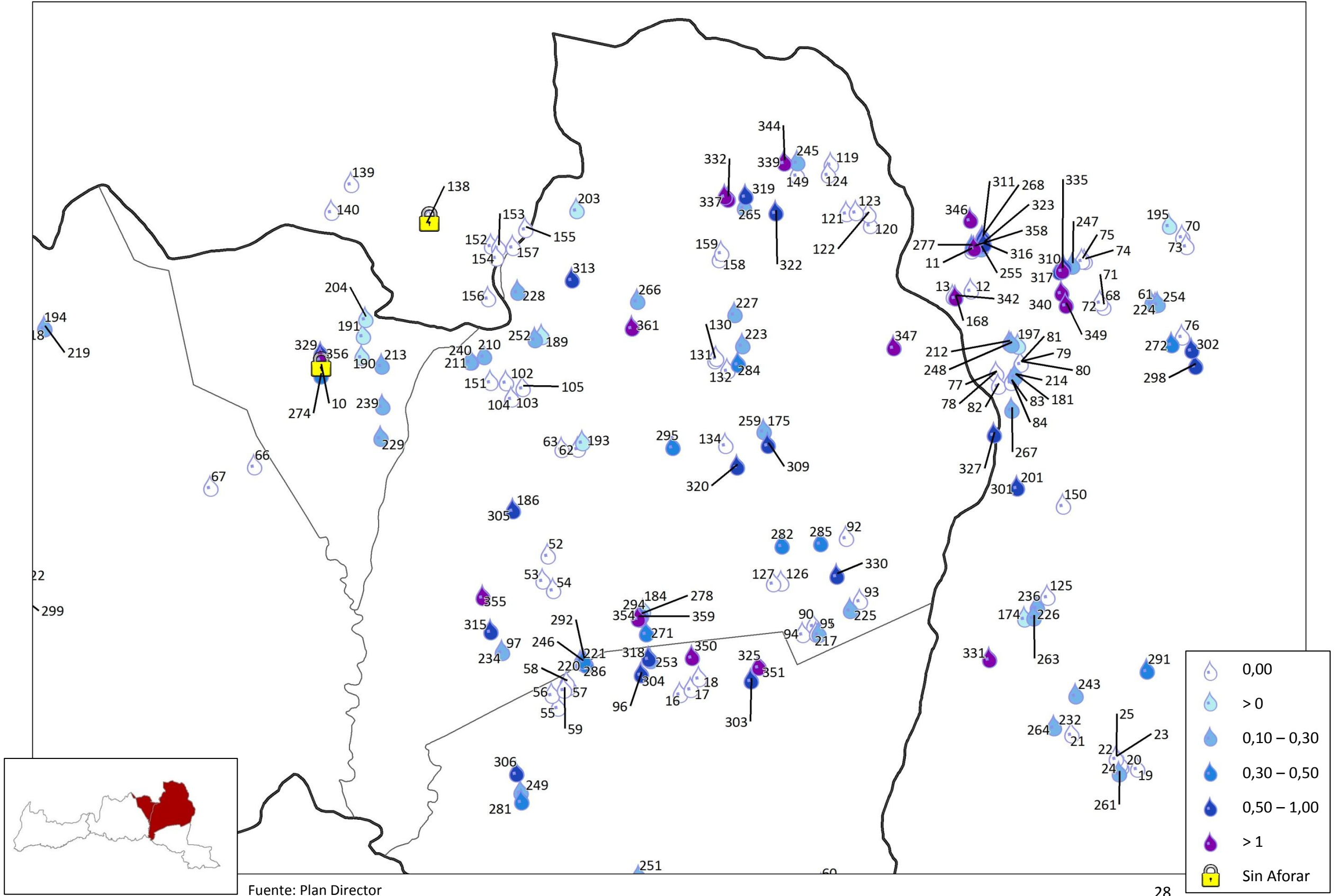
5.1.2.- Manantiales - San Isidro



Fuente: Plan Director

5.1.- Disponibilidad de Aguas

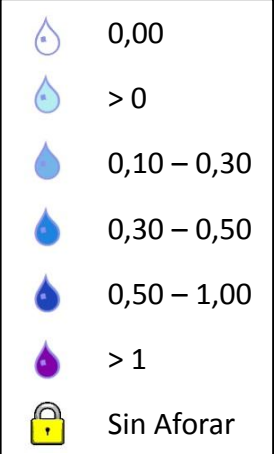
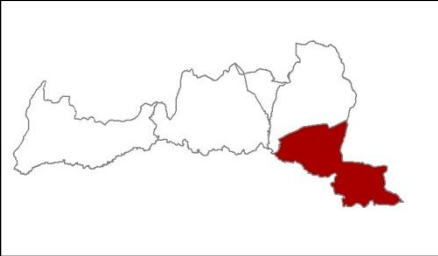
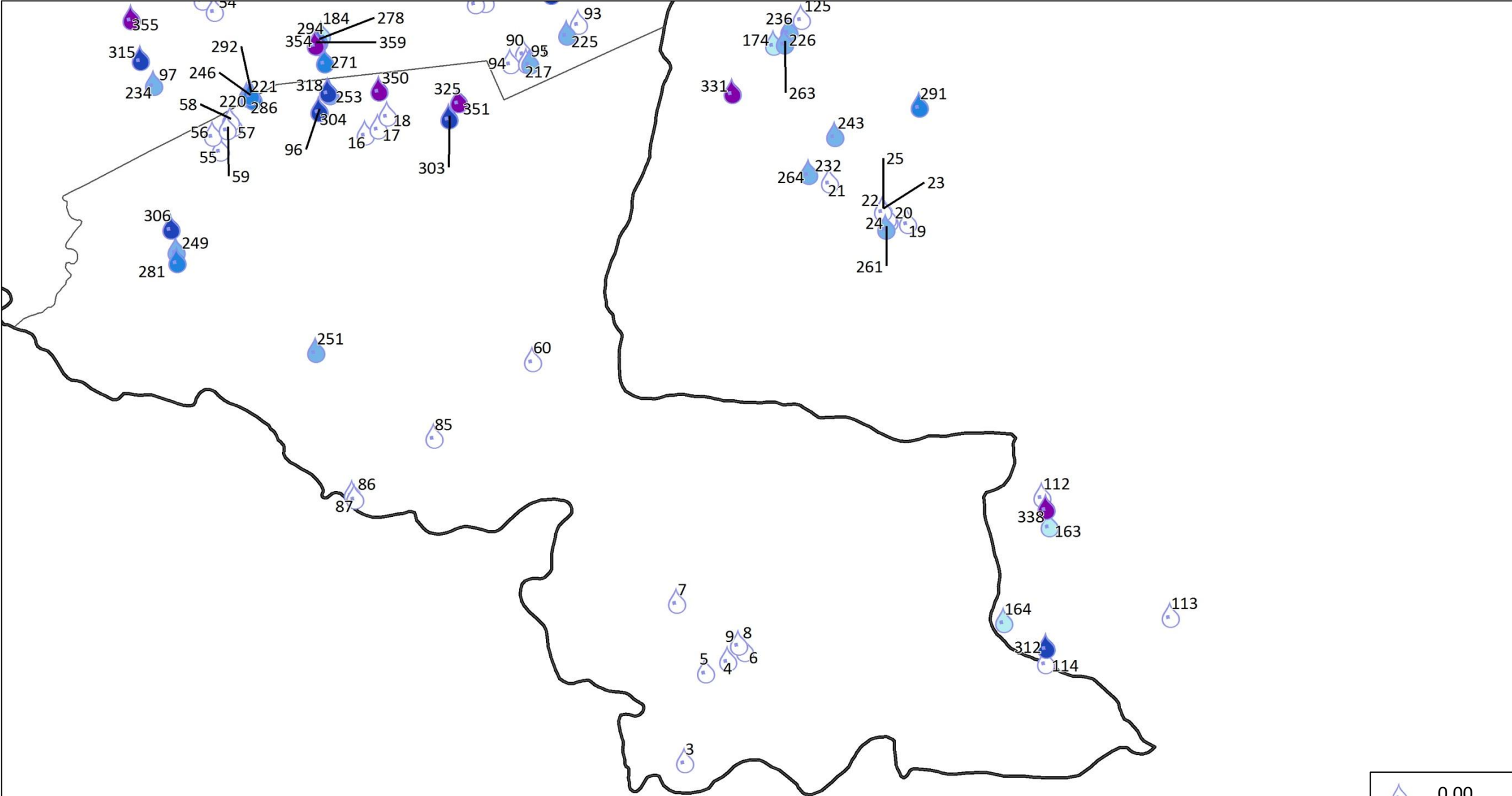
5.1.2.- Manantiales - Guacotecti y Sensuntepeque



Fuente: Plan Director

5.1.- Disponibilidad de Aguas

5.1.2.- Manantiales - Dolores



Fuente: Plan Director

5.1.2.- Manantiales – Listado de Puntos

Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)	Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)
0	Ilobasco	Nacimiento Las Pilas el Huguiste	0	61	Sensuntepeque	Fuente El Amatán de Cipriano Orellana	0
1	Ilobasco	Nacimiento Pila el Zapote	0	62	Sensuntepeque	Fuente El Barrial de María Arévalo	0
2	Ilobasco	Nacimiento Pozo Artesanal de Amelia Rivera	0	63	Sensuntepeque	Fuente El Chagüite de Alfredo Amaya	0
3	Dolores	Fuente de Guadalupe de Jesús Lara	0	64	San Isidro	Zanjón del diablo #1. quebrada Queserita	0
4	Dolores	Fuente de Samuel Hernández	0	65	San Isidro	Zanjón del diablo #2. quebrada Queserita	0
5	Dolores	Fuente El Almendro (Carmen Martínez Méndez)	0	66	San Isidro	El Almendro	0
6	Dolores	Fuente El pocito del Puente (a orilla quebrada El garrobo)	0	67	San Isidro	Los Chacalines	0
7	Dolores	Fuente Inicio quebrada El Garrobo de María Éster Hernández	0	68	Sensuntepeque	Fuente de Melchor Bolaños	0
8	Dolores	Fuente Los pozitos 2 orilla Quebrada el Garrobo (toman agua)	0	69	Ilobasco	Nacimiento El Tanque de Fabián Valladares	0
9	Dolores	Los pozitos 1 orilla quebrada El Garrobo (donde lavan)	0	70	Sensuntepeque	2 Nacimientos (No rebalsan)	0
10	Guacotecti	Manantial bajo el desvío del canal de riego	Sin aforar	71	Sensuntepeque	Fuente de Modesto Abraham Calles (Parte baja Comunidad)	0
11	Sensuntepeque	Nacimiento de Dolores Hdez	0	72	Sensuntepeque	Fuentes de Melchor Bolaños 2	0
12	Sensuntepeque	3 fuentes pequeñas que no se utilizan.	0	73	Sensuntepeque	Manantial El Mango 2 de Manuel de Jesús Iraheta	0
13	Sensuntepeque	Un chahuite a orillas del Río La Ventan.	0	74	Sensuntepeque	Nacimiento de Manuel Amaya 1 (abastece su vivienda)	0
14	Ilobasco	Nacimiento Pila Bersabe de Camelia Bersabe	0	75	Sensuntepeque	Nacimiento de Manuel Amaya 2 (abastece su vivienda)	0
15	Ilobasco	Nacimiento Pila de los Merino	0	76	Sensuntepeque	Nacimiento de Victor Calles Castro	0
16	Dolores	Fuente El Saltillo a la Orilla del Río Ucute	0	77	Sensuntepeque	Nacimiento El Amate 1 de Lito Vázquez	0
17	Dolores	Fuente La Ceiba de Juan José Ventura	0	78	Sensuntepeque	Nacimiento El Amate 2 de Juana Valdes	0
18	Dolores	Fuente de Rafael Ventura	0	79	Sensuntepeque	Nacimiento El Mango 1 de José Alberto Veliz Velasco	0
19	Dolores	Fuente de Atilio Ruiz	0	80	Sensuntepeque	Nacimiento El Mango 2 de José Alberto Veliz Velasco	0
20	Dolores	Fuente de Gabriel Hernández (Patio de casa)	0	81	Sensuntepeque	Nacimiento El Mango 3 José Alberto Veliz Velasco	0
21	Dolores	Fuente de Óscar Zavala	0	82	Sensuntepeque	Nacimiento El Mano de León de Lito Vázquez	0
22	Dolores	Fuente El Amate de Manuel Ruiz	0	83	Sensuntepeque	Nacimiento El Pozo 1 de Cruz María Laínez	0
23	Dolores	Fuente para el Ganado de Manuel Ruiz	0	84	Sensuntepeque	Nacimiento El Pozo 2 de Esteban Romero	0
24	Dolores	Pozo de Gabriel Hernández y tanque monitoreado en casa	0	85	Dolores	Fuente El Marillo de Manuel Ramos	0
25	Dolores	Tanque de agua de tomar de Manuel Ruiz	0	86	Dolores	Fuente El Obraje de David Portillo Soriano	0
26	Ilobasco	Nacimiento El Río de Juan López	0	87	Dolores	Fuente Los Chorrillos de David Portillo Soriano	0
27	Ilobasco	Nacimiento Pila La Fresca	0	88	Ilobasco	Manantial de las piletas. 500 al NE	0
28	San Isidro	Manantial El pozo del corral	0	89	Ilobasco	Nacimiento Pila el Jute de José Flores	0
29	Ilobasco	Pila El Jiote de José Antonio Ramirez	0	90	Dolores	Fuente El Borbollón de Vicente Hernández	0
30	San Isidro	Nacimiento el Manzano	0	91	Dolores	Fuente El Tanque de Vicente Hernández	0
31	San Isidro	Nacimiento El Tanque #1	0	92	Dolores	Fuente El Tular de Pedro Almengol Rodríguez	0
32	San Isidro	Nacimiento El Tanque #2	0	93	Dolores	Fuente La Ceiba de María	0
33	San Isidro	Nacimiento El Tanque #3	0	94	Dolores	Fuente La Hoja de Sal de Vicente Hernández	0
34	San Isidro	Nacimiento El Tanque #4	0	95	Dolores	Fuente La Pita Floja de Vicente Hernández	0
35	San Isidro	Pila del Llano	0	96	Dolores	pozito de La Hermita 1 a Orilla Río Ucute	0
36	San Isidro	Pilas de los pinedas	0	97	Sensuntepeque	Los pozitos (Poza Oscuras) de Antolín Baires	0
37	Ilobasco	Nacimiento Don Manuel	0	98	Ilobasco	La Planchita de ADESCO	0
38	Ilobasco	Nacimiento El Chagüite	0	99	Ilobasco	Pila Nueva de Domingo García	0
39	Ilobasco	Nacimiento El Roble	0	100	Ilobasco	Nacimiento	0
40	Ilobasco	Nacimiento Piletas de Conacaste	0	101	Ilobasco	Nacimiento El Barrillo	0
41	Ilobasco	Nacimiento Tanque de José Castillo	0	102	Sensuntepeque	Broquel de Rosario Ruiz	0
42	Ilobasco	Nacimiento Tanque de José Rodríguez	0	103	Sensuntepeque	El Zapote 1 de Francisco Gómez	0
43	Ilobasco	Nacimiento de Fátima Navarro	0	104	Sensuntepeque	El Zapote 2 de Arcadía Mejía	0
44	Ilobasco	Nacimiento de Fátima Navarro 2	0	105	Sensuntepeque	La Falda de Dolores Zavala	0
45	Ilobasco	Nacimiento de Fidel Ángel Valladares	0	106	Ilobasco	Nacimiento de Nicolás Flores	0
46	Ilobasco	Nacimiento de Vidalina Alfaro	0	107	Ilobasco	Nacimiento Pila de Miguel Aritaga	0
47	Ilobasco	Nacimiento Eduarda Ángel	0	108	Ilobasco	Nacimiento El Chucho de Dimia Salinas	0
48	Ilobasco	Nacimiento Eduarda Ángel 2	0	109	Ilobasco	Nacimiento El Salto	0
49	Ilobasco	Nacimiento El Morro de José María Rivas	0	110	Ilobasco	Nacimiento La Huerta de Fernando Salinas Rivas	0
50	Ilobasco	Nacimiento El Tanquecito	0	111	Ilobasco	Nacimiento Los Cornejos de Luisa Bonilla	0
51	Ilobasco	Pilas para abastecer escuela en deshuso	0	112	Dolores	Chagüite Orilla de Quebrada de Adolfo Ruiz	0
52	Sensuntepeque	Fuente El Amatillo de Simón Ventura	0	113	Dolores	Fuente de Maribel de Ruiz (2 fuentes juntas)	0
53	Sensuntepeque	Fuente Pila de Pedro Mejía	0	114	Dolores	Fuente de Ricardo Navarrete (3 fuentes Pequeñas)	0
54	Sensuntepeque	Pozo de Doña Francisca Mercado	0	115	Ilobasco	Manantial cercano al derrumbe de La Pilona de Ángel González	0
55	Dolores	Fuente El Almendro de Hijos de Dominga Baires	0	116	Ilobasco	Nacimiento de Aguafría de Isabel Molina	0
56	Dolores	Fuente El Manguito de Benjamín Soriano	0	117	Ilobasco	Nacimiento Pila de Mariano Rivas	0
57	Dolores	Fuente El Pozito de Nicolasa Arévalo	0	118	Ilobasco	Tanque de Juan Rivas	0
58	Dolores	Pozo el Chagüite de Nicolasa Arévalo	0	119	Sensuntepeque	Nacimiento junto al Río de Olimpia de Alfaro	0
59	Dolores	Pozo El Chaparro de Hijos de Dominga Baires	0	120	Sensuntepeque	Nacimiento de La Telva	0
60	Dolores	Fuente Los pozitos (en litigio)	0	121	Sensuntepeque	Nacimiento de Teresa Morales	0

5.1.2.- Manantiales – Listado de Puntos

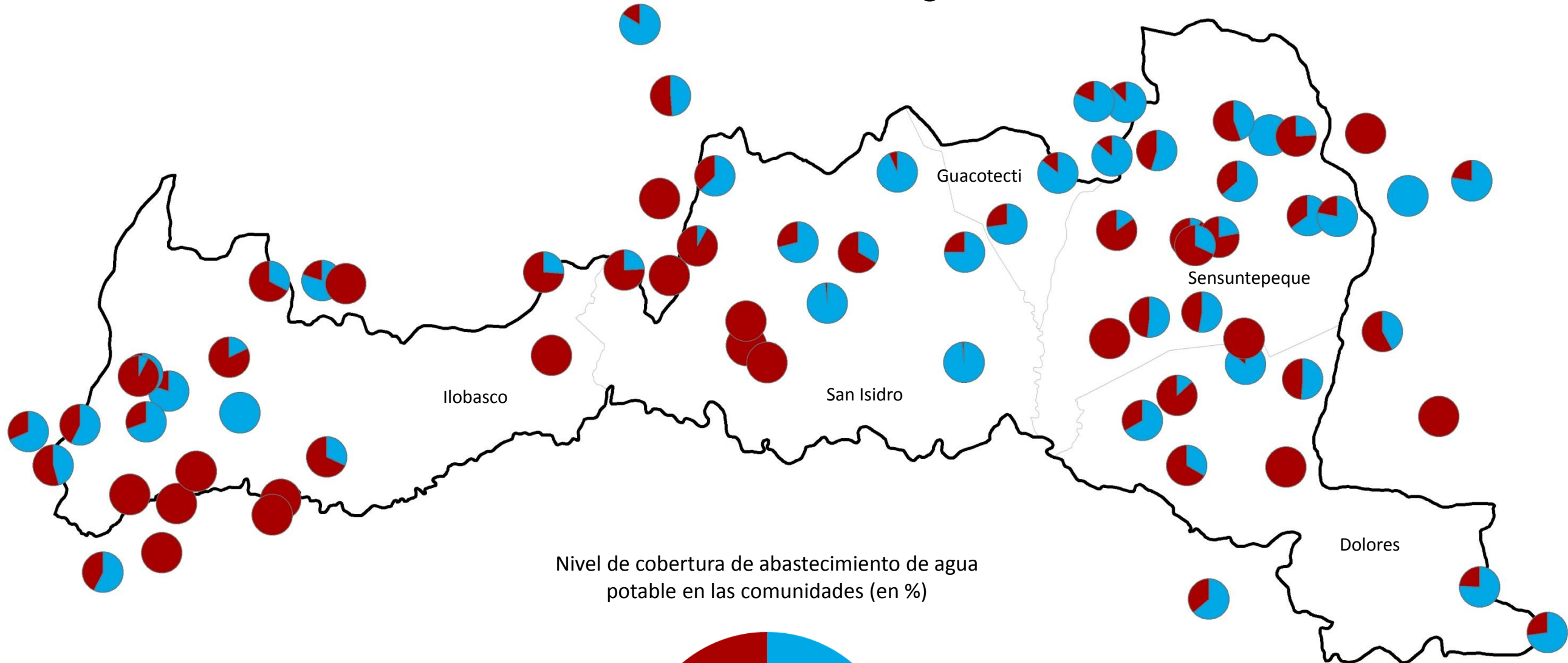
Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)	Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)
122	Sensuntepeque	Nacimiento de María Roca Hernández	0	183	Ilobasco	Nacimiento Caja 2 de ADESCO	0,04
123	Sensuntepeque	Nacimiento El Chaparro de Aminta Amaya	0	184	Sensuntepeque	Nacimiento El Chorro. 100 m abajo de la escuela. Quebrada	0,05
124	Sensuntepeque	Nacimiento El Potrerón de Olimpia Alfaro	0	185	Ilobasco	Chorro de Agua Caliente de Raúl Delgado	0,05
125	Sensuntepeque	Fuente orilla del Río al lado de terreno de Francisca	0	186	Sensuntepeque	Mano de León 1 Comunidad	0,05
126	Sensuntepeque	Manantial El Tanque de Alberto García	0	187	Ilobasco	Nacimiento La Ramada de Marcos Ramírez	0,05
127	Sensuntepeque	Nacimiento El Chillo de Alberto García	0	188	Ilobasco	Nacimeinto La Mora de Juan Rivas	0,05
128	Ilobasco	Nacimiento de Don Moisés Arias	0	189	Guacotecti	Manantial El Obraje de Antonio Membreño	0,06
129	Ilobasco	Nacimiento del Mango	0	190	Guacotecti	Manantial el Roble de Gilberto Ramos	0,06
130	Sensuntepeque	Fuente La Pilita	0	191	Guacotecti	Pila de Virgilio Quinteros	0,06
131	Sensuntepeque	Fuente La Pilon de Los Chácez	0	192	San Isidro	Manantial El Amate o pozo del Amate	0,07
132	Sensuntepeque	Pila de Francisco Bonilla	0	193	Sensuntepeque	Fuente El Pozo de la María Arévalo	0,07
133	Sensuntepeque	Pozo Los Mangos de Nelson Palacios	0	194	San Isidro	El Pepeto #2	0,08
134	Sensuntepeque	Pozo para lavar ropa y baño	0	195	Sensuntepeque	Manantial de José Efraín Quinteros	0,08
135	Ilobasco	Nacimiento S/N	0	196	Ilobasco	Nacimiento de Aguafría	0,09
136	Ilobasco	Manantial Manzano comunal	0	197	Sensuntepeque	Nacimiento El Fulinchuchi. Al Lado Propiedad Natalia Alvarado	0,09
137	Ilobasco	Manantial Manzano 2	0	198	San Isidro	Manantial El Mangal 2	0,09
138	Guacotecti	Cajas de Captación del sistema alcaldía	Sin aforar	199	Ilobasco	Nacimiento de El Cerro de Ciriaco Rivas	0,09
139	Guacotecti	Nacimiento pila de María Arias	0	200	Ilobasco	Nacimiento Pila de Venigio de Ciriaco Rivas	0,09
140	Guacotecti	Nacimiento pozo sistema de don Porfirio Portillo	0	201	Sensuntepeque	Fuente a orilla del tanque, para inyectar de ADESPI	0,09
141	Ilobasco	El Papaturre	0	202	Ilobasco	Nacimiento El Aguaje de Remberto Meléndez	0,09
142	Ilobasco	La Ceiba	0	203	Guacotecti	Manantial Quebrada la Ponderosa de Román Rivas	0,09
143	Ilobasco	Nacimiento La Pila Cuadrada Comunitario	0	204	Guacotecti	Manantial El Obraje de María Julia Hernández	0,09
144	Ilobasco	Nacimiento Las Pilonas Comunitario	0	205	Ilobasco	Nacimiento Tanque del Rincón de Manuel Rivera	0,1
145	Ilobasco	Nacimiento Pilas Tibias	0	206	San Isidro	Chalilla	0,1
146	Ilobasco	Nacimiento Cocotera de Dona Gregoria	0	207	Ilobasco	Nacimiento Las Lajas de Faustino Cepeda	0,1
147	Ilobasco	Nacimietno del Limón Comunitario	0	208	Ilobasco	Manantial el rincón 2 de Santiago Sorto	0,1
148	Ilobasco	Nacimietno Pila de don Rafael Valladares	0	209	Ilobasco	Nacimiento Doña Josefina Alfaro	0,1
149	Sensuntepeque	Nacimiento sistema Matara	0	210	Guacotecti	Caja de Adan Fuentes(escapa) de Alcaldía	0,1
150	Sensuntepeque	Nacimiento y última vivienda de la comunidad	0	211	Guacotecti	Manantial La Falda Comunitario	0,1
151	Guacotecti	Manantial El Aguacatón 1 y 2 de Pillo Mejía	0	212	Sensuntepeque	Nacimiento de Doña Natalia Arévalo 2	0,11
152	Guacotecti	Manantial El Amate de José Óscar González	0	213	Guacotecti	Manantial el Copinol	0,11
153	Guacotecti	Manantial El Chagüite de Hayde Meléndez	0	214	Sensuntepeque	En la quebrada	0,12
154	Guacotecti	Manantial el pozito del Ajal de Marina Barrera	0	215	San Isidro	Manantial el Coyolar (Sistema Antiguo)	0,12
155	Guacotecti	Manantial José Pantaleón Calles	0	216	San Isidro	Coyollar	0,12
156	Guacotecti	Manantial Los pozos de María Pacita Rivas	0	217	Dolores	Fuente de la Marcelina de Vicente Hernández	0,12
157	Guacotecti	Manantial pozo el Martillode María Domitila Rivas	0	218	San Isidro	El pepeto #1	0,13
158	Sensuntepeque	Nacimiento de Antonio Palacios	0	219	San Isidro	Manantial el pepeto	0,13
159	Sensuntepeque	Nacimiento de Catalina Palacios	0	220	Sensuntepeque	Fuente El Picacho 5 Mismos dueños fuente de la comba	0,13
160	Ilobasco	Nacimiento el Carrete de María Inés Morales	0	221	Sensuntepeque	Fuente el Picacho 2 Mismos dueños fuente de la comba	0,13
161	San Isidro	Huiscoyol #2	0,01	222	San Isidro	Caja de Captación 2 nacimiento Chauite de Eusebio Maya	0,13
162	San Isidro	Manantial El Mangal 1	0,01	223	Sensuntepeque	Pozo El Manga de Ricardo	0,13
163	Dolores	Fuente de Adolfo Ruiz	0,01	224	Sensuntepeque	Manantial de Angela Aguilar	0,14
164	Dolores	Fuente de Ricardo Navarrete (Por la Escuela)	0,01	225	Dolores	Fuente de José Medardo Hernández	0,14
165	San Isidro	Guiscollo #1	0,02	226	Sensuntepeque	Fuente El Lagartillo 2. En terreno de Avelardo Villanueva	0,14
166	San Isidro	Quebrada Huiscoyol	0,02	227	Sensuntepeque	Casa de Don Gabriel Nelson Palacios	0,14
167	Ilobasco	Nacimiento Mano de León de Santiago Cepeda	0,02	228	Guacotecti	Manantial Quebrada Las Lajas de Erlinda Orellana	0,14
168	Sensuntepeque	Nacimiento de Tomar Abastece 4 Familias Río La Ventana.	0,03	229	Guacotecti	Manantial Palo Flor de Teodoro Durán	0,14
169	Ilobasco	Nacimiento de los Guevaras de José Vidal Guevara	0,03	230	Ilobasco	Nacimiento Tanque de don Virgilio Fernández	0,15
170	Ilobasco	Nacimiento El Almendro de Ezequiel Cepeda	0,03	231	Ilobasco	Manantial de la Niña Amanda Cornejo	0,15
171	Ilobasco	Nacimiento Caja 1 de ADESCO	0,03	232	Dolores	Fuente 1 de Maura Díaz	0,16
172	Ilobasco	Nacimiento El Capolín de Rigoberto Guardado	0,03	233	San Isidro	El Saltillo	0,16
173	Ilobasco	Nacimiento El Nacimiento de Dolores Rivas	0,03	234	Sensuntepeque	Fuente Pozas Oscuras (Quebrada) de Pedro Mejía	0,16
174	Sensuntepeque	Fuente bajo casa de Ezequiel Palacios	0,03	235	San Isidro	Manantial El Tanque 2 Yesera	0,17
175	Sensuntepeque	El Nacimiento 2 de Felix Rodríguez	0,03	236	Sensuntepeque	Fuente El Lagartillo 1 Al Lado de Propiedad de Ezequiel Palacios	0,17
176	Ilobasco	Nacimiento de La Loma de Jose Genaro Rivera	0,04	237	Ilobasco	Nacimiento del Chagüite de don Tancho	0,17
177	San Isidro	Manantial de las Pilas Cordoncias	0,04	238	Ilobasco	Nacimiento S/N de Edma Durán	0,17
178	San Isidro	Manantial de las Cordoncias	0,04	239	Guacotecti	Manantial Fuente Abel de Gilberto Ramos	0,17
179	San Isidro	El Cordoncillo #1	0,04	240	Guacotecti	Manantial La Quebradona de Adan Fuentes	0,17
180	San Isidro	El Cordoncillo #2	0,04	241	Ilobasco	Nacimiento Pila de Fósforo	0,18
181	Sensuntepeque	Nacimiento 3 (quiere utilizarlo para riego) de Cruz María Láinez	0,04	242	Ilobasco	Nacimiento el Manzano. Quebrada Aguafría de Cipriano Arias	0,18
182	San Isidro	La Chacara	0,04	243	Dolores	Fuente de Juan Urbina	0,19

5.1.2.- Manantiales – Listado de Puntos

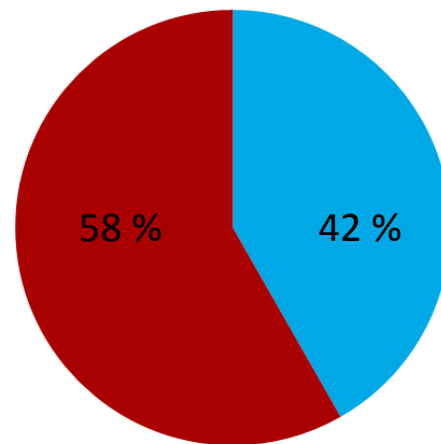
Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)	Código	Municipio	Descripción	Q (L/s)
244	Ilobasco	Nacimiento Quebrada de Los Henríquez de Faustino Alfaro	0,19	305	Sensuntepeque	Mano de León 2 (Tanque para el ganado). Permiso Comunidad lo Utilice	0,6
245	Sensuntepeque	Nacimiento Los Chorritos de Inés Cruz	0,19	306	Dolores	Fuente de Rosa Guevara	0,64
246	Sensuntepeque	Fuente el Picacho 4 de los mismos dueños fuente de la comba	0,2	307	San Isidro	Caja de Captación principal nacimiento Chagüite de Eusebio Maya	0,64
247	Sensuntepeque	Fuente que quieren inyectar al tanque de Captación de Rodrigo Calles	0,2	308	Ilobasco	Nacimiento de los Salinas Comunitario	0,65
248	Sensuntepeque	Nacimiento de Doña Natalia Arévalo 1	0,2	309	Sensuntepeque	Nacimiento de Lázaro Romero	0,65
249	Dolores	Fuente El Borbollón de Rubén Esperanza	0,21	310	Sensuntepeque	Nacimiento La Gloria 3, En Litigio por herencia	0,66
250	Ilobasco	Nacimiento Tanque de Don Cruz Rodríguez	0,21	311	Sensuntepeque	Manantial del sistema Comunitario	0,7
251	Dolores	Pozitos de la Hermita 2 a la Orilla del Río Ucute	0,21	312	Dolores	Inicio de la Quebrada El Jute de Ricardo Navarrete	0,7
252	Guacotecti	Manantial El Azajarillo de José Rodrigo Zavala	0,21	313	Guacotecti	Manantial tanque de José Ignacio Arévalo	0,7
253	Dolores	Fuente pozitos El Amate de Eulalio Soriano	0,22	314	Sensuntepeque	Nacimiento El Tuco de Arturo Aguilar	0,71
254	Sensuntepeque	Manatial de Tito Ángel Bolaños	0,22	315	Sensuntepeque	Fuente Zaca de Agua, Límite Propiedad Pedro Mejía y Juan Rivera	0,71
255	Sensuntepeque	Fuente de Miguel Amaya	0,23	316	Sensuntepeque	Fuente El Chorro de Vicente Meléndez	0,73
256	Ilobasco	Nacimiento Patacón	0,23	317	Sensuntepeque	Nacimiento La Gloria 1, En Litigio por herencia	0,74
257	Ilobasco	Nacimiento El Monte Verde de Santiago Cepeda	0,24	318	Dolores	Fuente La Huerta Vieja de Eulalio Soriano	0,76
258	San Isidro	Caja de Captación 3 nacimiento Chagüite de Eusebio Maya	0,24	319	Sensuntepeque	Nacimiento La Lola Morales Quinteros	0,76
259	Sensuntepeque	El Nacimiento 1 de Felix Rodríguez	0,25	320	Sensuntepeque	Nacimiento El Valar de Pedro Rodríguez	0,77
260	Ilobasco	Nacimiento El Tanque de Bertta Escobar	0,26	321	Ilobasco	Nacimiento del Pezote, Límite de Cerro Colorado	0,78
261	Dolores	Fuente el Tanque de Doña Vicenta	0,26	322	Sensuntepeque	Tanque de Captación del Sistema de Marciano Sorto	0,8
262	Ilobasco	Manantial de Antonio Sorto	0,26	323	Sensuntepeque	Tanque de Captación del Sistema Comunitario	0,85
263	Sensuntepeque	Fuente El Jilinsuche al Lado de Propiedad de Ezequiel Palacios	0,26	324	Ilobasco	Nacimiento Río de la Vega de Vidal Henández	0,87
264	Dolores	Fuente 2 de Maura Díaz	0,27	325	Dolores	Fuente del Sistema, Comunitario La Montaña	0,91
265	Sensuntepeque	Nacimiento El Manzano de Pablo Cruz Villanueva	0,27	326	Ilobasco	Nacimiento Agua caliente	0,91
266	Guacotecti	Manantial Pozo Ubillo de la Hija de Adela Orellana	0,28	327	Sensuntepeque	Tanque de Cola Sistema Río Grande. 9 viviendas de Acozairi	0,92
267	Sensuntepeque	Pozo El Pito de Marta Elida Romero	0,28	328	Ilobasco	El Ceibillo de Abelino Alvarado Santos Menjívar	0,94
268	Sensuntepeque	Fuente Los Morales (30 m. abajo de la Escuela) de Antonio y Miguel Morales	0,29	329	Guacotecti	Manantial El Burro 2 de Lindolio	0,97
269	San Isidro	Manantial El Tanque El Gayardo	0,29	330	Dolores	Fuente de Quebrada de Peñas Blancas de José Roberto Mercado	0,99
270	Ilobasco	Nacimiento de la Haciendita de José Daniel Vega	0,29	331	Sensuntepeque	Fuente El Buque de ADESPI (ya xiste Carpeta Técnica)	1,05
271	Dolores	Fuente Agua Fresca de Juan de la Cruz Soriano Baires	0,3	332	Sensuntepeque	Tanque de Captación sobre Río Aguas Negras (Río el 14)	1,12
272	Sensuntepeque	Nacimiento El Mangal de Inés Calles Castro	0,31	333	Ilobasco	Nacimiento Pila de Aguacaliente de Manuel Navarrete	1,16
273	Ilobasco	Manantial del Batisterio de Alfonso Martínez	0,31	334	Ilobasco	Nacimiento Aguacaliente de Porfirio Menjívar	1,16
274	Guacotecti	Manantial El Pital de Lindolio	0,33	335	Sensuntepeque	Nacimiento La Gloria 2. por los Mangos. En Litigio por herencias	1,25
275	Ilobasco	Nacimiento Quebrada de Los Henríquez 2 de Faustino Alfaro	0,33	336	San Isidro	Manantial El Tanque El Sitio	1,45
276	Ilobasco	Nacimiento Quebrada Aposento	0,33	337	Sensuntepeque	Nacimiento del sistema Tronalagua. PPRODAP	1,45
277	Sensuntepeque	Manantial el Ujiste de José Alberto Castro	0,34	338	Dolores	Tanque de Adolfo Ruiz y Mercedes Calles	1,5
278	Sensuntepeque	Nacimiento La Ceiba 1 al lado del terreno de Don Gabriel (Quebrada)	0,34	339	Sensuntepeque	Pozo 1A. de Acozajri	1,63
279	Ilobasco	Manantial María Luisa Rivas	0,34	340	Sensuntepeque	Nacimiento la Peña 2 de Abraham Calles	1,68
280	Ilobasco	Quebrada El Salto de Juan Rivas	0,35	341	Ilobasco	Manantial Agua Caliente. Comunitario	1,8
281	Dolores	Fuente de Ofelia del Tránsito González	0,38	342	Sensuntepeque	Nacimiento Río La ventana (Donde Lavan ropa)	1,89
282	Sensuntepeque	Fuente El Mario de José Rutilio Hernández	0,38	343	Ilobasco	Nacimiento El Pital de Elías Henández	13,79
283	Ilobasco	Nacimiento de la Niña Narcisa Valladares	0,38	344	Sensuntepeque	Pozo 1B de Acozajri	2,03
284	Sensuntepeque	Final de la calle de la comunidad. Cruce Quebrada Honda	0,39	345	San Isidro	Escape Santa Lucia (ADESCOSAL)	2,4
285	Dolores	Fuente del Finado Ramón (El Amate) de Pedro Almengol Rodríguez	0,4	346	Sensuntepeque	Pila de Rita Margoth	2,48
286	Sensuntepeque	Fuente el Picacho 3 de los mismos dueños fuente de la comba	0,42	347	Sensuntepeque	Tanque Principal del sistema de Acozajri	2,48
287	San Isidro	El Manzano	0,42	348	Ilobasco	Nacimiento Santa Lucia, Comunitario	2,49
288	Ilobasco	Manantial el Tanque de Porfirio Navarro	0,44	349	Sensuntepeque	Nacimiento la Peña 1 de Alexander Amaya	2,68
289	Ilobasco	Nacimiento Quebrada del Fierro de Fredy Alvarado	0,45	350	Dolores	Inicio Río Ucute	2,84
290	Ilobasco	Nacimiento El Rincón de Manuel Rivera	0,46	351	Dolores	Quebrada El Nacimiento de Lorenza Arévalo	3,13
291	Dolores	Fuentes de Elisa Callejas	0,47	352	San Isidro	La Vega	3,24
292	Sensuntepeque	Fuente el Picacho 1 de los mismos dueños fuente de la comba	0,48	353	Ilobasco	Nacimiento Agua Tibia	3,31
293	Ilobasco	Manatial el Manzano de Otilia Miranda	0,48	354	Dolores	Fuente del Sistema Chapelcoro Escapa 2.164 L/s de la Comunidad Chapelcoro	3,82
294	Sensuntepeque	Nacimiento La Ceiba 2 (Frente a nacimiento Ceiba 1), Quebrada	0,5	355	Guacotecti	Manantial el Naranja (tanque bombeo la Comba). Comunitario	3,94
295	Sensuntepeque	Nacimiento Los Chorritos de Carmen Amaya	0,5	356	San Isidro	El Burro #1 Sistema	4,53
296	San Isidro	El Uvillo Comuitario	0,5	357	Ilobasco	Unión de los 2 nacimientos	5,11
297	Ilobasco	Nacimiento de El Macho Comuitario	0,51	358	Sensuntepeque	Fuente de Ángel de Jesús Cruz (Aforado al caer al Río).	5,48
298	Sensuntepeque	Fuente de Manuel Quinteros	0,52	359	Sensuntepeque	Fuente El Candungo, quebrada y cascada	6,51
299	San Isidro	Caja de captación El Chagüitón de Cruz Montes	0,54	360	Ilobasco	Poza Redonda de Carmen Urias	7,39
300	Ilobasco	Nacimiento Montaña de Daniel García	0,54	361	Guacotecti	Manantial Portillo tras el puente de la carretera de Adela Orellana	9,73
301	Sensuntepeque	Tanque de Captación del sistema de ADESPI	0,55				
302	Sensuntepeque	Manantial de Martín Hernández	0,56				
303	Dolores	Quebrada de Justa Arévalo	0,58				
304	Dolores	Fuente de José Benedicto Baires	0,6				

5.2.- Abastecimiento

5.2.1.- Abastecimiento de comunidades con Sistemas de Agua



Nivel de cobertura de abastecimiento de agua potable en las comunidades (en %)



Hogares sin sistema de abastecimiento

Hogares con sistema de abastecimiento

5.2.- Abastecimiento

5.2.1.- Abastecimiento de comunidades con Sistemas de Agua

De las 72 comunidades analizadas un 58% no tienen sistema de abastecimiento de agua potable y un 42% que si tienen. A continuación se detallan por municipio las condiciones de las comunidades.

- En el municipio de Ilobasco hay 22 comunidades, se encontraron seis comunidades que tienen servicio de agua por tubería. Las 16 comunidades restantes se abastecen de agua por medio de pequeños manantiales, pozos, ríos y quebradas aledañas a la comunidad.
- En el municipio de San Isidro se monitorearon 16 comunidades en total y se encontraron únicamente cinco pequeños sistemas que canalizan agua por tubería, incluyendo el sistema que abastece las comunidades de El Junquillo, El Amate, Flor Amarilla y parte de la Junta Copinolapa, estas comunidades están haciendo uso de un sistema de agua abastecido por un pozo, perforado en El Junquillo y que en los análisis de agua practicados por laboratorios se encontraron **concentraciones de 0.6 y 0.4 mg/l de Arsénico**.
- En el municipio de Guactecti se trabajó en seis comunidades en total y se encontraron 3 comunidades que se abastecen por sistemas de agua por tuberías y 3 comunidades que no. Las familias desabastecidas de este recurso van a pequeñas fuentes que se hallan en los perímetros de las comunidades.
- En el municipio de Sensuntepeque se trabajó en 18 comunidades en total, y se encontraron sólo seis comunidades que se abastecen con sistema de agua potable, incluyendo las comunidades de La Guaruma y La Corona que están fuera del territorio de la cuenca del Tío Titihuapa, las otras 12 comunidades se abastecen de agua a través de pequeños manantiales y pozos que están dentro de las comunidades.
- En el municipio de Dolores tiene 14 comunidades donde se encontraron 3 sistemas de agua por tubería, el resto se abastecen con otros tipos de fuentes de agua, incluyendo algunas comunidades que están cerca de la

ribera del Río Titihuapa como Argáin o familias que en su totalidad se abastecen de agua por medio de pozos artesanales tipo broquel y pequeñas fuentes que están en la comunidad.

Hay comunidades que fueron estudiadas y que se encuentran fuera de la cuenca del río Titihuapa porqué estas demandaron sus actividades. Existe gran potencial de agua en la zona que se ha creído necesario documentar y también otros casos donde algunas fuentes de agua presentan un nivel de riesgo para la salud de la población severo y se hacía necesario inventariar para determinar las circunstancias.

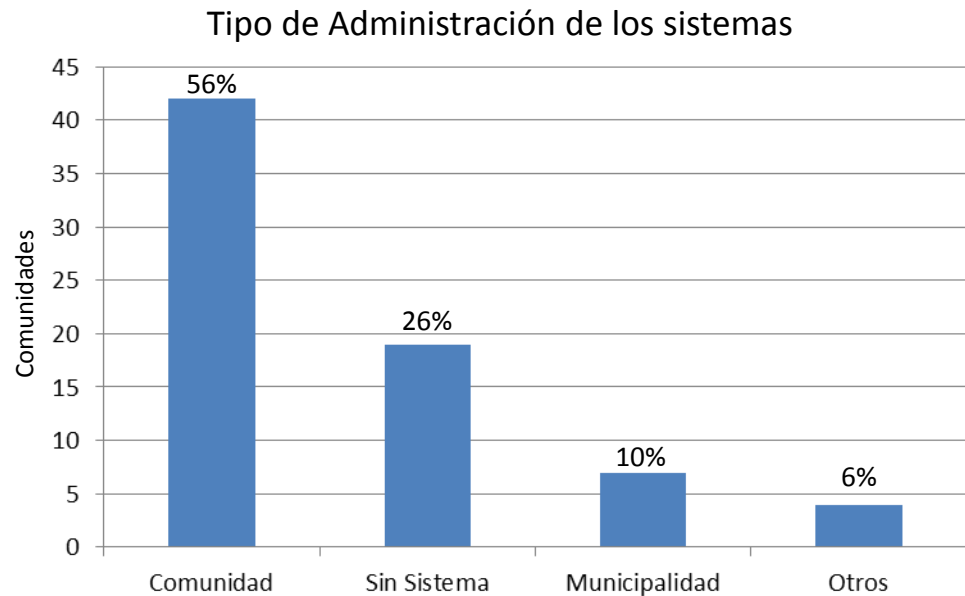
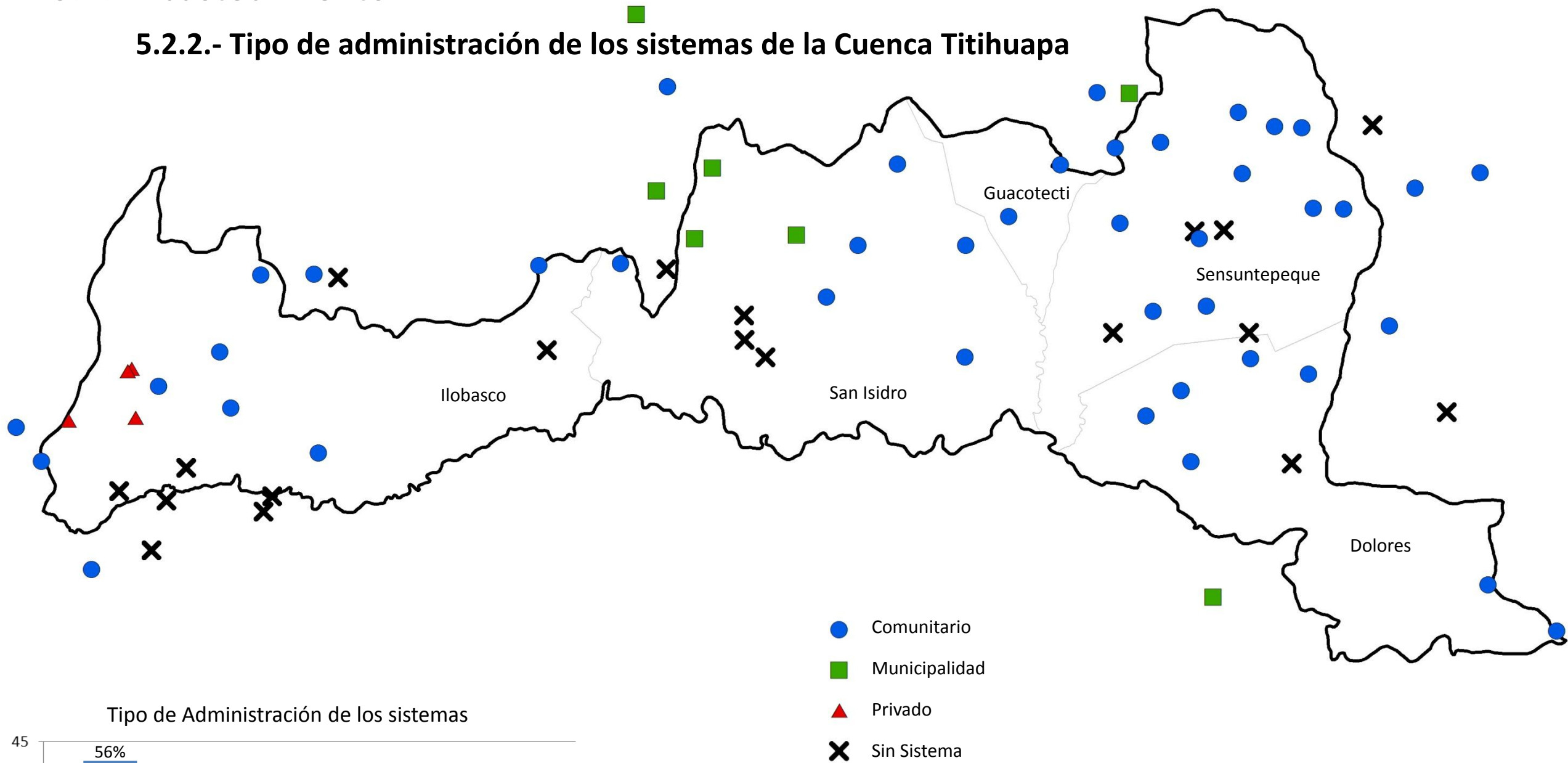
Es alarmante la situación en que se encuentran las comunidades referente al abastecimiento de este recurso. A pesar de que el estado ha firmado varios tratados y convenios donde se ha comprometido a reconocer el acceso al agua como un derecho humano, actualmente no se conoce ningún esfuerzo del estado en cumplir este compromiso. Actualmente hay serios en el estado salvadoreño por querer instalar en la zona proyectos extractivos como la minería metálica que vendrían a empeorar la crisis hídrica en la que se encuentran estas comunidades.

En la zona hay cantidad de agua suficiente, pero aun así, muchas comunidades tienen problemas de acceso y problemas de calidad del agua generando problemas de salud de las personas. La recogida de datos y observaciones de los técnicos de campo que ejecutaron el proyecto junto a la información que proporcionaron las personas de las comunidades complementa esta realidad. Lo cierto es que poco o nada se está haciendo por buscar y encontrar solución a esta problemática por parte del poder público (local y estatal) en su conjunto.



5.2.- Abastecimiento

5.2.2.- Tipo de administración de los sistemas de la Cuenca Titihuapa



El 74 % de las comunidades estudiadas tienen sistemas de abastecimiento, siendo un 26%, 19 comunidades de las 72 comunidades, que no cuentan con sistemas de abastecimiento, las cuales se abastecen de manantiales naturales, quebradas del mismo río. La gestión de los sistemas de agua en la zona Norte de la cuenca del Titihuapa está en un 79% a manos de organizaciones comunitarias entre los que se encuentran ADESCOS y las Juntas Administradoras de Agua, el 13% está bajo la responsabilidad de las municipalidades, y un 8% en la administración privada.

5.2.- Abastecimiento

5.2.2.- Tipo de administración de los sistemas de la Cuenca del río Titihuapa

Breve reseña de los servicios de agua potable.

Mediante el Decreto No. 341 del 17 de octubre de 1961 se creó la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), que según la ley de creación sería el ente responsable de implementar, operar y administrar los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para toda la población del país. Desde sus inicios ANDA ha operado principalmente en la mayor parte de las cabeceras municipales del país, exceptuando a 72 de las 262 en las que la gestión de los sistemas ha permanecido hasta hoy bajo la responsabilidad de los gobiernos municipales. Pocos años después de la constitución de ANDA, ésta realizó un convenio que fue renovándose en repetidas ocasiones con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para que este último atendiera la responsabilidad de velar por la calidad del agua y saneamiento en las áreas rurales del país. Esto permitió que se constituyese dentro de la estructura del Ministerio la unidad respectiva, que con el transcurso de los años tuvo varios nombres y jerarquías, como Acueductos Rurales, Programa de Introducción de Agua Potable en Áreas Rurales (PIAPAR), Departamento de Acueductos Rurales, y Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural, (PLANSABAR). Durante este periodo el Banco Interamericano de Desarrollo, BID, financió tres programas de agua y saneamiento; dentro de los cuales se ha construido en gran porcentaje los sistemas de abastecimiento existentes en el área de estudio. La participación del Ministerio de Salud en el agua y saneamiento rural llegó hasta 1995, cuando desapareció por completo de la estructura del Ministerio el PLANSABAR y a la vez fue creada en **ANDA la Gerencia de Sistemas Rurales**, por lo que la mayoría de proyectos implementado no contaban con el componente de saneamiento e identificación y proyección de zonas de recarga de los manantiales desde su construcción.

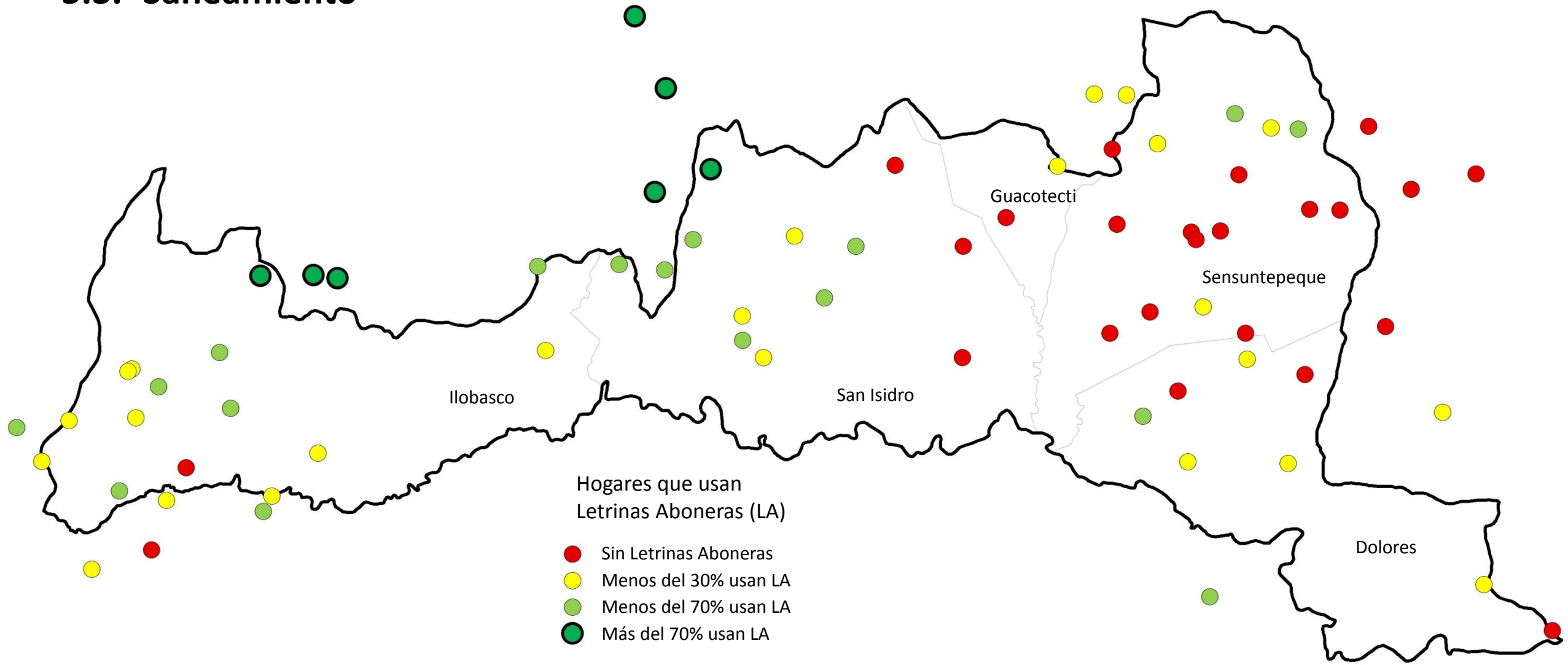
También por el lado del sector gubernamental surgieron otras entidades como el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) y la Secretaría Nacional de Reconstrucción que financiaron la construcción de sistemas de abastecimiento de agua y letrinas.

Vulnerabilidad de los sistemas de Agua y Saneamiento.

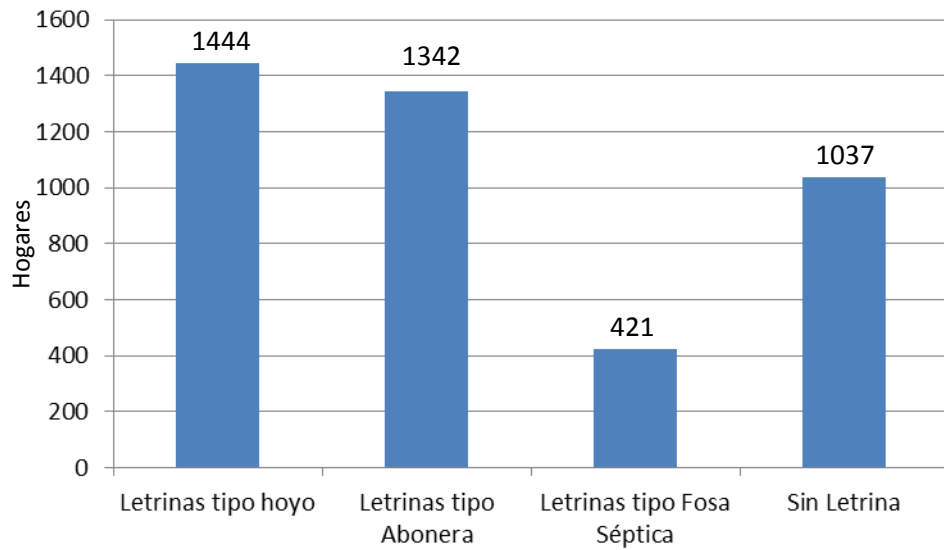
El Salvador no cuenta, con una Ley General de Agua que regule y defina responsabilidades en la gestión del recurso para sus usos más significativos: suministro de agua potable a la población, riego agrícola, entre otras. En el caso del suministro de agua potable para la población el único marco legal vigente es el de la ley de creación de ANDA, concebida a principios de la década de los sesenta cuando el modelo que se promovía era el de una entidad nacional central responsable del suministro de agua y alcantarillados a toda la población. Ese marco legal e institucional ha dado espacio a la tendencia actual de que la prestación de esos servicios pueda ser brindada por los gobiernos municipales, empresas de economía mixta o empresas privadas, estructuras administrativas débiles que vulnerabilizan el derecho humano al agua, priorizando por un lado el mercado de votos en materia electoral y por otro lado la generación de utilidades. La institucionalidad y el marco legal actual para la prestación de servicios de agua potable en áreas rurales son aún más débiles e indefinidos. Es dramática la situación de sistemas, en los que las comunidades no cuentan con apoyo técnico, subsidios por consumo en energía eléctrica (en el área de estudio solo cuenta con este beneficio El Sistema de Santa Lucia), administraciones débiles al no tener políticas de transición en los relevos de cargos en las organizaciones comunitarias, no se cuenta con reglamentos o no se aplican y además la vida útil de los sistemas comunitarios está finalizando, se determino que los año de construcción de los sistemas oscilan entre 1992 y 1996.



5.3.- Saneamiento

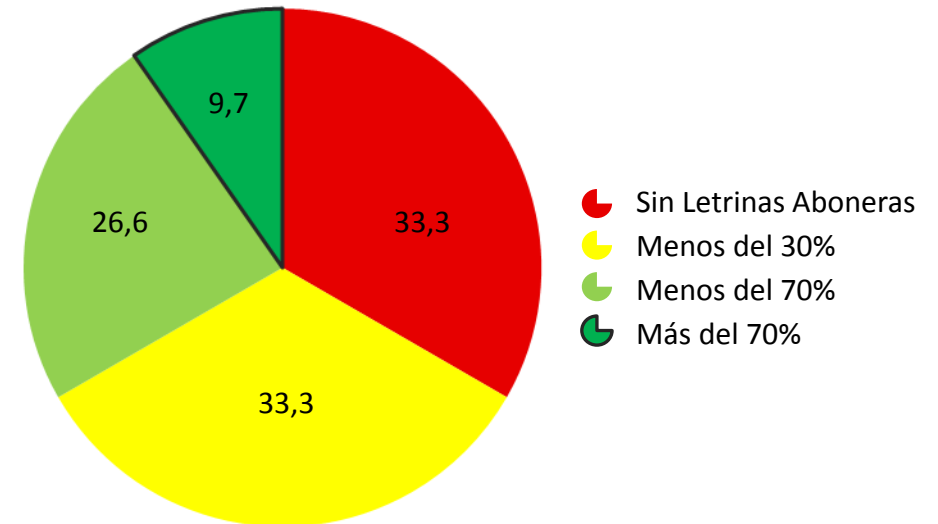


Tipología Letrinas por Hogares



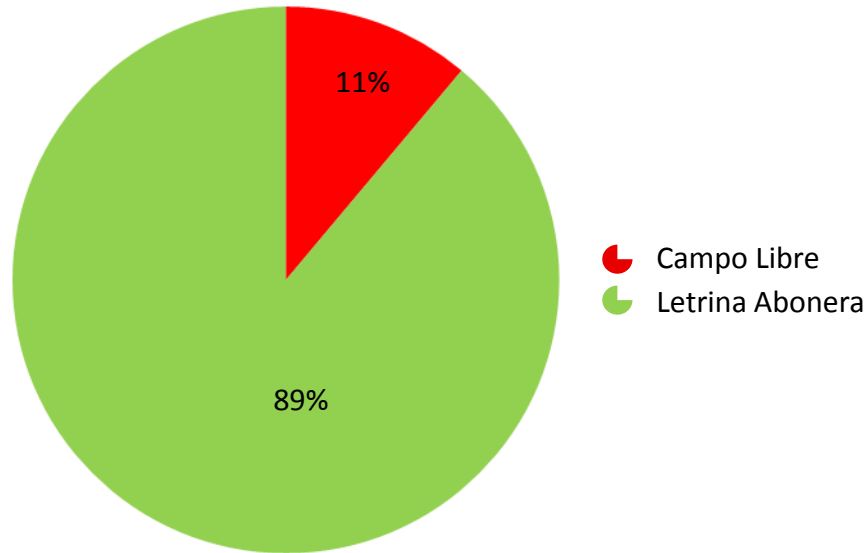
Fuente: Plan Director

Presencia de Letrinas Aboneras en Toda la Cuenca (%)



5.3.- Saneamiento

El uso de letrinas aboneras.
Disposición de Excretas (%)

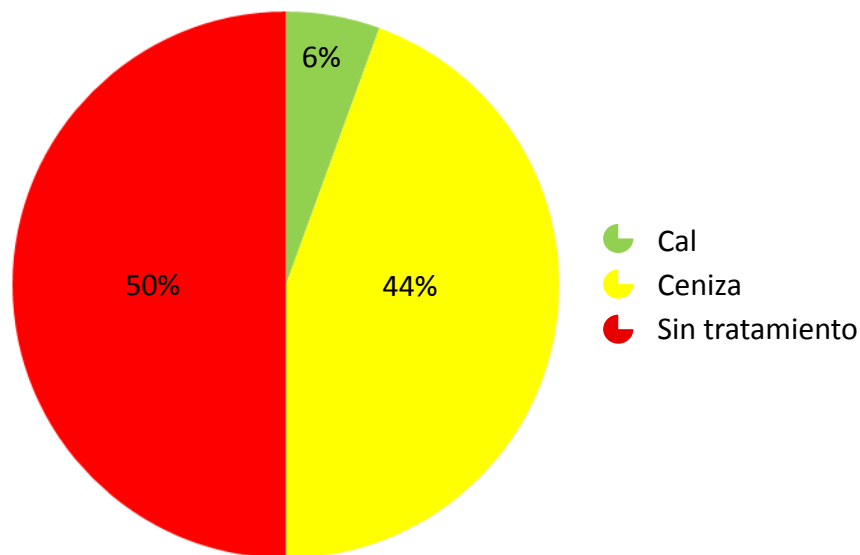


Se puede evidenciar la deuda en materia sanitaria ya que hay 1342 familias que no cuentan con ningún tipo de letrina y 1444 familias con letrinas tipo hoyo. Estos influyen de manera directa, en la calidad del agua de la zona, en las concentraciones de parámetros microbiológicos como: **Coliformes Totales, E. Coli, Bacterias Heterótrofas Totales.**

Del 89% de los hogares que tienen acceso al uso de la letrina abonera, un 50% de ellos hace un tratamiento con material secante, es decir con cal y ceniza, y el otro 50% no hacen un uso adecuado.

Si bien se han encontrado un 11% de los casos en que hay presencia de letrina abonera en los hogares, no implica que sean usadas correctamente, y se usan para otros fines, por ejemplo como almacén de materiales, esto expone a los miembros de las familias a excretar a campo libre, provocando una situación que vulnerabiliza la salud de las familias.

Tratamiento dado a la Abonera (%)



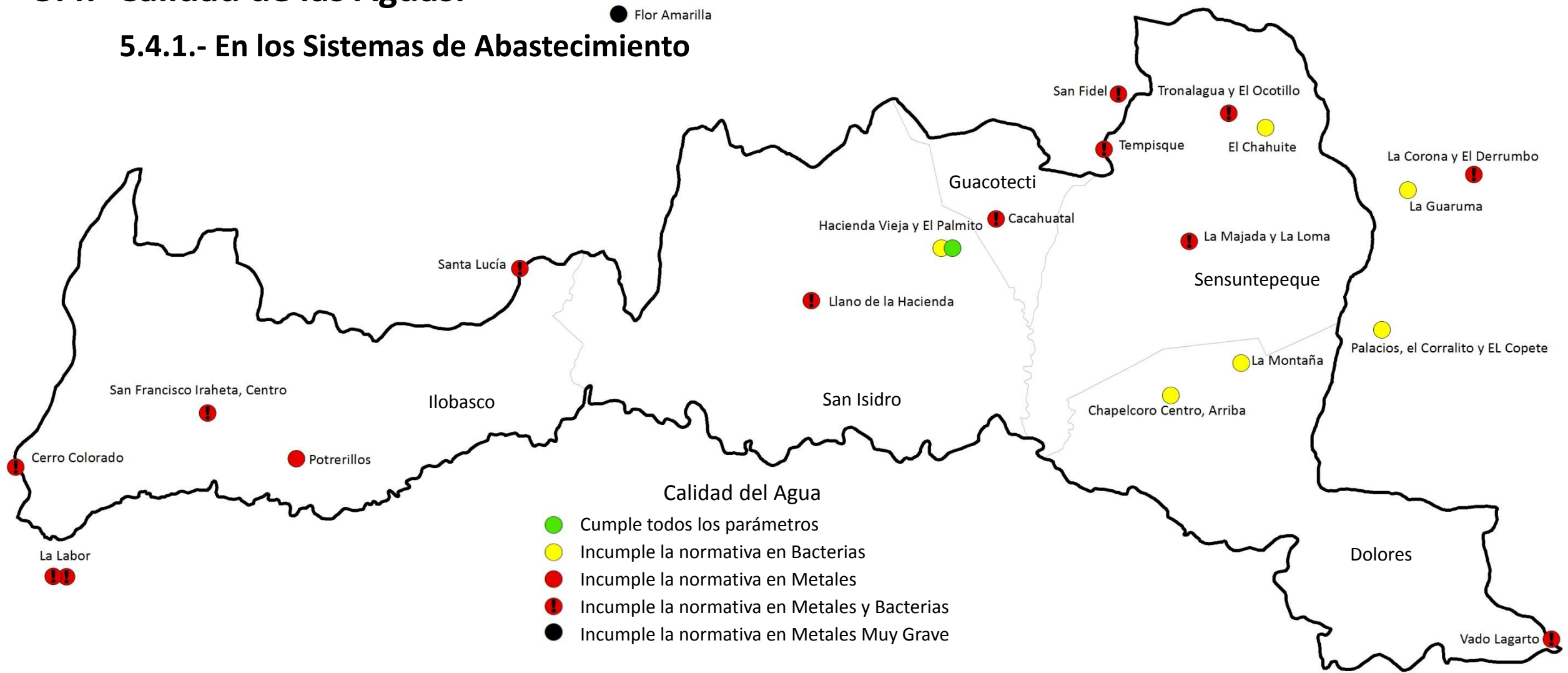
Es necesario un proceso de concientización de la población. Aun así, un aspecto a tomar en cuenta en el acceso al Saneamiento es la conciencia que han adquirido los usuarios de letrinas aboneras, y en el impacto que tiene en la calidad del agua de la zona y la importancia de un manejo adecuado.

También cabe destacar que se han encontrado comunidades que tienen sistema de agua, pero no realizan tratamientos a las aguas grises o residuales. Esto conlleva a disminuir la calidad del agua de la cuenca con lo que la adopción de tecnologías de tratamiento de aguas grises sería importante, para disminuir el impacto a los recursos hídricos.

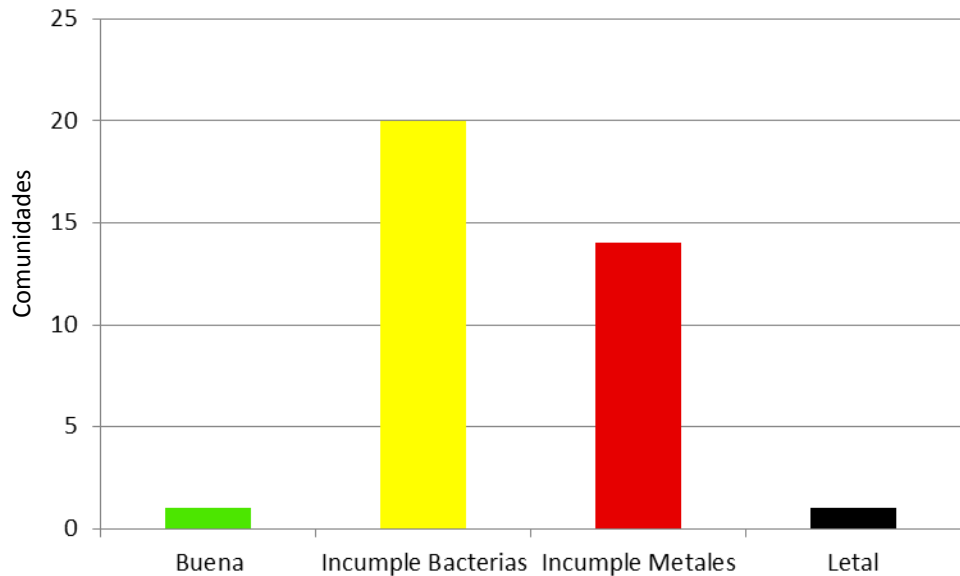
5.4.- Calidad de las Aguas.

5.4.1.- En los Sistemas de Abastecimiento

● Flor Amarilla



Análisis del Agua en los Sistemas de Abastecimiento



La situación referente a la calidad del agua en los 22 sistemas monitoreados, mostro que solo dos sistemas cumplen los requisitos de calidad del agua, los 20 sistemas restantes incumplen todos los parámetros bacteriológicos, y 16 incumplen los parámetros mínimos en cantidad de metales pesados, uno de ellos, el Sistema Flor Amarilla, tiene niveles de Arsénico muy elevados, lo cual es muy grave. La Normativa seleccionada para poder analizar la calidad del agua es la norma salvadoreña de Agua potable NSO. 13.07.01.08.

Fuente: Plan Director

5.4.- Calidad de las Aguas.

5.4.1.- Sistemas de Abastecimiento

Parámetros superiores a la norma NSO. 13.07.01.08. en los Análisis de Agua en los Sistemas Comunitarios

Comunidad	Coliformes Totales	Bacterias Heterotrofas Totales	Echerichia Coli	Mn: Manganeso	Al: Aluminio	As: Arsénico	Fe: Hierro
Cuyantepeque	>100	>100	2	0.4			
La Corona	>100	>100	16	0.3			
La Guaruma	67	>100	1				
Palacios	143	>100					
Tronalagua	2	>100		0.2			0.57
El Chaguite	48	>100	2				
Vado El Lagarto		>100		0.3			
Chapelcoro	>100	>100	>100				
La Montaña	>100	>100	>100				
Colonia San Marcos	2			7.8			
Tempisque-Cunchique	>10000	>100		0.3	2.2		
Cacahuatal	>100000	>100	>1000	0.2			
Cerro Colorado	40			0.7			
La labor	124	13	3	0.4			
Santa Lucia	>100	>100	18	0.2			
San Francisco Iraheta	>10000	146		8.2			
Potreros				0.4			
Hacienda Vieja	40	>100	7	0.3	0.29		
El Junquillo, Flor Amaria.	>3000	>100		0.5		0.06	
Llano de la Hacienda	>1000	>100	11	0.5			
La Labor		>10000					
San Francisco El Dorado							

	Cumple todos los parámetros
	Incumple la normativa en Bacterias
	Incumple la normativa en Metales
	Incumple la normativa en Metales Muy Grave

Fuente: Plan Director

Cloración

Referente a la cloración, solo los sistemas de San Isidro (EMASIC), el sistema de San Francisco El Dorado (ACOAGUA) y El sistema de la comunidad Vado El lagarto en Dolores realizan cloración eficiente, los análisis de laboratorio muestran contaminación bacteriológica bajo Norma. Los sistemas de las comunidades de Santa Lucía y el sistema la Comba en tempisque realizan cloración pero no es eficiente pues no se hace de forma adecuada y solo el sistema de la comunidad Vado el Lagarto tiene mecanismo de cloración tipo "T" cloradora. El Sistema de la comunidad San Marcos en Guactécti muestra exceso de cloro residual.

Metales pesados

Los metales pesados encontrados en las aguas de estos sistemas son considerados como no deseados en la normativa. Los estudios científicos han determinado que estos metales no son considerados tóxicos para la salud humana, pero al estar expuestos a ellos por mucho tiempo pueden causar problemas en algunos órganos del cuerpo

humano. El metal que más presencia tiene en los sistemas es el manganeso, este metal se encontró presente en 15 sistemas de los 22 monitoreados, el aluminio estuvo presente en dos sistemas, el hierro se encontró presente en un sistema y el Arsénico se encontró el sistema El Junquillo.

Contaminación Bacteriológica

La contaminación bacteriológica con Echerichia coli se encontró presente en 11 sistemas de los 22 monitoreados, la contaminación con Bacterias Coliformes Totales se presentó en 18 sistemas y la contaminación con Bacterias Heterótrofes Totales se presentó en 18 sistemas.

Historial de monitoreo

Solo en el sistema el junquillo se encontró un archivo extendido por los laboratorios de ANDA donde se hacía constar que se habían hecho análisis de agua de una muestra secada del pozo el Junquillo al momento de su perforación, pero no se realizó análisis de metales pesados. En ningún otro sistema estudiado se encontraron archivos que

mostrarán algún tipo de historial del monitoreo de sus aguas.

Diseño.

Los planos de los sistemas presentan deficiencias en su diseño; por ejemplo tramos de tubería de diámetros incorrectos, no se contemplan tanquillas rompe presión y en el caso de los dos sistemas que existen en Potreríos nos hay carpeta técnica del diseño del proyecto porque lo realizó la misma comunidad.

El sistema que se encuentra construido en la comunidad La Labor, hubo error en su construcción porque construyeron el tanque de captación en el sitio donde debió construirse el tanque de distribución.

5.4.- Calidad de las Aguas

5.4.2.- En el río

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa

A continuación se describe la calidad de agua de los ríos de la cuenca del río Titihuapa. Se tendrán en cuenta dos estudios para el desarrollo de este apartado:

- Estudio de campo donde se realizó una serie de analíticas en época lluviosa y seca a lo largo de tres años, en diferentes puntos sobre el río Titihuapa y sus tributarios, en este apartado se calcula el Índice ICA, y se analizan también los elementos encontrados.
- También se toma como referencia el Informe de la Calidad del Agua de los Ríos de El Salvador. Año 2011 realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Dirección General del Observatorio Ambiental Gerencia Hidrológica, estudio que empezó en el 2006 y que se basa en el Índice ICA.

En el estudio de campo se realizaron, como ya se ha comentado, una serie de analíticas durante tres años

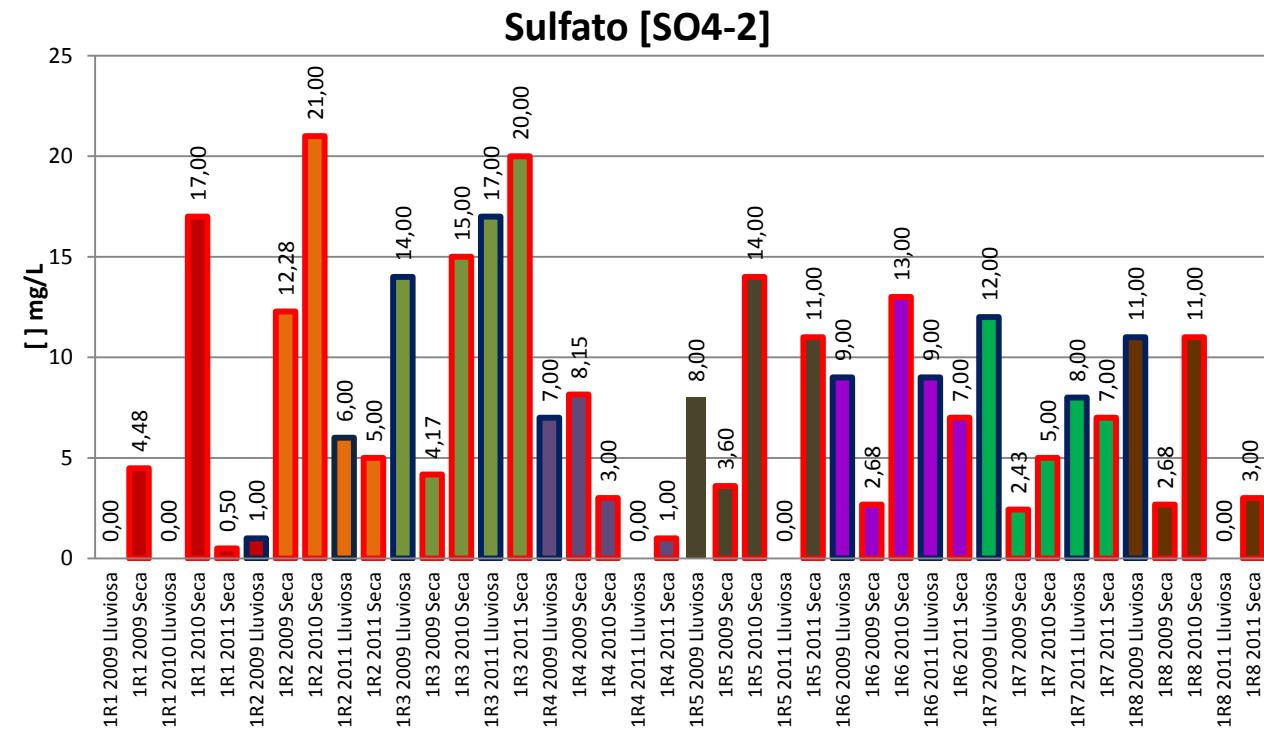
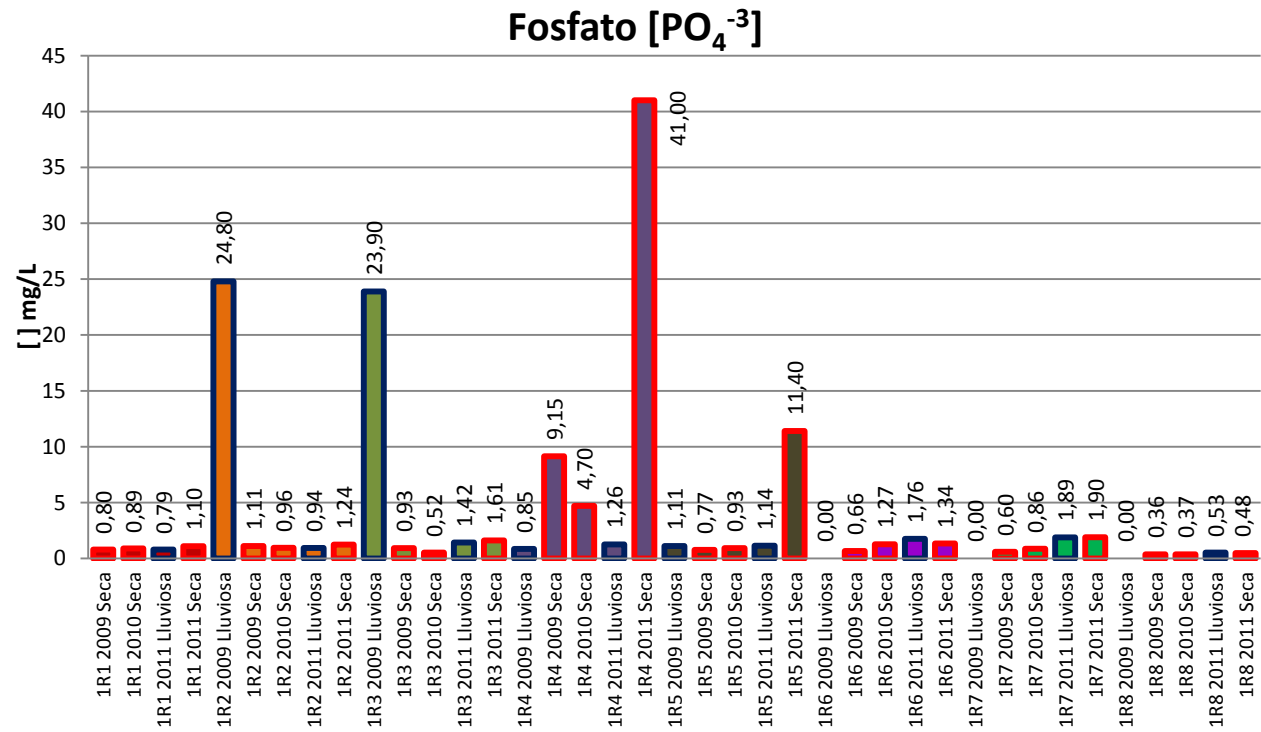
(2009, 2010, 2011), donde se analizó pH, T °C, conductividad, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, zinc, fosfatos, plomo, hierro, aluminio, arsénico, mercurio, cadmio, manganeso, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, oxígeno disuelto, color verdadero, turbidez, bacterias heterótrofas, *Escherichia coli*, coliformes totales.

Con el fin de comparar los resultados con valores de referencia. Se toma la normativas de calidad de agua para potabilizar por métodos convencionales y la normativas de aguas para riego, los valores recomendados en la norma del Decreto 51 del Diario Oficial del 16 de noviembre de 1987, y el agua de uso recreativo con contacto humano, se aplicó lo establecido por la OMS. Los valores de dichas normas de referencia se muestran a continuación.

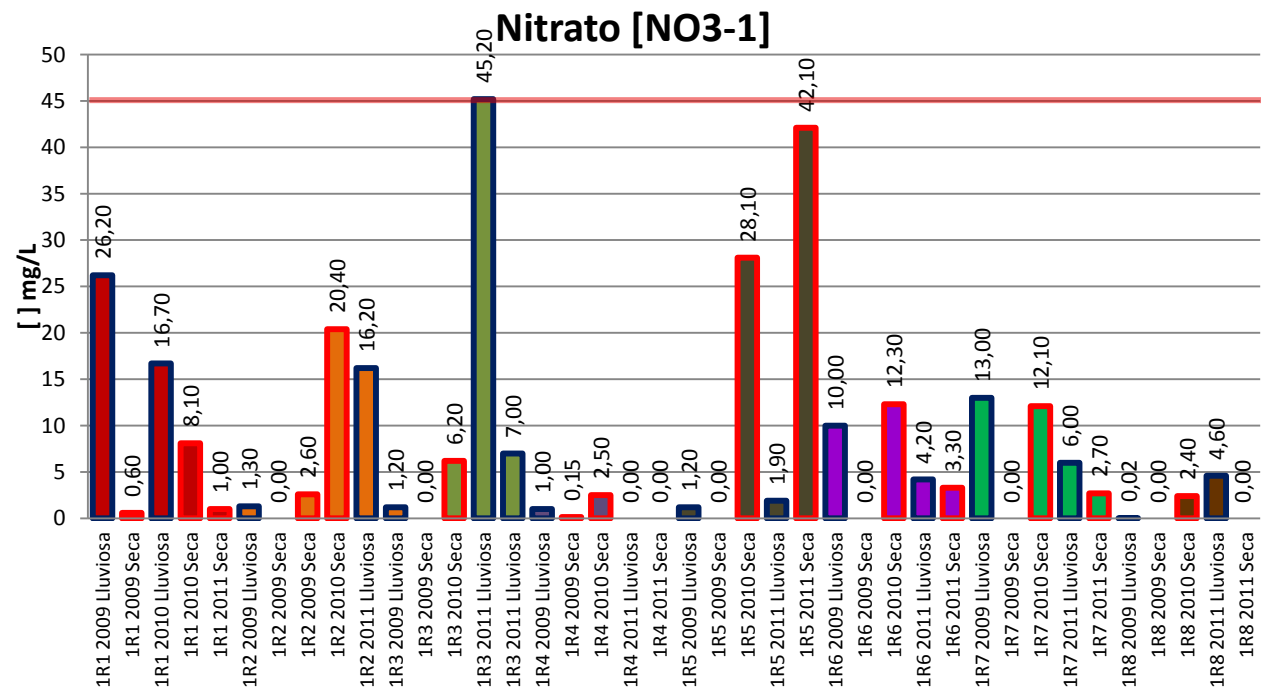
Parámetros de calidad de agua para evaluar la aptitudes de uso

	pH	Color Aparente	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	Turbidez	Cloruros	Nitratos	Sulfatos	Zinc	Cobre	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Solidos Totales	Coliformes fecales
Unidades	pH	Pt-Co	uS/cm	mg/L	FAU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL
Riego	6.5 - 8.4		0 - 750			≤ 195		≤ 200					≤ 1000
Agua Potable	6.5 - 9.2	0 - 150		4.0 - 6.5	0 - 250	0 - 250	≤ 45		≤ 5	0 - 1	0 - 4	0 - 600	≤ 1000
Actividades Recreativas				≥ 7	≤ 10								≤ 1000

5.4.2.1.- Analíticas de los ríos de la cuenca del Titihuapa



Límite para Riego: ≤ 200 mg/L



Límite para Agua Potable: ≤ 45 mg/L

Fosfato, nutriente fundamental junto con el nitrógeno en todos los seres vivos, los contenidos altos en las aguas de este compuesto producen eutrofización y el crecimiento incontrolado de biomasa acuática. El fósforo presente en el agua suele tener su origen en abonos fosfatados y detergentes.

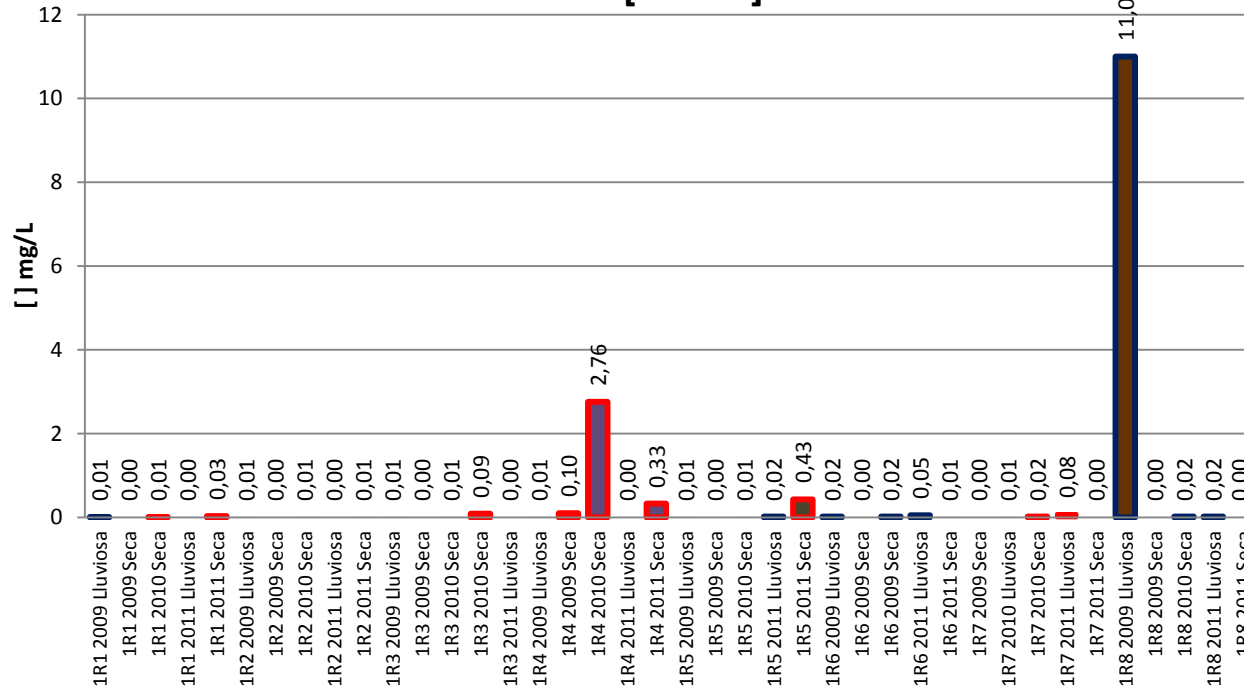
Sulfatos, corresponden a sales moderadamente solubles a muy solubles. En aguas dulces la concentración varía entre 2 – 150 (mg/L). Los Sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua.

Nitratos (NO₃⁻), Nitritos (NO₂⁻), y Amonio (NH₄⁺), el amonio compuesto intermedio que se forma durante la degradación biológica de compuestos orgánicos nitrogenados como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos..., los cuales forman parte de los seres vivos, el amonio junto con el nitrógeno orgánico es un indicador de que un curso de agua ha sufrido una contaminación reciente de tipo orgánica.

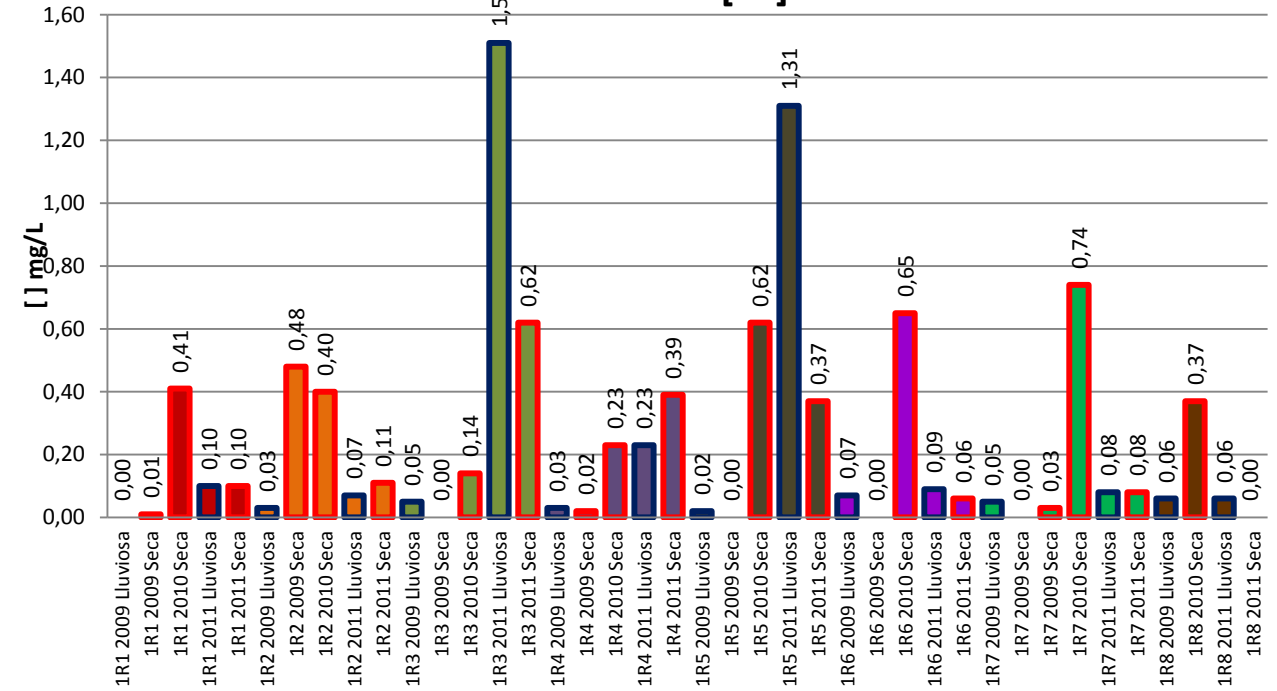
La oxidación aeróbica de nitrógeno orgánico y compuestos amoniacales, produce nitritos como productos de reacción, posteriormente de estos nitritos se oxidan a nitratos, por lo que un elevado contenido en nitratos y simultáneamente bajo en amonio, indica que se trata de un agua contaminada hace tiempos.

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa

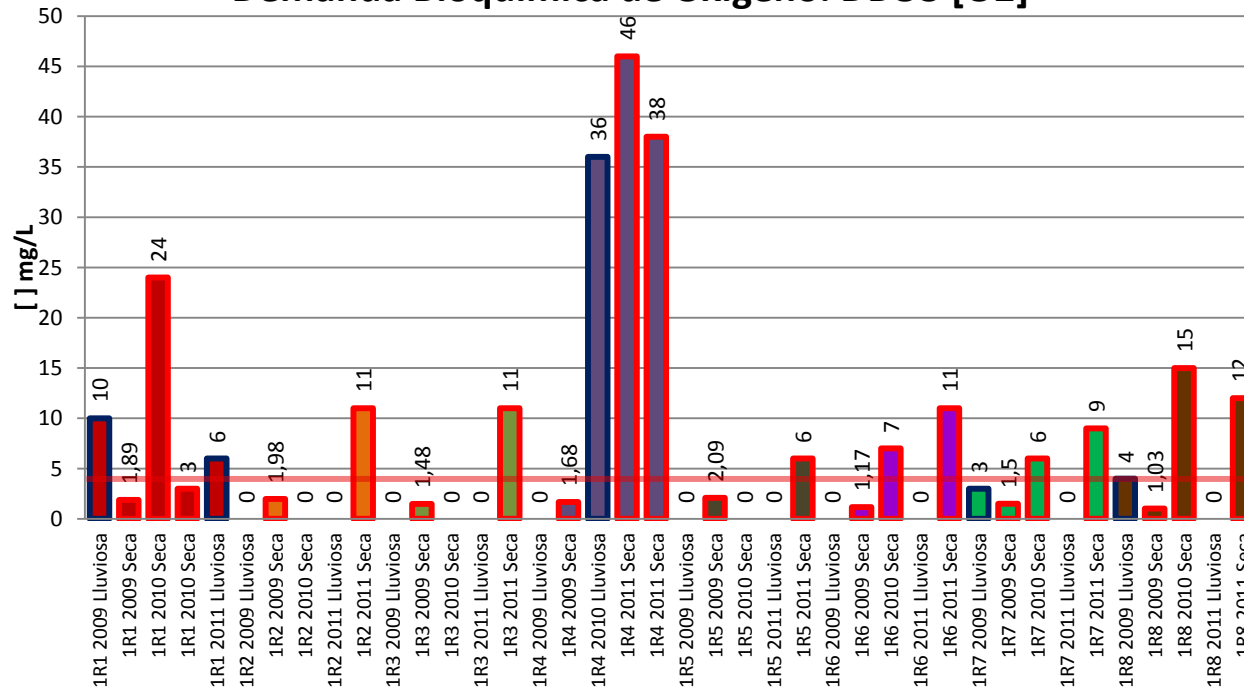
Nitrito [NO2-1]



Hierro Total [Fe]



Demanda Bioquímica de Oxígeno. DBO5 [O2]



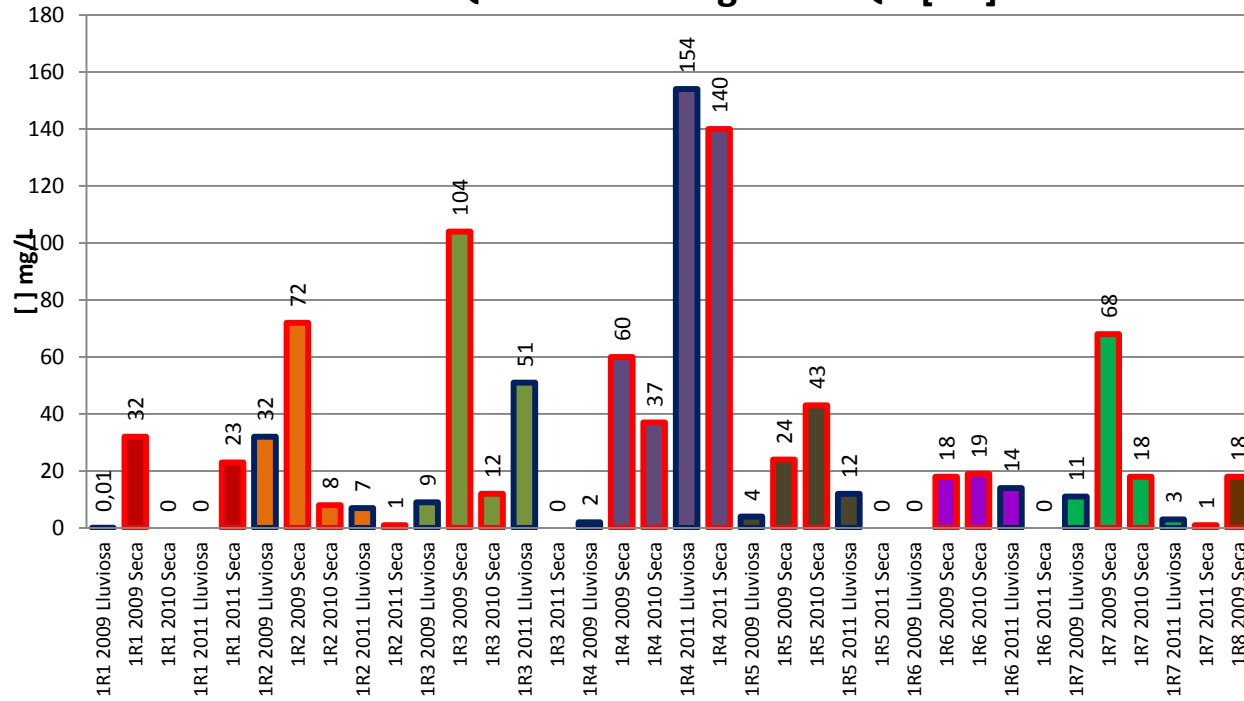
Límite para Agua Potable: 0 – 4 mg/L

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno** es una medida que informa sobre la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en una muestra dada, sin aportar información de la naturaleza de esta materia orgánica. Se debe considerar que un valor de **DBO** no indica que el nivel de contaminación sea bajo, dado que pueden existir sustancias refractarias (difícilmente biodegradables) o incluso tóxicas, las cuales inhiben procesos biológicos. Se suele determinar que cuando **DBO5** la materia orgánica presente en la muestra de agua es fácilmente biodegradable, en tanto que el cociente es inferior a 0,2 se considera que la materia orgánica presente en la muestra es escasamente biodegradable.

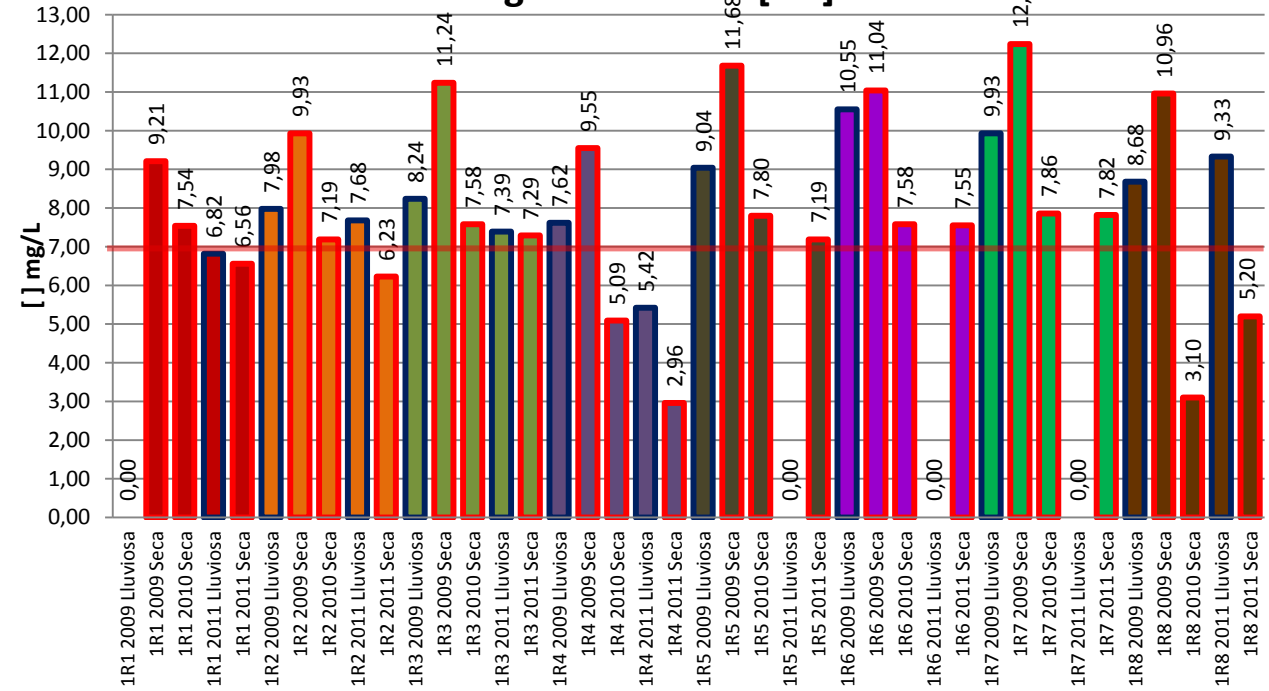
Iones de metales pesados, se incluyen aquí elementos esenciales para la vida como el hierro junto con otros de gran toxicidad como el cadmio, cromo, mercurio, plomo, arsénico. Su presencia en agua viene a indicar por lo general vertidos de tipo industriales y su presencia tiene una alta relación con el pH y el potencial redox (Eh).

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa

Demanda Química de Oxígeno. DQO [O₂]



Oxígeno Disuelto [O₂]

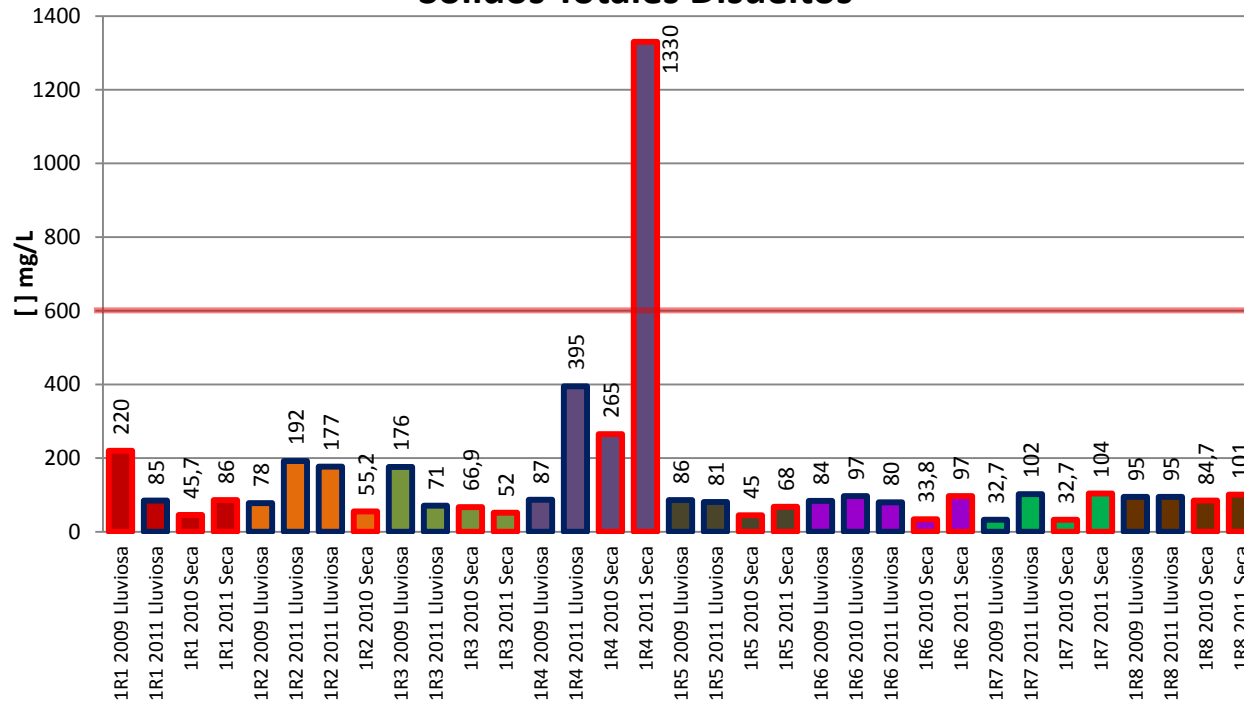


Límite para Actividades Recreativas: ≥ 7 mg/L

Demanda química de oxígeno (DQO), método rápido para la determinación del carbono oxidable en una muestra dada, o cantidad de oxígeno consumida (mg/L) por los compuestos orgánicos presentes en muestra de agua. Siempre el valor de DQO ha de ser mayor que el de DBO5, pues no toda la materia oxidable químicamente ha de ser biodegradable. Se suele determinar que cuando **DQO<0,5** la materia orgánica presente en la muestra de agua es fácilmente biodegradable, en tanto que el cociente es inferior a 0,2 se considera que la materia orgánica presente en la muestra es escasamente biodegradable.

Oxígeno disuelto (OD), parámetro que tiene una clara dependencia en relación con la temperatura como determina la Ley de Henry, disminuyendo el oxígeno disuelto con el aumento de la temperatura. Se considera que la concentración máxima para el oxígeno disuelto en un rango de temperatura oscila en un valor medio de 9 mg/L, cuando la concentración del oxígeno disuelto se encuentra por debajo de 4 mg/L se considera que el agua no es apta para la vida.

Sólidos Totales Disueltos

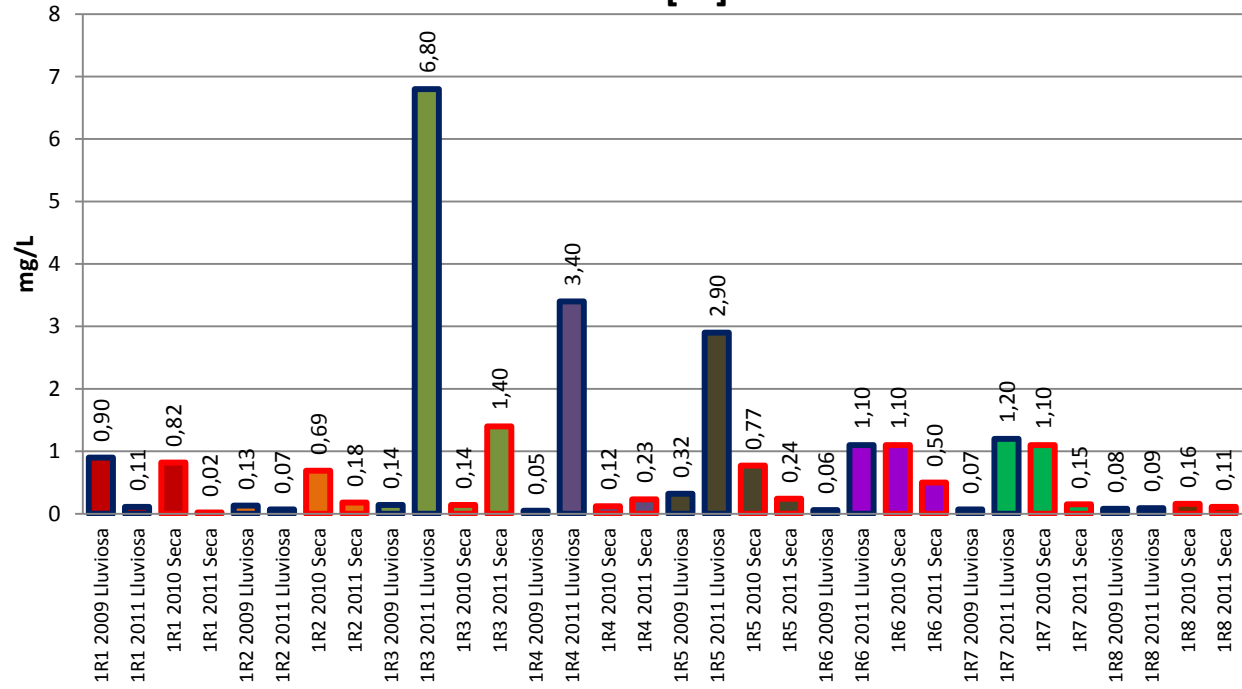


Límite para Agua Potable: 0 – 600 mg/L

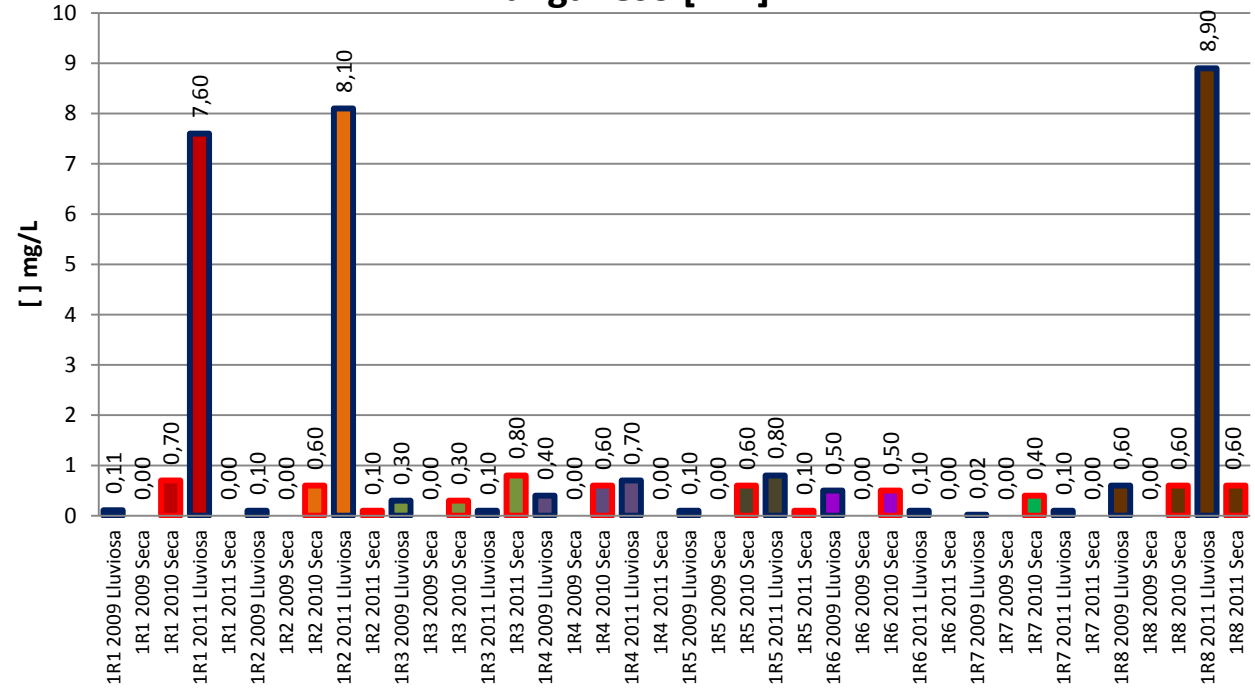
Sólidos Disueltos Totales (SDT). El término sólido hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua, a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite de 600 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable.

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa

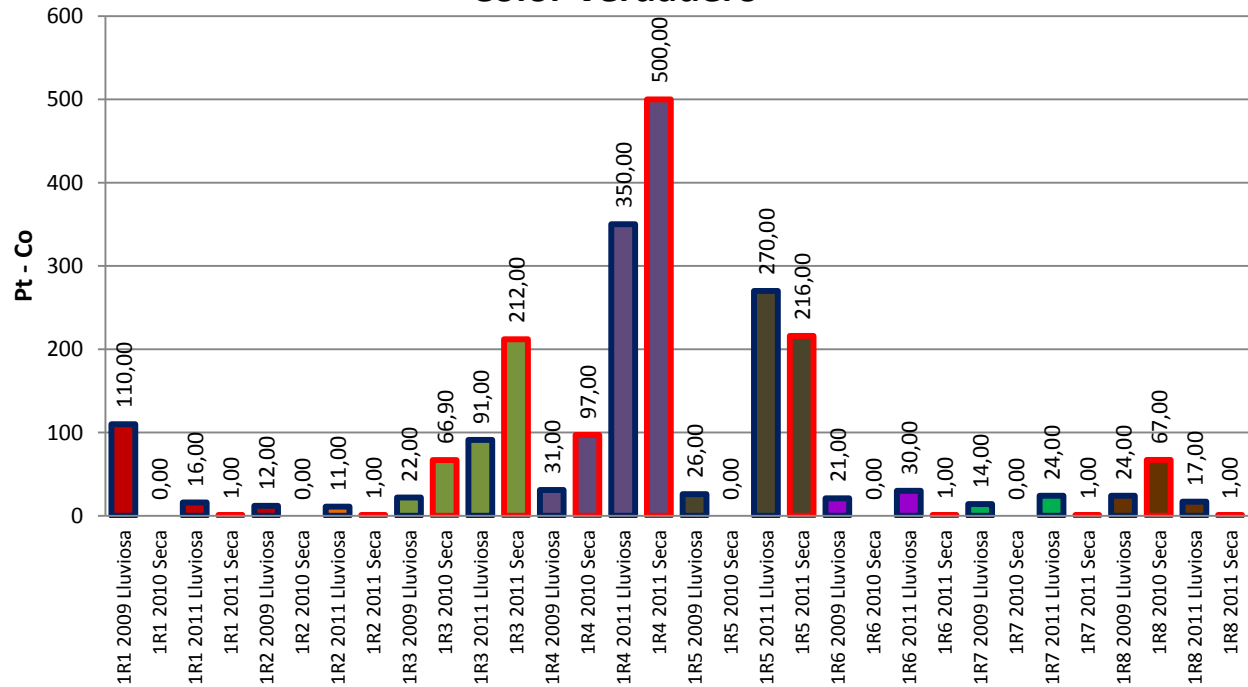
Aluminio [Al]



Manganeso [Mn]



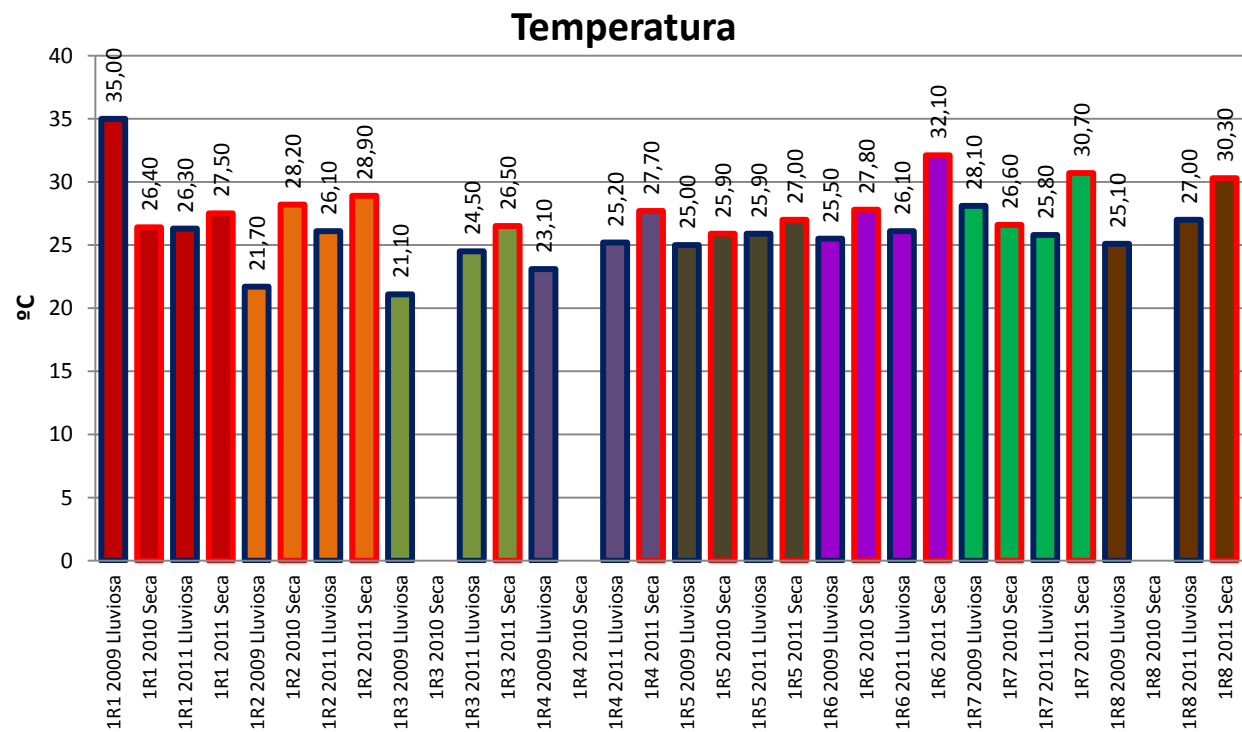
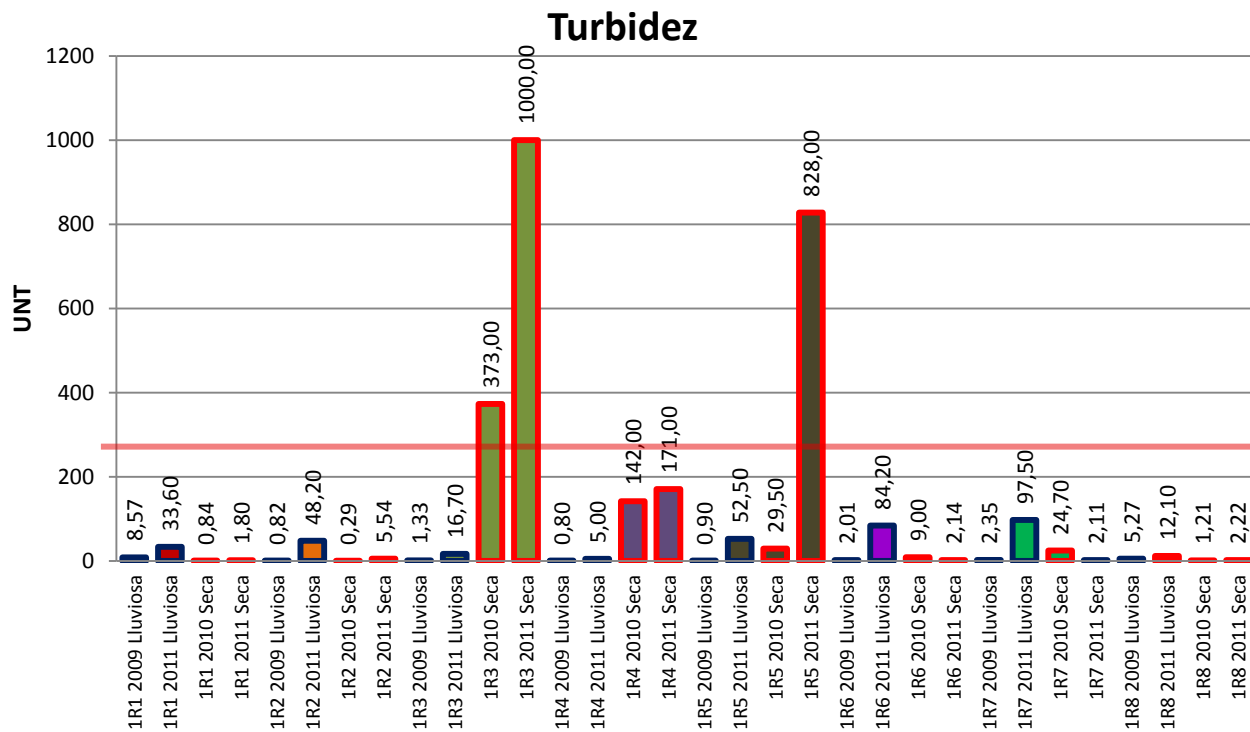
Color Verdadero



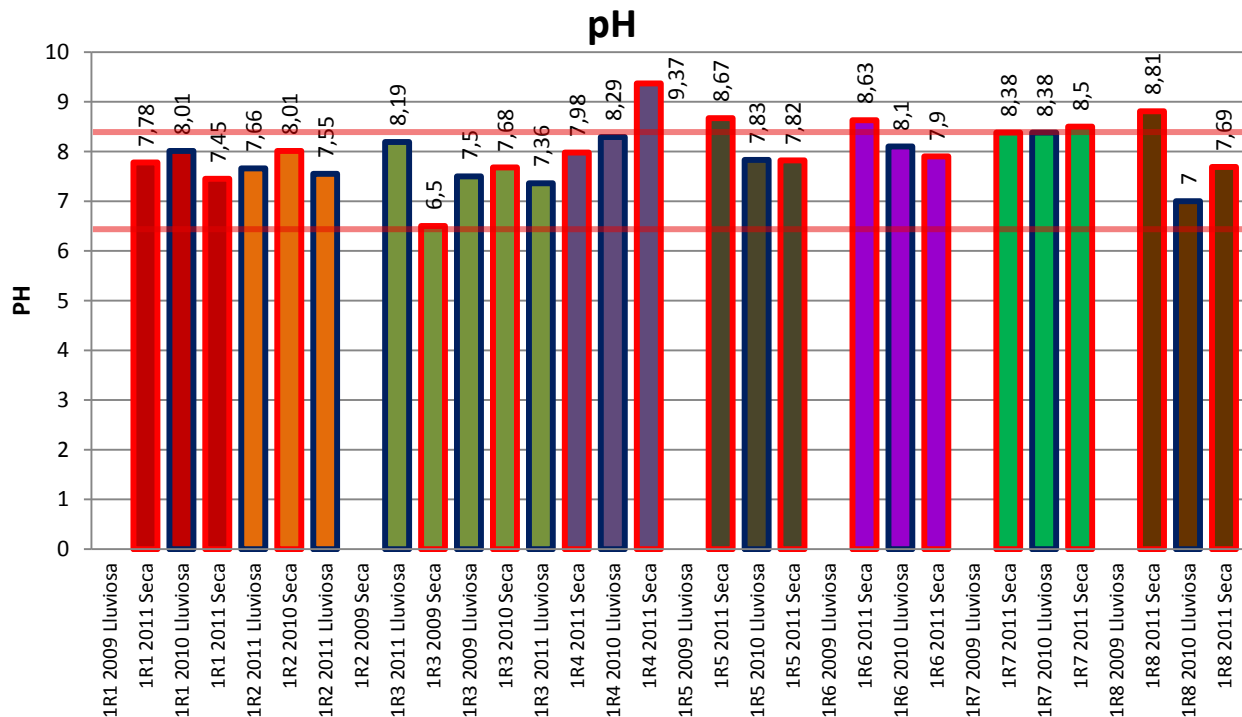
Color verdadero, es el color que tiene el agua causado por sustancias disueltas de origen orgánico.

Aluminio (Al), Manganeso (Mn), Los materiales aquí representados están descritos en la página anterior dentro de **Iones de metales pesados**

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa



Límite para Agua Potable: 0 – 250 FAU



Límite para Riego: 6.5 – 8.4 pH

Turbidez, medida indirecta de los sólidos sedimentables. La turbidez es una medida importante en aguas potables ya que pequeñas partículas coloidales, pueden ser portadoras de patógenos. La turbidez en cursos de agua naturales implica la falta de penetración de la luz natural y por tanto modifica la flora y la fauna subacuática.

Temperatura, tiene una incuestionable importancia en el desarrollo de diferentes procesos que se llevan a cabo en el agua, un aumento de la temperatura conlleva la modificación de la solubilidad de sustancias, lo que implica una disminución de los gases disueltos según la Ley de Henry y aumento de sólidos en disolución. Por otro lado la actividad biológica se duplica aproximadamente cada diez grados centígrados en base a la ley de Vant'hoff – Arrhenius (ley del Q10), si bien superado cierto valor característico de las especies, este aumento pasa a inhibir o ser letal para los organismos, por lo que un aumento anormal suele tener causas antrópicas, vertidos industriales de intercambio de calor.

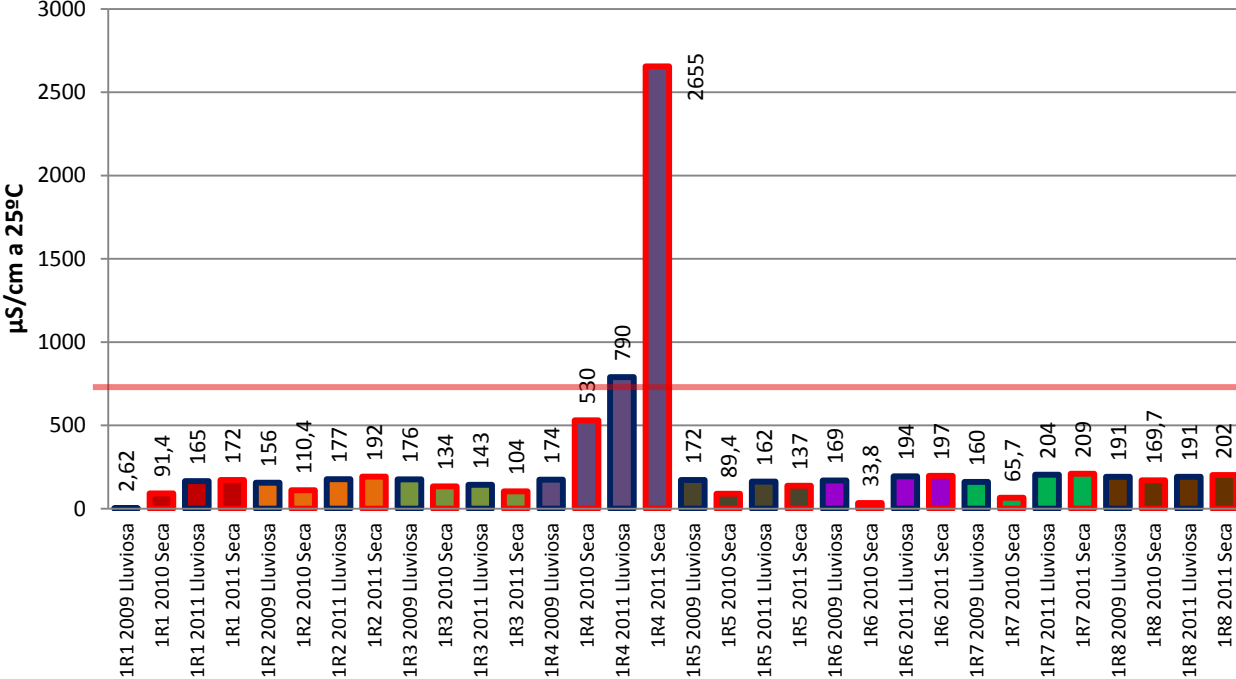
pH, valor indicativo de la acidez o alcalinidad de un agua. Este parámetro es el antilogaritmo de la concentración de iones hidrógeno (H⁺), el valor del pH se mueve entre 0 – 14, siendo pH neutro 7, por tanto se considera pH ácido de 0 – 7 y pH básico o alcalino de 7 – 14.

El agua natural el pH oscila por lo general entre 6 – 8, estando en equilibrio con el dióxido de carbono, bicarbonato y carbonatos los responsables del tamponamiento del pH del agua natural a los valores mencionados.

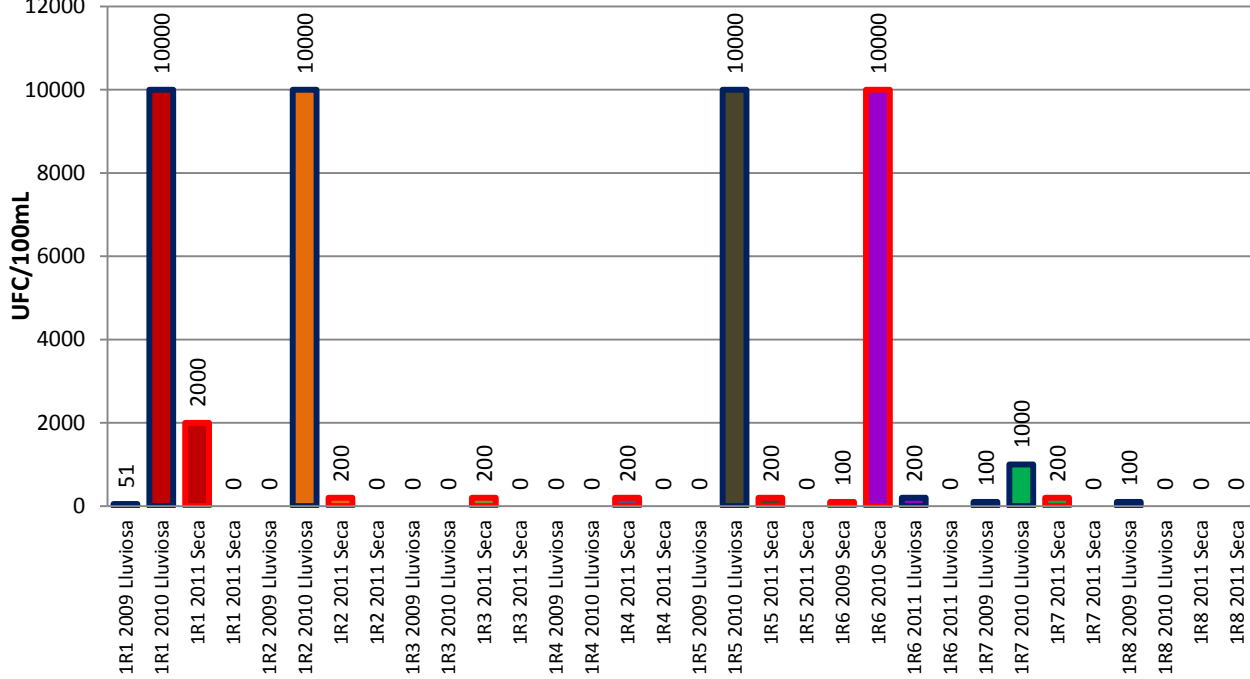
El valor de pH para aguas potables está entre 6,5 – 9,2 y para riego entre 6.5 – 8.4, es importante conocer el valor de pH, ya que este determina la corrosión o incrustación de las sales presentes en un agua en instalaciones, así como en la capacidad de desinfección del cloro...

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa

Conductividad Eléctrica



Bacterias Heterotrofas Totales



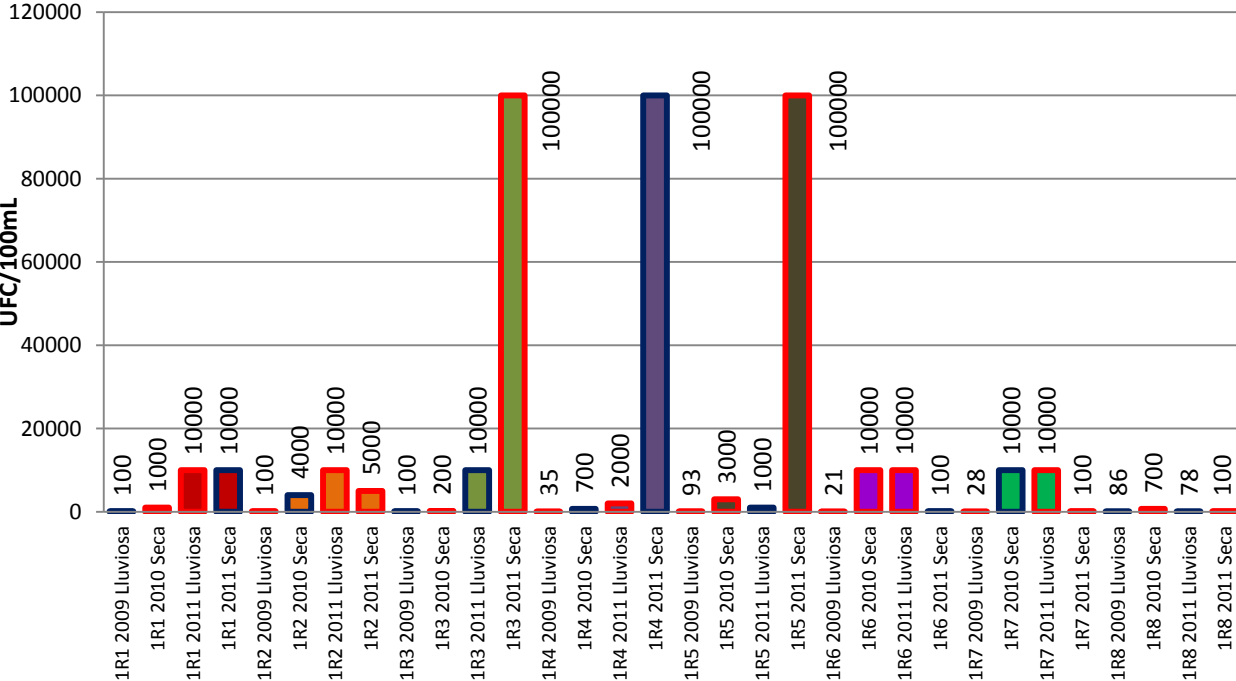
Conductividad eléctrica, el agua pura se comporta como aislante eléctrico, son las sustancias disueltas en ella, las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Por lo que la conductividad eléctrica da una referencia sobre las sustancias disueltas en el agua.

Bacterias heterótrofas, bacterias que utilizan compuestos orgánicos elaborados por otros seres vivos a los que parasitan o aquellas que viven sobre sustancias orgánicas, descomponiéndolas o aquellas bacterias simbióticas, que viven en ayuda mutua con organismos vegetales o animales. A los microorganismos heterótrofos, se les ha dado hasta la fecha poca importancia en cuanto al control de la calidad bacteriológica del agua potable, ya que principalmente se considera como una información más referida a la calidad técnica del agua que a la calidad sanitaria, la información técnica indica la calidad tanto del proceso de tratamiento aplicado como del estado de la red de distribución, aunque últimamente hay una mayor tendencia a considerar a las bacterias heterótrofas del agua como posibles patógenos oportunistas.

Escherichia coli, bacteria perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*, habita el tracto intestinal de seres humanos y animales de agua caliente, esta bacteria puede causar infecciones gastrointestinales. Debido a su especificidad, está considerada como un buen indicador de contaminación fecal reciente, a su vez se relaciona con vertidos de aguas domésticas, es considerado el índice de contaminación fecal más adecuado.

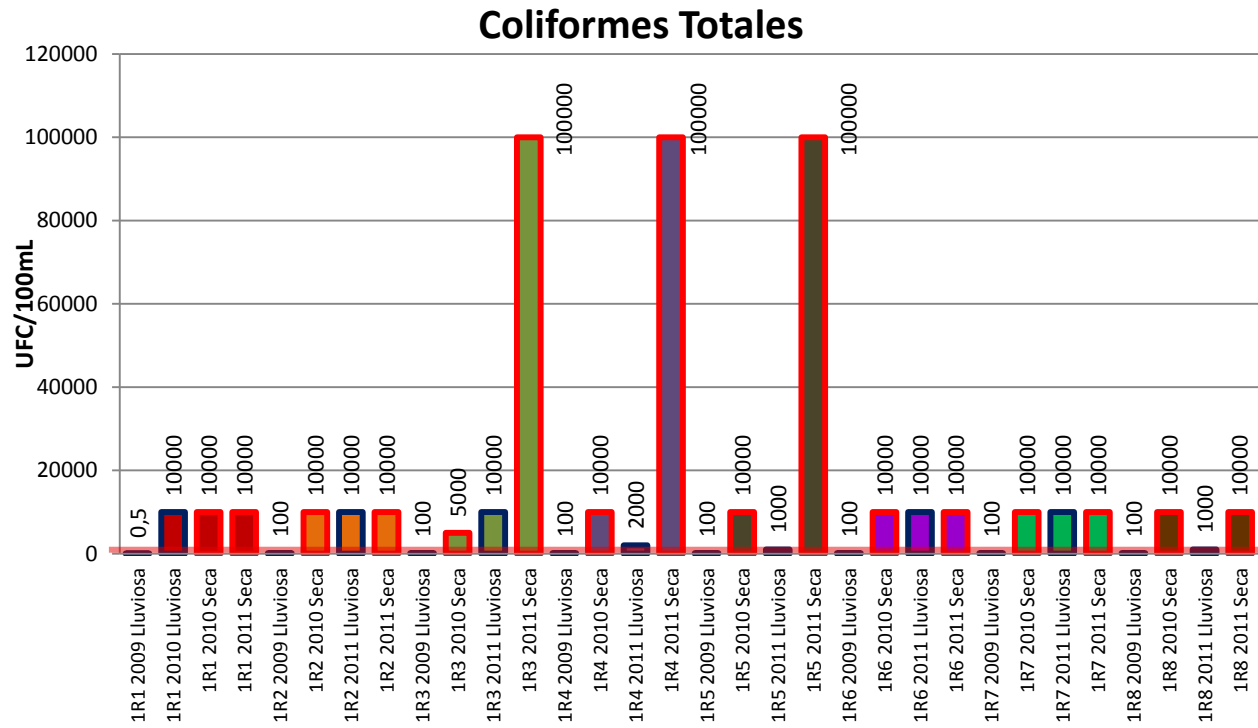
Límite para Riego: 0 – 750 uS/cm

Echerichia Coli



Fuente: Plan Director

5.4.2.1.- Analítica de los ríos de la cuenca del Titihuapa



Límite para Agua Potable: ≤ 1000 NMP/100mL

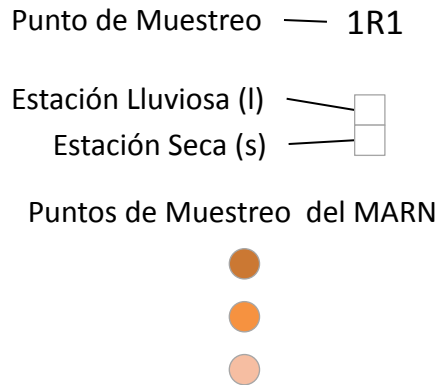
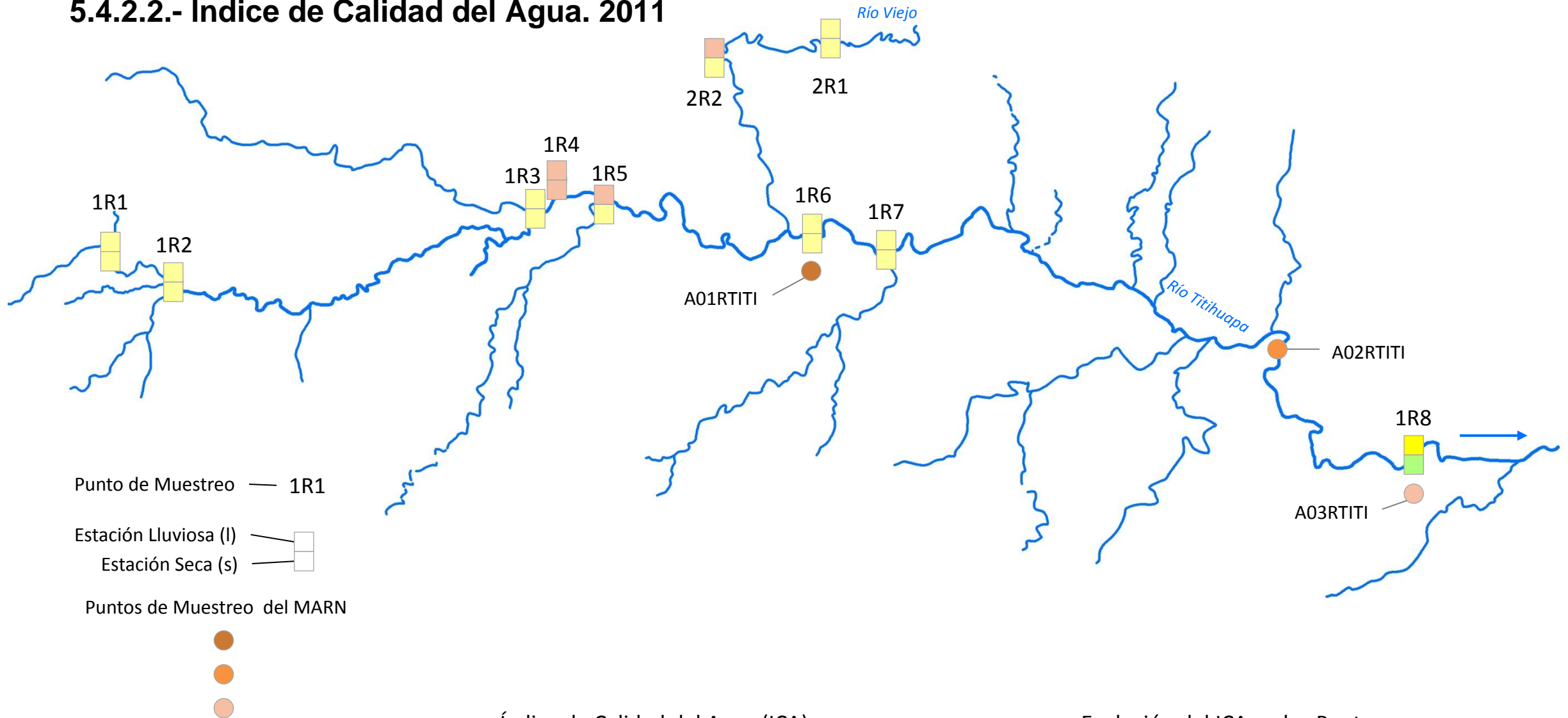
Fuente: Plan Director

Coliformes fecales o termotolerantes, subgrupo de bacterias entéricas, fermentantes de la lactosa a temperaturas elevadas. Este grupo está formado por bacterias como la *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter ssp.*

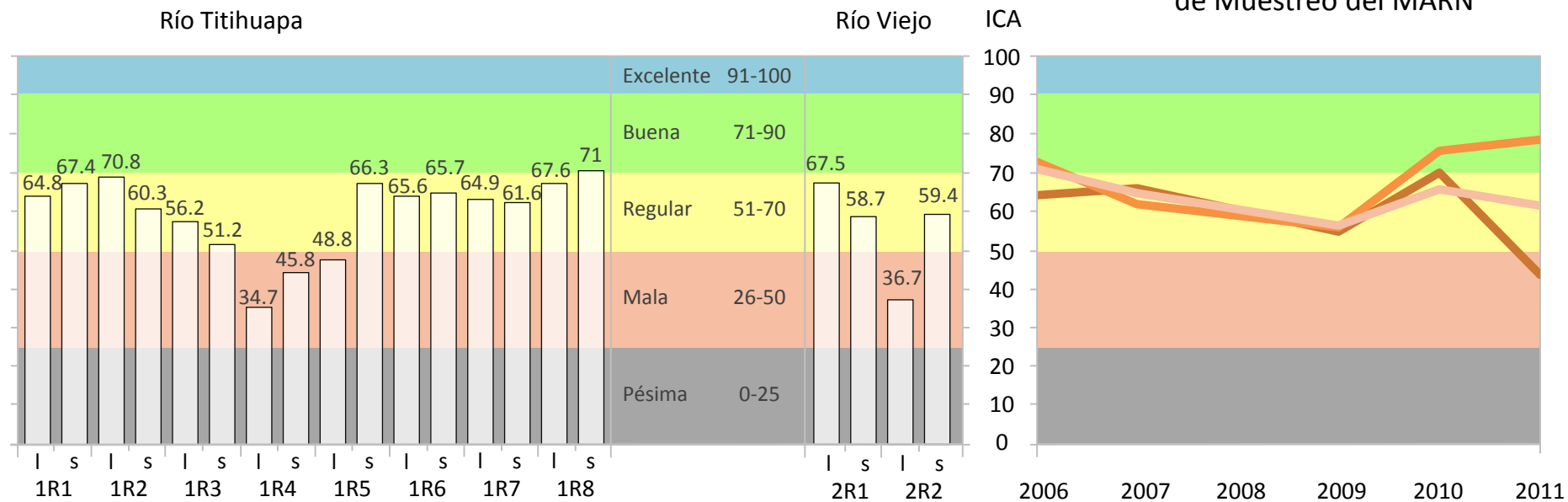
Estas bacterias se caracterizan por localizarse en el tracto digestivo del ser humano y de animales de sangre caliente, por lo que su principal origen son las deyecciones animales, aunque algunas pueden ser encontradas de forma natural en la naturaleza. Son estas bacterias, la coliformes fecales, los responsables por lo general de la contaminación de agua por microorganismos. Las dolencias transmitidas por el agua son causadas por bacterias, virus y parásitos como protozoos y helmintos, estos microorganismos se encuentran en las deyecciones de individuos infectados y cuando las heces de estos individuos llegan a los cursos de agua la contaminan. La razón para controlar los niveles de coliformes fecales es debido a la correlación existente entre estos y los patógenos.



5.4.2.2.- Índice de Calidad del Agua. 2011



Índice de Calidad del Agua (ICA)



Fuente: Plan Director

5.4.2.2.- Índice de Calidad del Agua. 2011

Índice de Calidad de las Aguas (ICA)

En cuanto a la valoración de la calidad de las aguas esta se hace como la evaluación de la naturaleza química, física y biológica, en relación con la calidad natural, efectos humanos así como usos posibles. Con el fin de hacer una interpretación más comprensible de los datos del monitoreo de aguas, es normal el uso de índices de calidad de las aguas, estos son herramientas que compilan el ingente número de parámetros medidos a una simple expresión en base a un marco de referencia. Para el presente trabajo se utilizó el Índice de Calidad del Agua (ICA).

La base del cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) es la normalización de los parámetros que lo componen en relación a sus concentraciones, para hacer la ponderación de cada uno de estos parámetros en base a la impronta que marcan en la calidad de las aguas, esta ponderación se hace a través de distintas funciones matemáticas.

Los parámetros que se manejan para la realización del ICA son de las categorías siguientes: nivel de oxígeno, eutrofización, salud, sustancias en disolución y características físicas y suelen ser: oxígeno disuelto, pH, DBO, nitratos, coliformes fecales, temperatura, turbiedad y

sólidos disueltos totales.

El ICA emplea asignación de pesos (W) a cada uno de los parámetros que los conforman. Estos pesos están en relación a la importancia de cada parámetro en la calidad de las aguas, el oxígeno disuelto y coliformes fecales presentan los mayores pesos.



Resultados Obtenidos

Los resultados muestran que ninguno de los puntos analizados tienen calidad excelente según el ICA, teniendo la mayor parte, para todos los años, calidad regular.

Destacan los puntos 1R3, 1R4 y 1R5 como los que ofrecen peores resultados dando una calidad mala en base al ICA. Comparando los resultados de las analíticas realizadas para este estudio con la realizadas por la Dirección General del Observatorio Ambiental Gerencia Hidrológica que depende del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, lo que en conjunto ofrece una serie histórica de 6 años (2006 – 2011), se determina una tendencia progresiva hacia el deterioro de la calidad ambiental del agua del Río Titihuapa.

Las causas de esta baja calidad de las aguas se debe a contaminación orgánica, debida a poblaciones sin sistemas de saneamiento o saneamiento deficitario y a porquerizas situadas en la zona de estudio, esta conclusión se obtiene

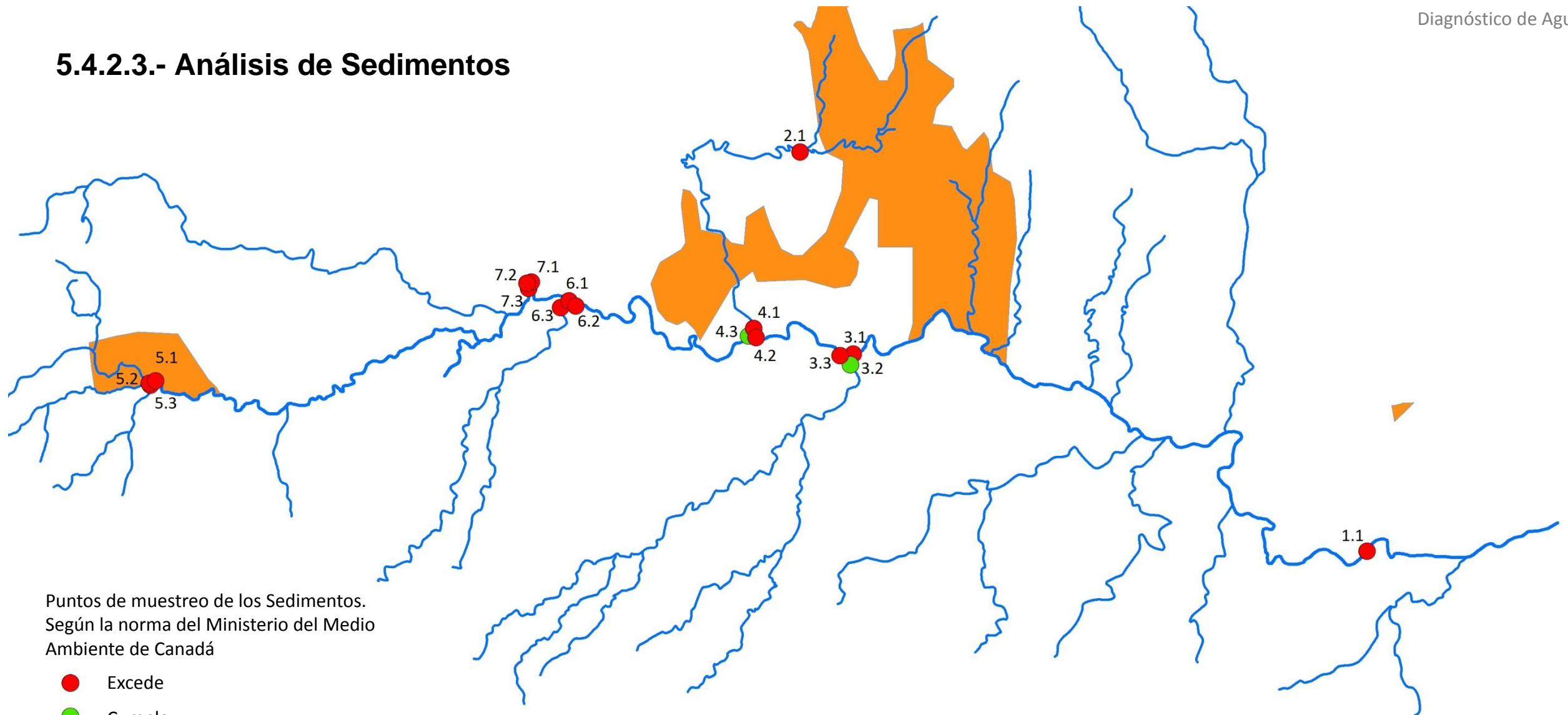
debido a la correlación existente entre los puntos de muestreo y la distancia a los focos de contaminación. Resulta alarmante los valores de Coliformes totales y fecales, así como de *E. coli*. en cuanto al análisis microbiológico. Y los valores anormales y significativos de los indicativos físico – químicos de contaminación orgánica, como son los valores excesivamente bajos de DBO y DQO, y lo valores altos de conductividad, sólidos en suspensión y turbidez.

Destacando mayores episodios de contaminación orgánica preocupante en los puntos 1R3 y 1R4, que se sitúan aguas abajo de las porquerizas. O los puntos de muestreo 1R1 y 1R2 debajo de grandes centros de población.

En cuanto a las concentraciones de metales pesados como era de esperar en base al pH del agua, el cual está en valores de neutro a básicos, donde por lo general los metales no se encuentran en sus especies solubles. Esto

implica que no encuentren valores anormales, por lo que muchos de ellos aparecen por debajo de la concentración de los aparatos de medida. Se puede decir que la concentración de metales pesados en agua (solubles) es normal en base al pH del agua, por lo que más adelante se analizarán los sedimentos que resulta ser un mejor indicativo de la contaminación con metales.

5.4.2.3.- Análisis de Sedimentos



Puntos de muestreo de los Sedimentos.
Según la norma del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá

● Excede

● Cumple

■ Formación Morazán

Muestra/ Lugar	Hg	Cr	As	Pb	Cd
1.1 Puente Titihuapa	< 0.0005	6.33	11.3	6.26	< 0.05
2.1 R. Sn Isidro, Cerro Avila	< 0.0005	4.24	24.05	13.49	< 0.05
3.1 Amatitan-Titihuapa, Abajo	< 0.0005	< 0.05	13.58	5.68	< 0.05
3.2 R. Amatitan	< 0.0005	6.93	4.04	5.19	< 0.05
3.3 Amatitan-Titiuapa, Arriba	< 0.0005	7.93	23.63	7.02	< 0.05
4.1 San Isidro-Titihuapa, Arriba	< 0.0005	2.54	5.51	6.56	< 0.05
4.2 R. San Isidro	< 0.0005	< 0.05	23.34	6.08	< 0.05
4.3 San Isidro-Titihuapa, Abajo	< 0.0005	< 0.05	11.26	5.8	< 0.05
5.1 R. Chiquito	< 0.0005	< 0.05	8.54	12.17	< 0.05
5.2 Chiquito-Titihuapa, Arriba	< 0.0005	< 0.05	13.83	4.12	< 0.05
5.3 Chiquito-Titihuapa, Abajo	< 0.0005	< 0.05	13.26	5.72	< 0.05
6.1 R. Machacal	< 0.0005	< 0.05	11.68	4	< 0.05
6.2 Machacal-Titihuapa, Arriba	< 0.0005	< 0.05	17.29	5.93	< 0.05
6.3 Machacal-Titihuapa, Abajo	< 0.0005	< 0.05	13.43	5.63	< 0.05
7.1 Zapotal-Titihuapa, Arriba	< 0.0005	< 0.05	10.34	2.71	< 0.05
7.2 Zapotal-Titihuapa Abajo	< 0.0005	5.39	17.28	6.05	< 0.05
7.3 R. Zapotal	< 0.0005	< 0.05	6.8	7.71	< 0.05
Guía de Efectos Bajos	0.2	26	6	31	0.6

Fuente: Plan Director



5.4.2.3.- Analítica Sedimentos

Sedimentos.

El mapa muestra la cuenca del Río Titihuapa con sus afluentes y en color amarillo la Formación Morazán. En el mismo se indican los sitios de confluencia de los ríos donde se tomaron las muestras de sedimento, y las concentraciones de Arsénico, en rojo se muestran las concentraciones altas y en verde las concentraciones bajas de Arsénico, como se observa, hay clara correlación entre la formación Morazán y los contenidos altos en Arsénico.

Como se menciona en el párrafo anterior y en la parte de Geología, la cuenca del Río Titihuapa alberga parte del vulcanismo Terciario de El Salvador, y por lo tanto posee abundancia de minerales. La actividad minera que se desarrolló en esta zona desde finales del siglo XIX, la hizo figurar como una de las más propicias para la explotación de oro y plata en El Salvador. Sin embargo, esta prosperidad minera, en los mejores tiempos de El Dorado, pudo haber propiciado la contaminación metálica de buena parte de la cuenca del Río Titihuapa. Esta contaminación podría relacionarse, en principio, con los desechos que se produjeron en los procesos de separación del oro de los materiales extraídos de las excavaciones mineras, y de la posterior distribución de estos desechos en los suelos y quebradas, debido al rumbo que siguieron los fluidos residuales.

Esta contaminación se produce en parte por la oxidación de los sulfuros a sulfatos, lo que implica una bajada del pH de las aguas, este pH a su vez hace aumentar la solubilidad de los metales y metaloides que son arrastrados aguas abajo hasta que el pH vuelve a subir por la acción del taponamiento natural y la dilución. Una vez que el pH vuelve a subir entorno a 6 los metales precipitan, quedando esta contaminación asociado a los sedimentos. Otra forma de contaminación es el arrastre de sólidos en suspensión, partículas y polvo generados en las actividades extractivas y ricas en metales y metaloides.

Aunque también se puede dar un enriquecimiento de sedimentos ricos en metales pesados de forma natural, debido a procesos naturales como la meteorización de rocas y suelos ricos en metales, donde se generan partículas que son arrastradas por acción de la escorrentía. La diferencia entre el enriquecimiento natural y el antrópico suele ser la forma en la que aparecen los

metales. Para contaminaciones antrópicas los metales se presentan en forma de óxidos e hidróxidos metálicos, la forma predominante de sus especies precipitadas en medios oxidantes. Mientras que de forma natural estos metales no llegan a solubilizarse sino que se presentan asociados a detritos naturales.

Aunque la propia minería y malas prácticas agrícolas que favorecen la erosión como la deforestación, y la práctica de quemadas, contribuye también al enriquecimiento de metales asociados a detritos naturales se multiplique de forma alarmante. Pasando a ser contaminación.

Tomando como referencia el trabajo de Cartagena, R.(2011) donde se establece que la actividad minera referida a la extracción subterránea de oro y plata, practicada históricamente en la zona de estudio, es la principal fuente de enriquecimiento de los sedimentos en metales pesados por lo que se puede decir que es una contaminación y no un enriquecimiento natural.

Origen de los metales en los sedimentos del Río Titihuapa.

Según el trabajo de Cartagena el arsénico detectado en muestras de sedimento, (ver mapa) de los ríos de la Cuenca del Titihuapa, se relaciona con el transporte en el agua de río de estos sedimentos, que se asientan en el lecho fluvial dependiendo del tamaño de los sólidos disueltos y del carácter tranquilo o turbulento del caudal. Los minerales como el arsénico que arrastra la corriente, llegaron al río arrastrados por el viento en partículas de polvo, o en forma de partículas mayores a través de la escorrentía, desde los lugares donde nacen los afluentes y vertientes, por erosión de suelos. Estos suelos contenían minerales con arsénico en forma natural, propios de las Formaciones geológicas, o en forma no natural en el suelo “nuevo” originado por el sobrante de las rocas extraídas del subsuelo a través de socavones durante el proceso de minería. Finalmente, estos materiales sobrantes conteniendo los minerales con arsénico formaban parte de los depósitos de menas de oro/plata, que se depositaron en los sistemas geotermales que sucedieron al vulcanismo del Terciario sobre la formación Morazán, que alberga la

cuenca del Río Titihuapa.

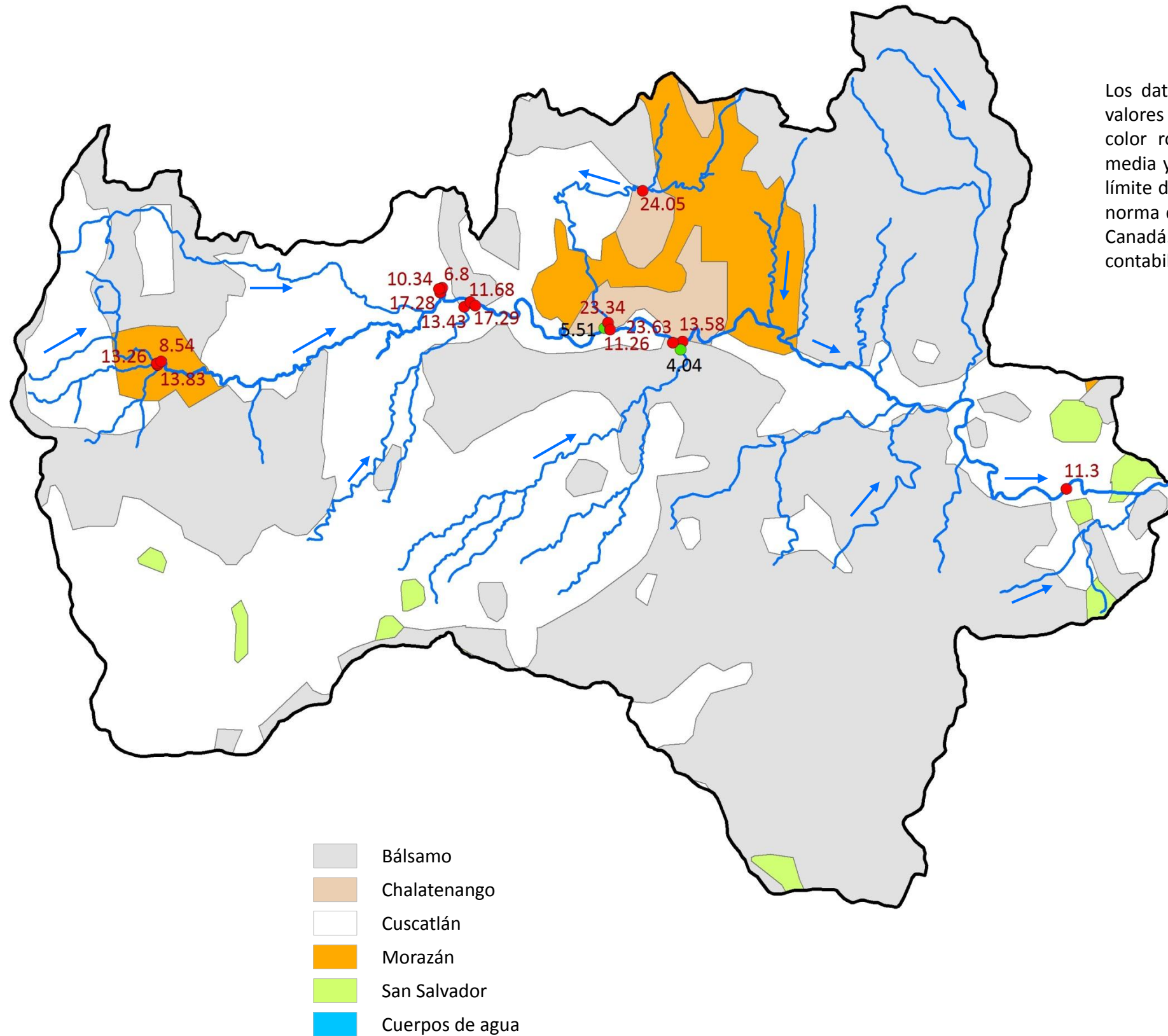
El arsénico fue sacado inevitablemente junto con el metal precioso contenido en las rocas extraídas del subsuelo, en el proceso de minería.

La presencia natural del arsénico en el subsuelo de la zona de estudio se demuestra a partir del hecho de que este metal ha sido detectado en el agua de algunos pozos de la región. En este Caso el pozo perforado por Pacific Rim en el polideportivo de San Isidro y el pozo perforado en La Comunidad El Junquillo, que lo Utiliza la Alcaldía de esta ciudad para abastecer un sistema de agua por tubería actualmente.

Debido a las dificultades propias de la medición en sedimentos y del proceso mismo de sedimentación ya mencionados, se podría intentar justificar la ausencia de otros metales en los resultados del análisis de las muestras tomadas en este estudio. El equilibrio fisicoquímico entre el agua y el sedimento indica que los metales deberían estar presentes o bien en el sedimento, o bien en el agua, o bien en ambos. En tal sentido se recomienda ampliar este estudio, investigando la presencia de los metales Hg, Cr, As, Pb y Cd en muestras de agua de los ríos, en los mismos sitios en que se muestrearon los sedimentos, haciendo énfasis en la conveniencia de que el muestreo de agua debe cumplir los requisitos de la Cadena de Custodia (principalmente la acidificación de la muestra) y que los análisis se hagan en el mismo laboratorio que analiza los sedimentos.

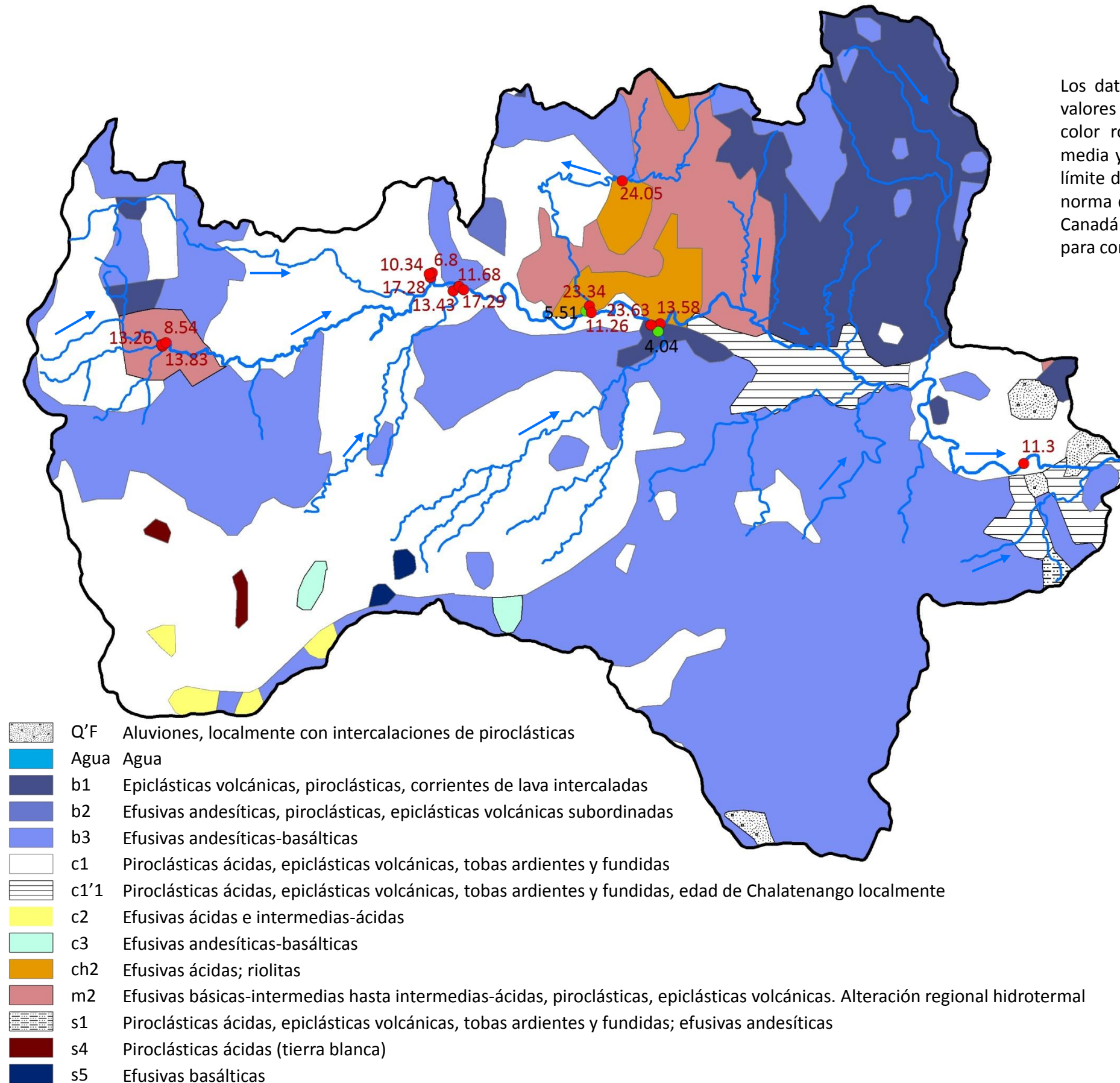
Así como hacer análisis de la concentración de estos metales en la roca madre (rocas formación Morazán con influencias hidrotermales). También la especiación de estos metales en los sedimentos, lo cual ayudaría a discernir mucho mejor su origen.

5.4.2.3.- Analíticas de Sedimentos



Los datos representados en el mapa son los valores de Arsénico. Los valores que están de color rojo tienen valores por encima de la media y los valores en negro están dentro del límite de calidad para los sedimentos según la norma del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá. Las unidades de medida utilizada para contabilizar los resultados son: mg/l.

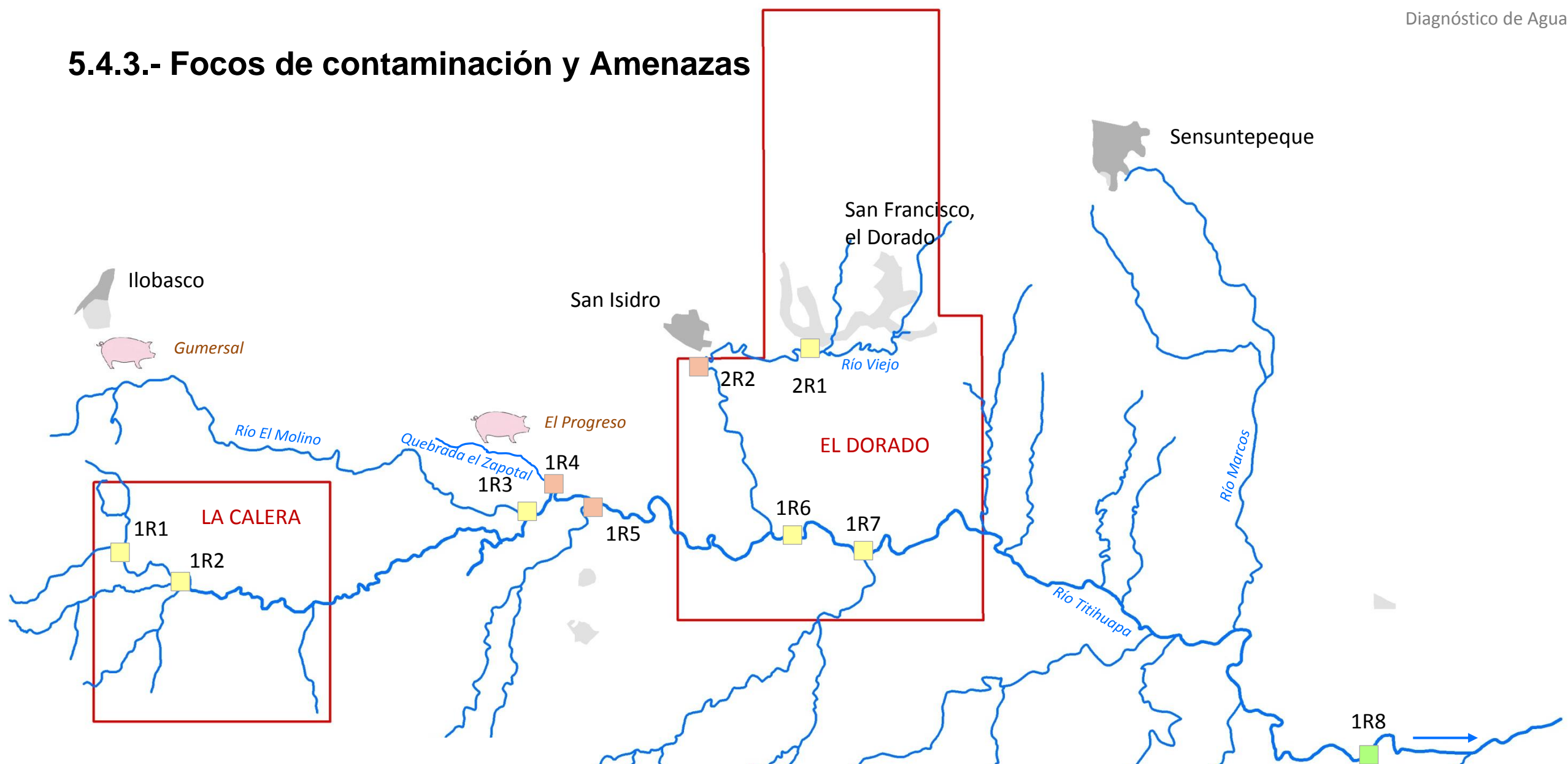
5.4.2.3.- Analíticas de Sedimentos






Los datos representados en el mapa son los valores de Arsénico. Los valores que están de color rojo tienen valores por encima de la media y los valores en negro están dentro del límite de calidad para los sedimentos según la norma del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá . Las unidades de medida utilizados para contabilizar los datos son :mg/L

Fuente: Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales MARN

5.4.3.- Focos de contaminación y Amenazas




Focos de Contaminación

-  Urbano continuo
-  Urbano discontinuo
-  Porquerizas

Amenazas de Contaminación

-  Áreas de Concesión Minera

Punto de Muestreo **1R1**

Puntos de Muestreo
Con datos de ICA 

El problema de la contaminación ha alcanzado un nivel crítico en El Salvador, comprometiendo las posibilidades de desarrollo para el país por varios motivos. (i) por el deterioro mismo de los recursos. (ii) por el impacto negativo que genera su consumo directo en la salud de los pobladores de las zonas afectadas, en especial en los sectores más pobres del país, usualmente con menos acceso a tecnología de tratamiento de agua. Y (iii) por el impacto negativo que se genera al alimentar a la población del país con alimentos contaminados. Recordar que muchos plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, etc. no desaparecen de los ambientes acuáticos sino que cambian de lugar, acumulándose en la naturaleza e incorporándose a las plantas y a las cadenas tróficas, produciendo a mediano y largo plazo enfermedades en la población, e incluso pudiendo comprometer el material genético de las futuras generaciones del país.

Las amenazas para la calidad del agua de la cuenca norte del Titihuapa son:

- la presencia de aguas residuales de las áreas urbanas como Sensuntepeque, Ilobasco, San Isidro y San Francisco el Dorado, juntamente con el crecimiento desordenado,
- El mal manejo de los desecho sólidos y aguas fecales, las cuales van a parar al río sin ningún tratamiento
- los usos ganadería intensiva sin ningún tipo de gestión ni tratamiento sobre los vertidos. En el mapa están representados dos granjas de cerdos que tienen un mayor impacto y que produce que en las cercanías de las mediciones de calidad del agua bajen sus registros.
- Elevado uso de agroquímicos (fertilizantes e pesticidas)
- Débil ordenamiento territorial y planificación de los usos del suelo
- Deficiente legislación sectorial, monitoreo y aplicación de sanciones

Fuente: Plan Director

5.4.3.- Focos de contaminación y amenazas

Los principales focos de contaminación para la cuenca en la actualidad son:

Industria pecuaria porcina

Según Tomás López de Bufalá en su estudio sobre el «diagnóstico, lineamientos y propuesta metodológica para un plan de gestión integral de recursos hídricos de la cuenca del río titihuapa» la cuenca presenta actualmente un reto medioambiental importante por las prácticas productivas no adecuadas que se desarrollan en concreto en una granja porcina.

Gran parte de las pequeñas granjas porcinas (familiares e intensiva) que existen en el país se ubican a la orilla de los ríos y quebradas y descargan allí los desechos y aguas residuales, con la consecuente contaminación de las aguas, además del malestar que generan en los vecinos por el mal manejo, que produce olores desagradables y propicia la existencia de moscas y roedores nocivos para la salud.

En este caso en concreto y en cuanto a los necesarios sistemas de control y tratamiento de vertidos residuales, los dueños de la porqueriza el Progreso sólo han abierto unas fosas grandes en un terreno próximo a la quebrada “El Zapotal”, tributaria del río Titihuapa, donde depositan la cerdasa, o heces porcinas, pero cuyos lixiviados escurren a la quebrada “El Zapotal”, y estos a su vez van a parar al río Titihuapa. La granja porcina el Progreso tiene 70,000 cerdos. Las personas de las comunidades vecinas al río manifiestan que en época lluviosa cuando el caudal de la quebrada y el río aumentan, los propietarios de las porquerizas aprovechan para hacer descargas directas de la cerdasa y vaciar las fosas. Según los vecinos, esto lo hacen principalmente en las noches muy lluviosas, puesto que como podemos imaginar, la quebrada “El Zapotal” es un cuerpo de agua de alta vulnerabilidad, debido a su bajo caudal y en consecuencia a su escasa capacidad de autodepuración.

En el río El Molino presenta graves problemas también, por un lado está la granja de cerdos el Gumersal, con 300 cerdos, las granjas de pollos y por el otro lado las aguas residuales de la colonia el Milán, parte de Ilobasco y que está explicado en el siguiente apartado. El río presenta malos olores.

Definitivamente se trata de una mala práctica de producción pecuaria intensiva, con un elevado y negativo impacto para el medio ambiente y los recursos hídricos de la cuenca, el cual exige una intervención urgente de mitigación de este foco de contaminación del río Titihuapa.



5.4.3.- Focos de contaminación y amenazas

Crecimiento urbano desordenado

El crecimiento urbano desordenado que se traduce en la zona de estudio por una alta dispersión, esto dificulta la materialización de las infraestructuras, entre ellas la de saneamiento. Hay cuatro áreas urbanas en la cuenca del Titihuapa, Ilobasco, San Isidro, San Francisco-el Dorado y Sensuntepeque. El problema de las áreas urbanas son dos, por un lado la falta de ordenación territorial, y la deficiente infraestructura de tratamiento de aguas servidas, y por otro lado, la impermeabilización del suelo que resulta de estas áreas, hace que crezca la escorrentía, y limita la recarga de acuíferos. Esto se podría resolver con planes de ordenamiento de la cuenca juntamente con un plan de saneamiento urbano y un monitoreo constante.

Agricultura: Deforestación

Según el Informe de la FAO la “Situación de los bosques del mundo” de 2009, América Central presenta una de las mayores tasas de desaparición forestal del mundo en relación con el resto de las regiones, más del 1 % anual en el período entre 2000 y 2005. La deforestación es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en el que se destruye la superficie forestal. La práctica de la deforestación para la agricultura está bien extendida por el país, siendo la presión demográfica la causa principal. La deforestación de los suelos produce contaminación, erosión y compactación de los suelos. La capa forestal permite que haya una mayor infiltración, pero la falta de cobertura provoca que esta compactación de los suelos aumenta la



escorrentía superficial y por lo tanto se produce una menor infiltración. La correlación entre la humedad del suelo, la vegetación y la energía (solar) afecta a la lluvia. Sin la vegetación que retenga la humedad produce un aumento de energía (radiación) y, si se deforesta en grandes áreas, disminuye la lluvia.

El suelo representa uno de los mayores reservorios de carbono, prácticas que conllevan su erosión, como quemas y malas prácticas agrícolas, contribuyen a la liberación de CO₂ principal gas causante del calentamiento global.

Agricultura: Abonos Químicos

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas, la agricultura hace que este elemento vaya agotándose del suelo. Para remediarlo, la agricultura convencional ha optado por la aplicación masiva de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El problema es que las plantas sólo absorben la mitad de esos fertilizantes. El resto se filtra con el agua-lluvia y escurre hacia aguas superficiales. Los Abonos químicos contienen mayoritariamente **nitrógeno, fósforo y potasio (NPK)**, elementos que hacen crecer a las plantas con mayor rapidez y que se suelen utilizar de forma abusiva. Los **fitosanitarios** o pesticidas son compuestos químicos utilizados para controlar plagas.

Esto conlleva dos impactos, uno a nivel nutricional y otro a nivel medioambiental. A nivel nutricional el nitrógeno se transforma en nitratos, que producen metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul), anemias infantiles.



Hay que prestar especial atención al consumo de aguas corrientes sobre todo en zonas agrícolas.

A nivel medioambiental gran parte de los fertilizantes son arrastrados por la lluvia hacia los ríos, lagunas y mares, lo cual provoca un exceso de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) en estos acuíferos, denominado **eutrofización**, que conlleva un desequilibrio en su ecosistema (excesiva proliferación de algas y plantas acuáticas que disminuyen el oxígeno y la luz en el agua, provocando así la mortalidad de muchos animales acuáticos).

Los suelos así abonados van degradándose, erosionándose y perdiendo fertilidad por la pérdida de materia orgánica. Las plantas se vuelven más sensibles a plagas y enfermedades, lo que supone mayor uso de plaguicidas.

La elaboración de fertilizantes industriales es, a su vez, muy contaminante y con un alto coste en comparación con otros métodos como el uso de estiércol, residuos orgánicos urbanos, plantación de leguminosas.



5.4.3.- Focos de contaminación y amenazas

Los principales elementos amenazadores para la cuenca en la actualidad son:

Industria áurea

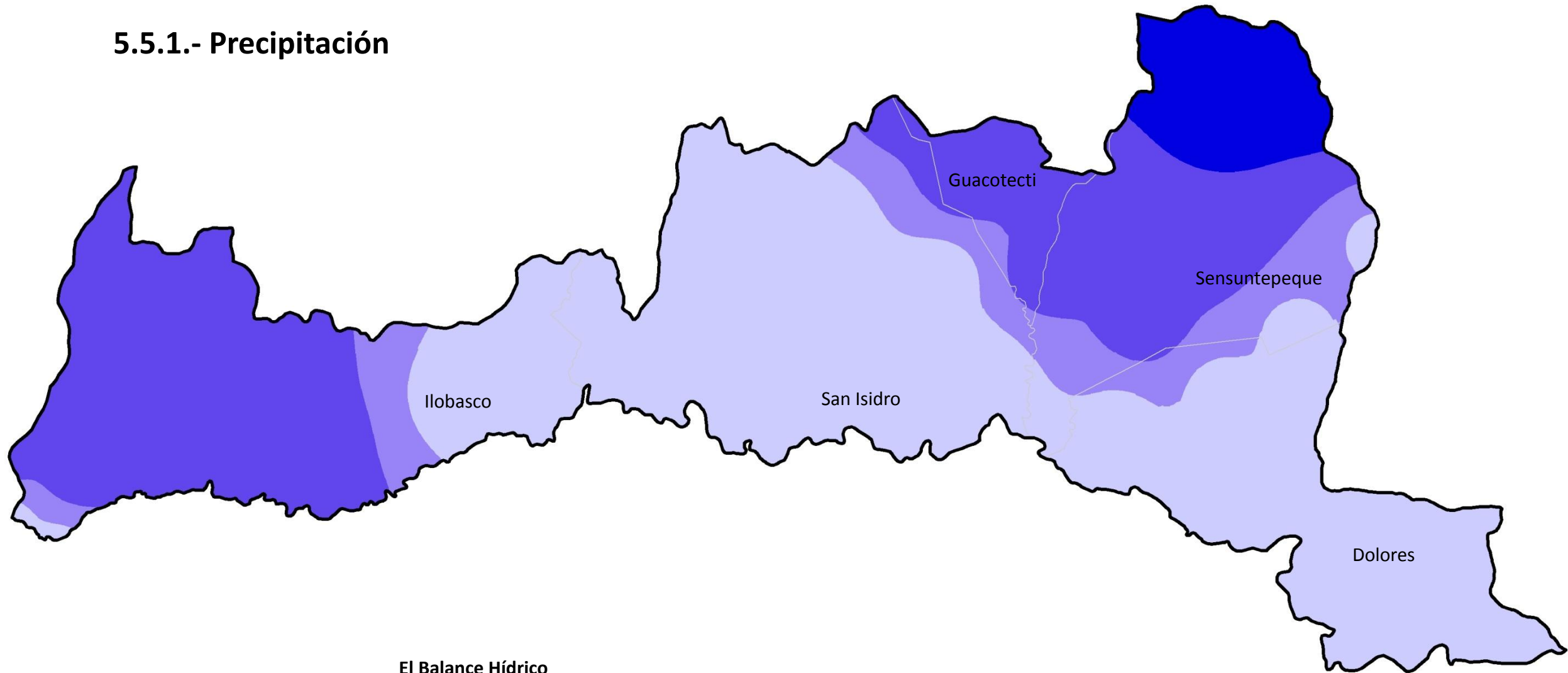
Junto a las amenazas de contaminación del agua de la cuenca hay que añadir la industria extractiva de oro de la zona. El impacto de esta explotación sobre el medio ambiente será enorme, por la utilización de **cianuro** y otros químicos para la separación del metal, sin que la población potencialmente afectada haya podido tomar conciencia de los riesgos y posición alguna al respecto hasta el momento. La situación es delicada dado que estas explotaciones implicarán la contaminación aguas abajo del principal recurso hídrico de El Salvador, el río Lempa, y más importante aun por su cuenca transfronteriza que abarca casi el 30% del territorio salvadoreño y brinda agua a una gran parte de la capital Salvadoreña, su importancia coincide además por que es el principal recurso explotado por las centrales hidroeléctricas del país. Así mismo, gran parte de la cuenca del Titihuapa es una importante área de recarga para el río Lempa. La posible explotación minera de esta zona agravaría la problemática del acceso al agua de las poblaciones, sobre todo de los más vulnerables.

Ya hay compañías mineras que hicieron prospecciones en la área de concesión del proyecto «el Dorado», zona que abarca parte de la cuenca del Titihuapa (entre San Isidro y San Francisco). Las compañías presentaron un polémico estudio de impacto ambiental y finalmente el gobierno denegó la concesión de explotación. Las dos compañías extractivas demandaron al gobierno salvadoreño ante el CIADI (el Centro Internacional de Arreglo de Diferencias relativas a Inversiones, perteneciente al Banco Mundial), amparándose en el existente tratado de libre comercio EUA-El Salvador por \$100 millones cada una, alegando que la no concesión de permisos de explotación les había hecho incurrir en pérdidas. La situación en el momento de este redactado es la paralización del proyecto hasta que aparezca la resolución del CIADI.



5.5.- Balance Hídrico

5.5.1.- Precipitación



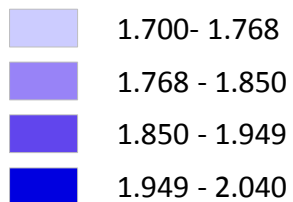
El Balance Hídrico

El balance hídrico es la disponibilidad hídrica de la cuenca en un instante t. Estas se encuentran en varias posiciones, en movimiento (ríos y riachuelos), almacenado (lagos, pantanos, humedad del suelo). Las entradas de agua son a través de las precipitaciones, aporte de aguas subterráneas o por trasvases de agua de otra cuenca. Las salidas de agua pueden ser a través de la evaporación, evapotranspiración, infiltraciones profundas que van a parar a acuíferos, derivaciones de unas cuencas hidrográficas hacia otras, derivaciones para consumo humano y en sectores económicos y la salida de la cuenca, hacia el receptor o el mar.

La precipitación

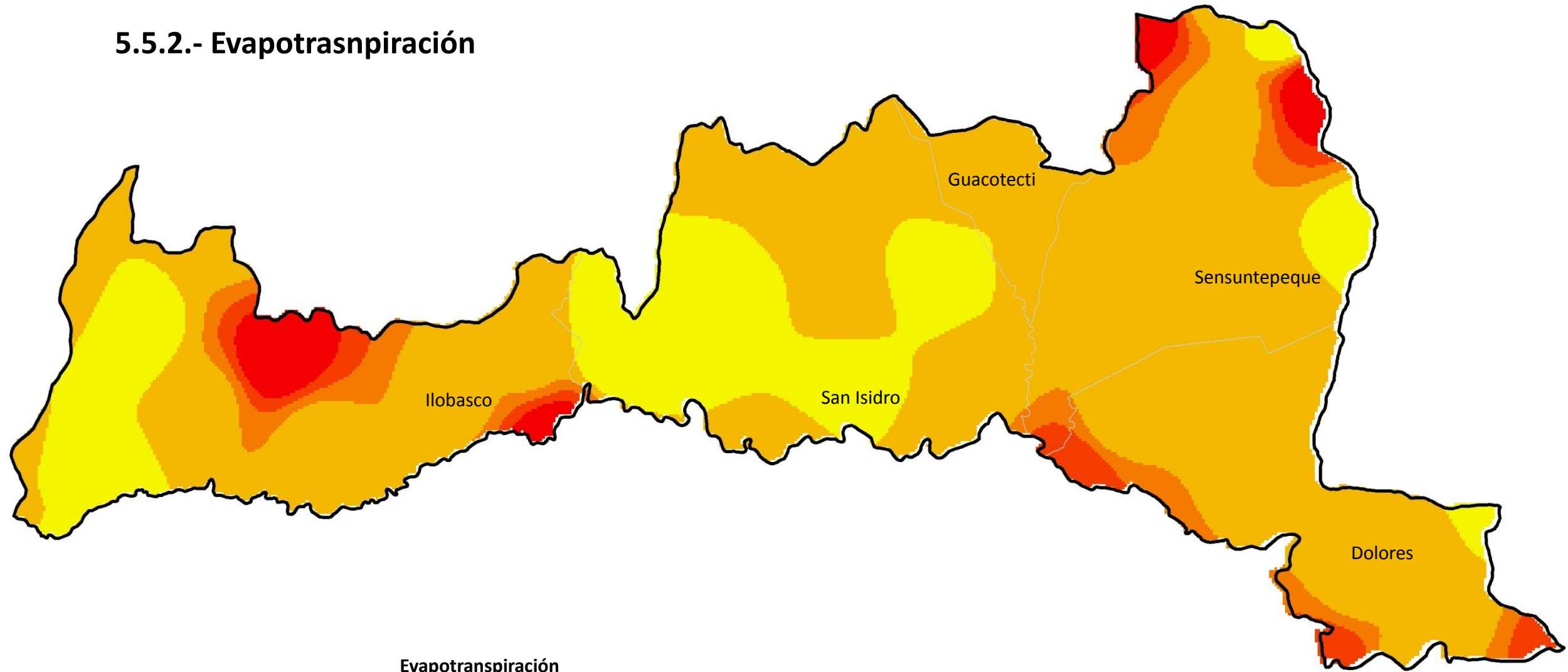
La precipitación es una entrada hídrica que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. En el mapa se puede observar que las áreas con más altitud recogen más precipitación como la parte alta del río Titihuapa, al oeste de Ilobasco y al norte de Sensuntepeque. La parte media y baja del río tiene menos precipitación. Según la clasificación climática de Köppen El Salvador se encuentra con un clima tropical con verano lluvioso y otra seca. En la estación lluviosa crece la intensidad y duración de la precipitación en esta época. El mapa está expresado en mm por año.

Mm/año



5.5.- Balance Hídrico

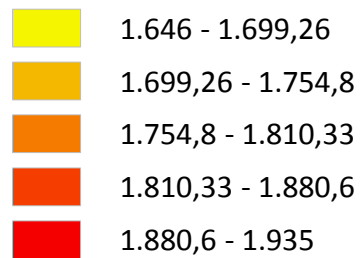
5.5.2.- Evapotraspiración



Evapotraspiración

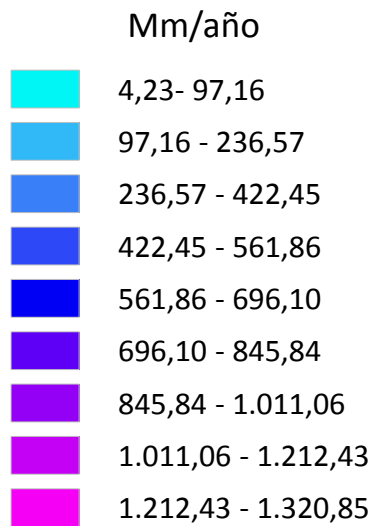
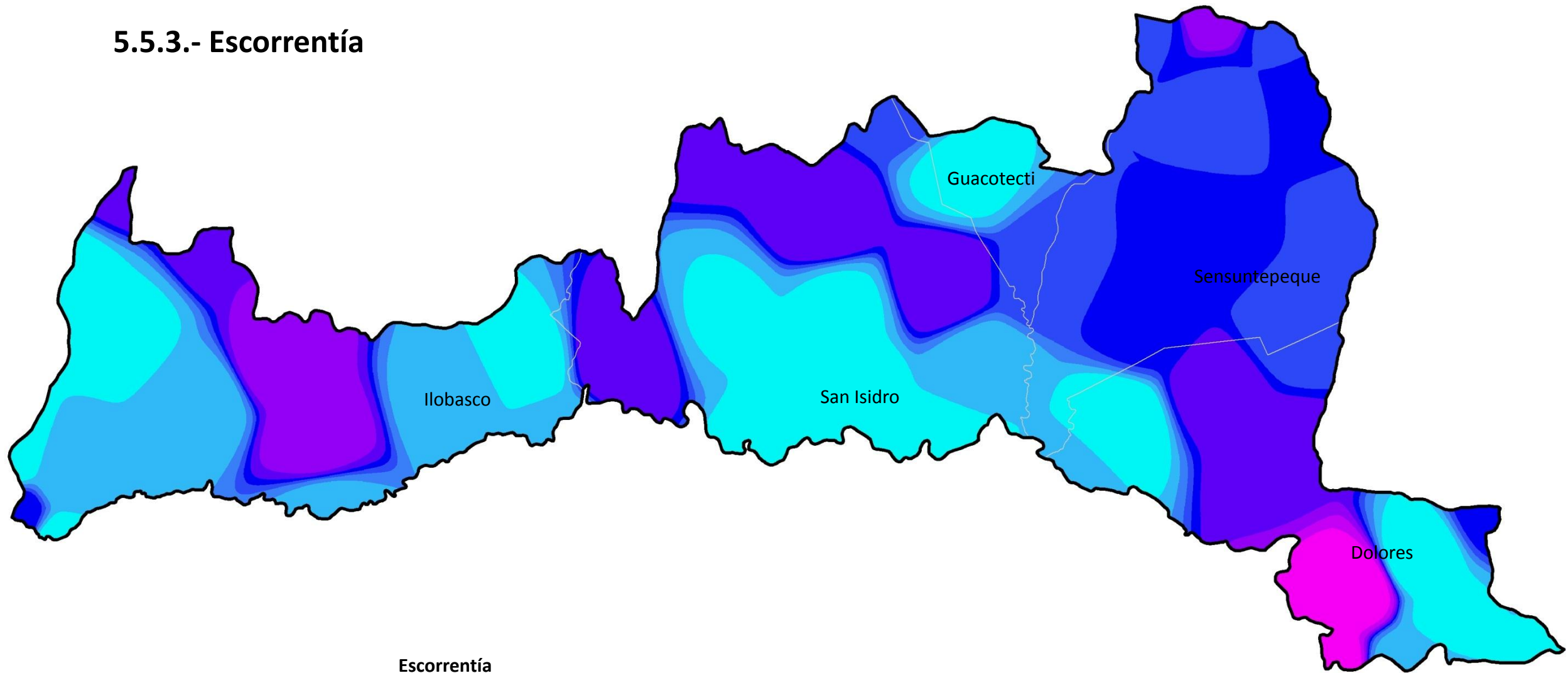
La evapotraspiración se define como la pérdida de humedad por causa de la evaporación más la pérdida de agua por la transpiración de la vegetación. En este mapa se ha estudiado la Evapotraspiración Real, que además de la evapotraspiración de la cuenca interviene también las reservas de humedad del suelo y los requerimientos de los cultivos. Para calcular esto ha sido necesario juntar los datos de evapotraspiración de las estaciones meteorológicas más los usos del suelo de la cuenca. Este mapa nos muestra las áreas con mayor evapotraspiración real de la zona norte de la cuenca del río Tihuapa. El mapa está expresado en mm por año.

Mm/año



5.5.- Balance Hídrico

5.5.3.- Escorrentía

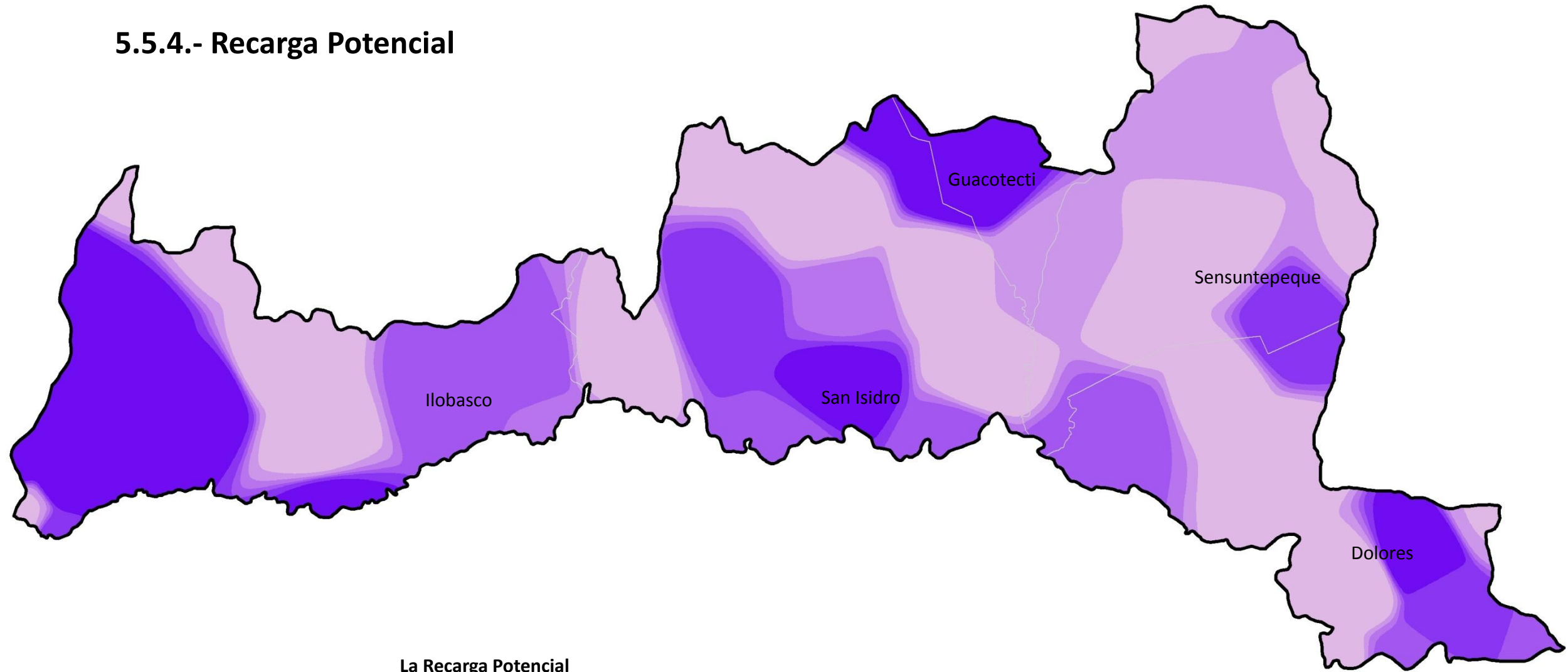


Escorrentía

La escorrentía se define como la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca y se mide la altura en mm de agua de lluvia extendida y escurrida. Se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real, la infiltración del suelo. En el mapa se puede observar que la escorrentía es mayor en la parte baja del río Titihuapa, en Dolores y la parte central del municipio de Ilobasco.

5.5.- Balance Hídrico

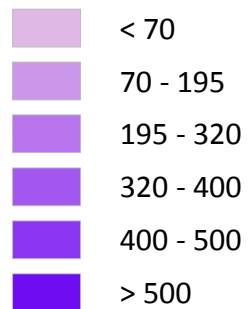
5.5.4.- Recarga Potencial



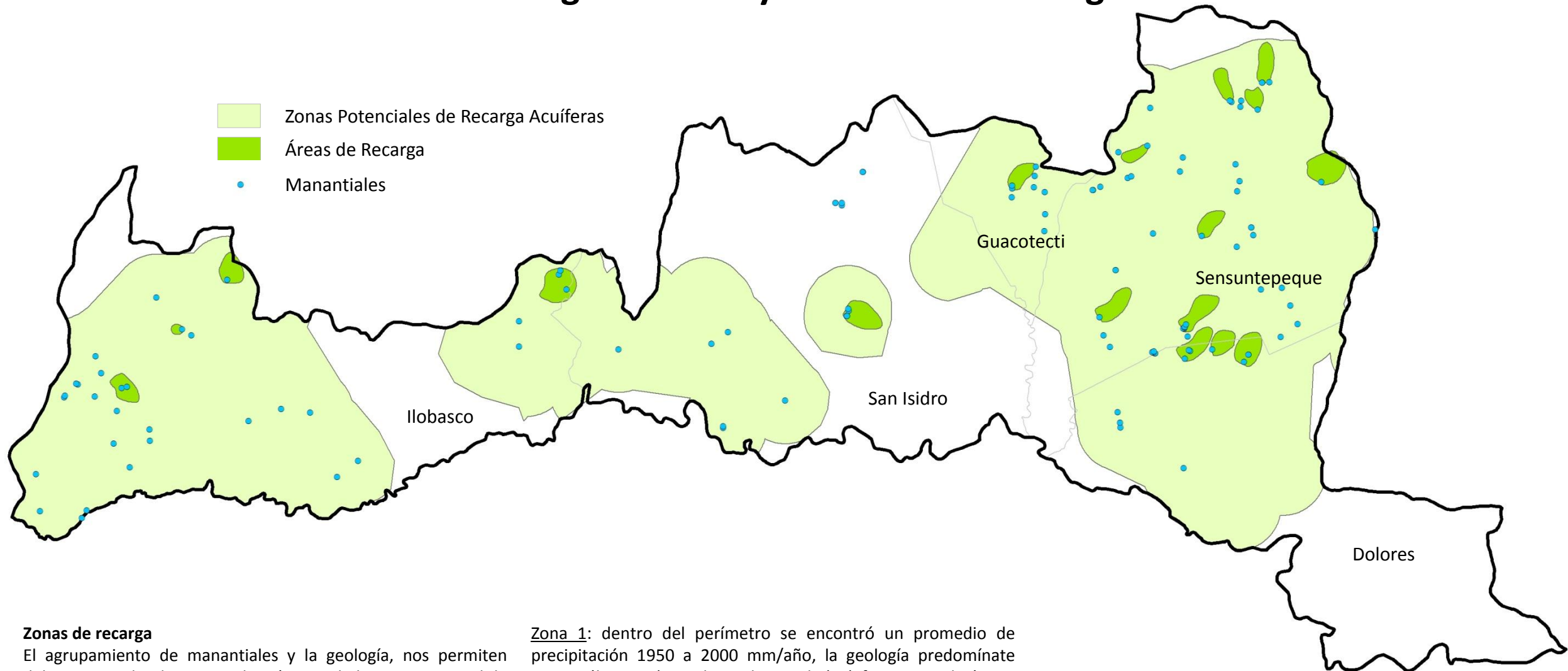
La Recarga Potencial

Las áreas de recarga superficial son aquellas zonas donde hay un proceso de recarga de un acuífero. El agua de infiltración de la lluvia es el proceso, por lo general, más importante, y normalmente son aquellas zonas donde la capacidad de infiltración son más altas. La recarga potencial se calcula con la infiltración de suelo, los tipo de suelo y los usos del suelo. El mapa está expresado en mm por año. Se puede observar que las áreas con mayor recarga potencial son el oeste de Ilobasco y parte de San Isidro y Guacotecti.

Mm/año



5.6.- Zonas Potenciales de Recarga Acuífera y las Áreas de Recarga



Zonas de recarga

El agrupamiento de manantiales y la geología, nos permiten delimitar por donde pasara el perímetro de la zona potencial de recarga; considerando un kilómetro de distancia de radio, tomando al manantial como centro y los manantiales que se encuentran en el límite exterior del grupo como frontera, se colocará el perímetro de la zona potencial de recarga acuífera.

Los datos que determinan la recarga acuífera, se encuentran la infiltración básica por textura (K_{fc}), la pendiente del terreno (K_p), cobertura vegetal (K_v), que la sumatoria de ellos equivale al coeficiente C, la humedad del suelo (propiedades físicas del suelo), utilizando la fórmula de correlación estadística desarrollada por Gunther Schosinky y Marcelino Losilla.

Recarga Potencial.

El área total de la cuenca norte río Titihuapa es de 10,838 ha; el 67.62% (7,329 ha) representan las 8 zonas con recarga potencial acuífera, cada una fue analizada por separado por tener características diferentes.

Zona 1: dentro del perímetro se encontró un promedio de precipitación 1950 a 2000 mm/año, la geología predominante son: Bálsamo (miembros b1 y b3) (efusivas andesíticas-basálticas) y Cuscatlán (c1) (piroclástica ácidas, epiclastitas volcánicas, tobas ardientes y fundida), presentando una recarga 340mm/año.

Zona 2: Las formaciones encontradas predominante son: Cuscatlán (c1) (piroclásticas ácidas, epiclastitas volcánicas, tobas ardientes y fundida) y Morazán (m2) (efusivas básicas-intermedias hasta intermedias-acidas, piroclastitas, epiclastitas volcánicas. Alteración regional por influencia hidroterma), teniendo una precipitación anual de 1700 mm/año y una recarga 230 mm/año.

Zona 3: La precipitación promedio es 1700 mm/año, la formación geológica predominante Morazán (m^2) (efusivas básicas-intermedias hasta intermedias-acidas, piroclastitas, epiclastitas volcánicas. Alteración regional por influencia hidroterma), teniendo una recarga 389 mm/año.

Zona 4: La precipitación promedio es 1850 mm/año, las formaciones geológicas predominantes son: Morazán (m2) (efusivas básicas-intermedias hasta intermedias-acidas, piroclastitas, epiclastitas volcánicas. Alteración regional por influencia hidroterma) y Bálsamo (miembros b1) (efusivas andesíticas-basálticas), teniendo una recarga 267 mm/año.

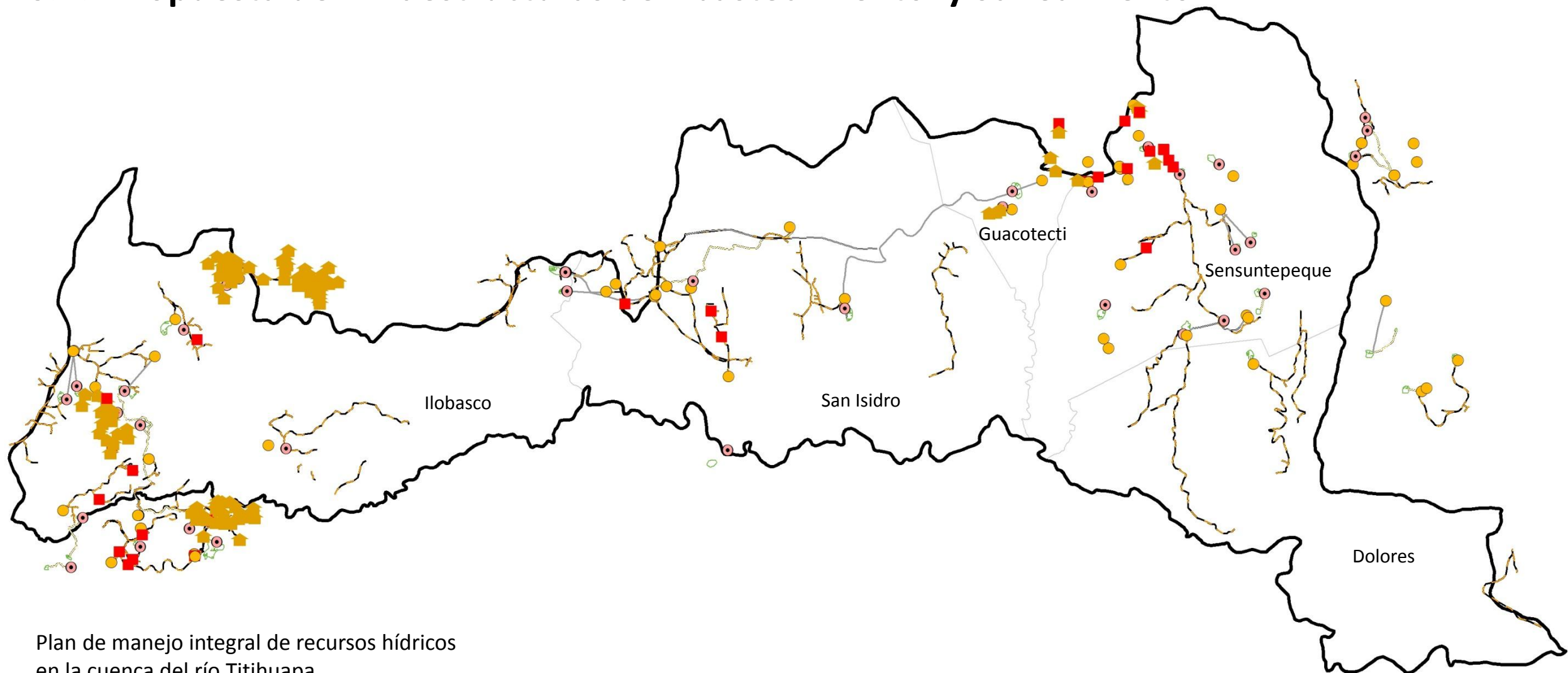
Zona de protección mínima (ZOP)

La zona de protección del manantial, está enfocada a tomar acciones no en toda la zona potencial de recarga, sino con el fin que sea factible, y poder empezar las acciones lo más pronto posible en la conservación de suelo y agua.

6 Propuestas



6.1.- Propuesta de Infraestructuras de Abastecimiento y Saneamiento



Plan de manejo integral de recursos hídricos en la cuenca del río Titihuapa

-  Cantareras
-  Tanque de Distribución
-  Tanque de Bombeo
-  Tanquilla rompedpresión
-  Tubería de impelencia
-  Tubería de impulsión
-  Tubería de distribución
-  Tubería de aducción
-  Protección de los manantiales

Gracias al diagnóstico se han identificado opciones factibles de infraestructura, generado así perfiles de carpetas de proyecto para todas las comunidades sin sistema de abastecimiento o con deficiencias en éste. Una comunidad puede llegar a tener más de una alternativa o propuesta técnica de solución.

Las alternativas no sólo son para abastecimiento, sino también para saneamiento (con letrinas aboneras y biofiltros) e incluye la protección de 2 manzanas de los manantiales.

En total, en la cuenca del Titihuapa perteneciente a Cabañas, en 72 comunidades se han identificado 59 alternativas de abastecimiento donde no había servicio, así como 8 propuestas de mejora de sistemas existentes.

La población beneficiaria es de 2,459 personas directas y 23,535 personas beneficiarias indirectas.

Desglosado por municipio el resultado es:

Municipio	Nº comunidades beneficiadas	Nº de alternativas para nuevos sistemas	Nº de alternativas para mejora de sistemas
Ilobasco	22	13	3
San Isidro	16	16	0
Guacotecti	6	9	0
Sensuntepeque	18	16	5
Dolores	10	5	0

6.2.- Calidad de las Aguas

La contaminación de las aguas puede venir de puntos concretos (por ejemplo, las descargas de aguas residuales urbanas o de actividades económicas como las granjas de cerdos) o puede ser de origen difuso (por ejemplo, del uso de agroquímicos o del conjunto de las letrinas de hoyo). La primera suele ser más fácil de abordar al estar identificada espacialmente.

Contaminación por granjas de cerdos:

En el área de Ilobasco se encuentran 2 granjas de grandes dimensiones que en repetidas ocasiones han ocasionado mortalidad de peces en los ríos, pues la infraestructura de retención y tratamiento de los purines no es la apropiada. Como solución se plantean adecuar las instalaciones existentes para evitar derrames, malos olores y **aprovechar los purines como abonos agrícolas o bien como generadores de energía**. Lo que hoy es un problema, con el correcto diseño y manejo técnico, puede ser una fuente de soluciones en la zona.

Un esbozo de cada opción:

a) Aprovechamiento como fertilizantes:

Adecuar las instalaciones existentes, mediante el cálculo de; el volumen necesario de acumulación de purines en función del volumen generado, los terrenos disponibles para su aplicación, los calendarios agrícolas y los tipos de cultivos de la zona.

En su caso, ampliar el volumen de la balsa, impermeabilizarla y cubrirla para evitar la entrada de agua de lluvia.

Adecuar las instalaciones para posibilitar la recogida de purines con camión o tractor, y así poderle dar un uso posterior.

b) Aprovechamiento energético

Construir nueva balsa para la digestión anaerobia con recuperación de biogás.

El efluente, de mejor calidad que en la opción 1, se almacenaría en la balsa existente, cubierta y redimensionada si fuera necesario.

El gas se puede usar para la producción de electricidad, agua caliente, o refrigeración.

El tamaño de la granja es importante para analizar la rentabilidad de la inversión

Ya existen experiencias de este tipo en Centroamérica, en granjas pequeñas y grandes. Por ejemplo, <http://aqualimpia.com/proyectos.htm> (proyectos de empresa alemana con oficinas en Guatemala y Honduras, que también vende kits para producción de biogas). Asimismo, es de interés el estudio "Elaboración de Estándares de Desempeño en Calidad del Agua en Sectores Prioritarios a nivel de Centro América" (CCAD,2009), que analiza tres opciones técnicas para el buen manejo de los residuos en el sector granjas porcinas.

El impacto es mucho menor que el de los cerdos porque cuentan con concentración de muchas menos cabezas, no obstante hay algunas granjas que generan su contaminación. La apuesta por la generación de biogás o compost para abono agrícola, son opciones económicas que requieren ser impulsadas. Una explotación familiar de ganado, con una inversión de \$500 podría tener su propia planta de generación de biogás (un biodigestor).

Contaminación por vertidos de aguas residuales urbanas:

En la cuenca hay centros urbanos que vierten sus aguas residuales, y la solución pasa por construir plantas de tratamiento. No obstante, las **estaciones depuradoras convencionales** sólo son apropiadas para grandes concentraciones de población (como Ilobasco o Sensuntepeque). Los altos costos de operación por el alto consumo de energía, químicos y pago a operarios especializados, solo pueden ser asumidos si estos costos se reparten entre mucha gente. Para núcleos menores (como San Isidro y Guacotecti) es mejor aplicar **estaciones depuradoras de bajo consumo**. Son fáciles de manejar y los costos son mínimos. Este tipo de estaciones consisten en potenciar los procesos naturales de depuración que se dan en la naturaleza sin necesidad de utilizar energía ni aditivos químicos. La forma de hacerlo es mediante la construcción de pequeñas piscinas con presencia de plantas acuáticas (se les llama humedales artificiales). El agua pasa entre la grava y las plantas, y ciertos

microorganismos allí presentes van neutralizando los contaminantes. Las plantas también pueden absorber algunos.

A parte del modelo de humedales artificiales también se puede aplicar el modelo de biofiltros, que es el pasar el agua contaminada por grandes lechos de grava y arena. Con especies vegetales pueden funcionar mejor.

Para cada caso particular se debe diseñar un tipo de estación depuradora no convencional que responda a las necesidades del terreno, de la cantidad de agua y del nivel de carga contaminante.

Es un sistema sencillo pero los resultados son asombrosos. Es una metodología aplicada en muchos lugares del mundo. En Europa todas las poblaciones de menos de 2000 habitantes han de disponer de sistemas de depuración, y esta tecnología es la más utilizada.

Los únicos condicionantes son;

Que haya cierta concentración de hogares (la dispersión acrecienta los costos) y

Que, si se quieren tratar las aguas negras, la comunidad tenga agua suficiente para poder tener baños de agua.

La experiencia de la estación depuradora de San José Las Flores (Chalatenango).

Construida por PROVIDA y COSUDE en Junio del 2000. Se benefician 126 familias, conformadas por más de 1,200 personas residentes en el área urbana.

Costo total (incluyendo el trabajo comunitario) fue de 101.000 US \$, que equivale a solo un costo per cápita de 74 US \$

Los beneficios del sistema solventan los costos para el mantenimiento. Las aguas negras tratadas se pueden utilizar para riego agrícola y el lodo removido como abono orgánico.

Antes, cuando no había planta de procesamiento de aguas negras, en la zona eran frecuentes los reportes de casos de enfermedades infectocontagiosas, como tifoideas, hepatitis, parasitismo intestinal, tos y gripes. En la Unidad de Salud de la localidad, cuando no había planta se atendían, cada semana, de 12 a 15 casos de diarreas comunes, ahora dichos casos son mínimos.

Información en PROVIDA: tel. 22250697

<http://www.aguasan.org/proyectos/asac.htm>

6.2.- Calidad de las Aguas

Contaminación por vertidos de aguas servidas comunitarias:

En las comunidades es común ver encharcamientos de aguas servidas en las calles. Con **biofiltros** familiares cada hogar puede minimizar esta contaminación y permitir el reaprovechamiento del agua.

Además, se pueden abaratar costos si en vez de aplicar soluciones por hogar se aplica una solución por comunidad. Es decir, que todas las aguas servidas se conduzcan por gravedad a una estación depuradora de bajo consumo. Esto es aplicable tanto a las aguas del lavado como a las heces si existieran lavabos de agua. Por tanto, la depuración compartida es otra posible solución en el ámbito rural si existe un poblamiento denso.

Contaminación por saneamiento inadecuado (letrinas de hoyo):

La sustitución de letrinas de hoyo por **letrinas aboneras** o fosas sépticas selladas es una línea de acción que ya están desarrollando varias instituciones. La prioridad se debe de centrar en sustituir las letrinas de hoyo que se encuentren **en las áreas identificadas como de recarga de acuíferos** y, por ende, de manantiales, ya que es en estas áreas donde el inadecuado saneamiento genera mayor impacto. Una medida para impulsarlo es que quede regulado mediante ordenanza y que haya un programa de apoyo a los hogares ubicados en las zonas de recarga para poder construir la nueva infraestructura (ya sea letrina abonera, fosa séptica sellada o un sistema de tratamiento compartido).

Como acción previa y paralela es necesaria la realización de **campañas de sensibilización sanitaria** y buen uso de las letrinas aboneras.

Contaminación por basuras:

Sería necesario impulsar un **programa de recogida selectiva, manejo y reciclaje de desechos**. Donde sea viable que pase el tren de aseo puede ser un tratamiento municipal o mancomunado, y donde no llegue el tren es factible promover un manejo comunitario y doméstico.

La elaboración de compost o biogás a partir de los desechos orgánicos permitirá reducir los costos de desplazamiento a rellenos sanitarios. También será importante ponerle atención a los residuos peligrosos

como las baterías, pilas, químicos y material electrónico. En tal sentido hay experiencias muy exitosas implicando a las escuelas, por ejemplo a través de un concurso que premie a la que recoge más.

Programa de incentivos; por ejemplo se puede establecer un **concurso municipal** para medir el compromiso en la salubridad en cada comunidad. Mediante la evaluación objetiva de una serie de indicadores (nivel de participación en campañas de limpieza o recogida de basuras, buen uso de letrinas aboneras, establecimiento de medidas internas de saneamiento por parte de la ADESCO, apropiada cloración del sistema de agua, protección de manantiales, etc.) se puede conceder un puntaje y las 3 primeras de la lista obtienen un premio. Cada 6 meses se puede hacer la evaluación y la premiación. Para que este concurso tenga éxito debe de haber:

- una buena campaña de divulgación; la presentación y los resultados deben ser conocidos por todo el mundo. Se podría colgar un panel enfrente la alcaldía en el que salga un ranking de la posición obtenida por las comunidades (la vergüenza pública de los que estén en las últimas posiciones les estimulará para avanzar en la próxima evaluación semestral);
- y un equipo institucional (alcaldía, ministerios, ONGs...) que apoye y facilite la implicación de las comunidades en el avance de las actuaciones con actividades de sensibilización y de capacitación (talleres, visitas...).

Contaminación por agroquímicos:

Lo primero es establecer un **programa para hacer énfasis en cuáles son las dosis correctas de uso de agroquímicos** y también de coordinar con empresas comercializadoras el almacenamiento en puntos concretos de los envases utilizados y su posterior retiro y tratamiento por la empresa.

Luego también es necesario **un programa de sensibilización y capacitación para generación y uso de productos no tóxicos (orgánicos)**.

Esto se puede complementar y reforzar con una **ordenanza** que regule este tema. Por ejemplo, que dicte que no es posible utilizar agrotóxicos en parcelas que disten a menos de 100 metros de un manantial o pozo de agua, y

que esta disposición entrará en vigor 2 años después de la aprobación de la ordenanza, dando así tiempo a que el programa de capacitación tenga resultados.



6.3.- Conservar la disponibilidad de Agua

Tener chorro de agua no es sinónimo de tener agua.

Ante la creciente deforestación y el cambio climático se prevé una reducción de la disponibilidad de agua.

Una buena cobertura forestal y prácticas agropecuarias que conserven el suelo y permitan la infiltración son las soluciones para poder cosechar el agua-lluvia y permitir que esta se infiltre en la tierra y esta esté disponible en la época seca a través de los manantiales.

Como es difícil poder intervenir en todo el territorio, es importante hacerlo en los lugares más estratégicos y ¿Cuáles son estos? Pues las áreas definidas como de zonas de protección de recarga de acuíferos y de manantiales.

Es necesario establecer un estudio más detallado para delimitar a nivel catastral estas áreas.

Mediante ordenanza se deben de reconocer y regular los usos que se pueden realizar en éstas. Si es área forestal se debe de mantener y evitar la deforestación. Si es agraria se puede promover la reforestación o el buen manejo agropecuario mediante: construcción de barreras vivas, barreras muertas, zanjas de infiltración, apropiada combinación de cultivos, prohibición de quema, etc.

Estas regulaciones deben de ir acompañadas con un programa de sensibilización, capacitación y apoyo al campesinado y a los propietarios de esas tierras.

La Custodia del Territorio (*landstewardship* en inglés) es una serie de técnicas que se utilizan para implicar a los propietarios y arrendatarios de los terrenos en actividades de conservación; un ejemplo podría ser el de un acuerdo firmado entre el propietario y la alcaldía según el cual el primero se compromete en x años no cortar una reforestación que le ha facilitado el segundo. Otro ejemplo sin beneficio material, es que el propietario se compromete a proteger una fuente y la alcaldía o la ADESCO en contrapartida le hace un reconocimiento público con un diploma y unas palabras en las fiestas patronales. Los acuerdos pueden ser notariales o incluso sólo de palabra.



6.4.- Organización

A lo largo del presente documento se ha reiterado la importancia de la Cuenca como Instrumento gestión territorial en la gestión del Recurso Hídrico, si bien estos instrumentos no responde a los límites político – administrativos, esto implica que en la gestión territorial de la Cuenca participen Actores diversos, incluso de más de un Municipio, Departamento y a veces incluso de países distintos. Esto hace prioritaria la organización de todos estos actores en elementos de gestión de cuenca, donde se agrupen a todos los actores de una forma participativa. Con el fin de crear elementos de gestión de cuenca funcionales, donde verdaderamente se hagan políticas transversales y horizontales, a todos los elementos y actores implicados en la gestión del recurso hídrico, con el fin de protegerlo.

Para la Organización se emplean distintas respuestas institucionales tanto individuales o estructurales, estas pueden ser Organismos de Cuenca, Comité de Cuenca, Consejos de Cuenca... Estas estructuras de organización incluyen comisiones, autoridades municipales, departamentales e incluso nacionales, grupos de múltiples actores (asociaciones comunitarias, de profesionales, organizaciones sin ánimo de lucro...). Pueden ser formales o informales, por lo que estos instrumentos de gestión se conforman bajo diferentes acuerdos, en base al objetivo, sistemas legales – administrativos, recursos humanos y financieros en cuestión. Suelen ser organismos con personalidad jurídica. Aunque existen organizaciones de cuenca con un contexto menos formal.

Si bien las organizaciones de cuenca deben formar parte del ente público, dado que el recurso hídrico es un bien público en sí mismo. He de ahí el énfasis por crear un organismo participativo donde se tenga en cuenta a todos los actores implicados.

El fin último de estos elementos de gestión no es otra que la buena gobernabilidad del Recurso Hídrico con la implicación de todos los actores como ya se ha mencionado. Tratando temas de participación, género y equidad, preocupación y educación ambiental, evaluaciones económicas y gestión hídrica propiamente dicha.

Los organismos de cuenca varían en función y propósito, según los mandatos y acuerdos legales utilizados para su

creación. También es cierto que sufren una evolución a medida que cambian las circunstancias. Si bien los organismos de Cuenca tienen tres funciones principales: monitorear, investigar, coordinar y regular; planificar y financiar; desarrollar y administrar.

Monitoreo y Vigilancia Ambiental y Social Participativo

La red de monitoreo y vigilancia ambiental y social participativo consiste en la promoción organizada de la participación de la población en el acceso y generación de información en relación a aspectos ambientales en relación al recurso hídrico, monitoreando los elementos que garantizan la sostenibilidad y calidad del recurso, a través del seguimiento y vigilancia.

La monitorización y vigilancia ambiental es un proceso de colaboración, en el que se recoge y analizan datos, con el fin de comunicar los resultados, un intento conjunto de identificar y resolver problemas.

Al ser un proceso participativo, este necesita que se involucren en su desarrollo una serie de actores sociales, los cuales han de abordar los temas que han de dar respuesta a los problemas del recurso hídrico. Por lo tanto este tipo de propuestas introducen un cambio de dinámica, ampliando la dimensión técnica del monitoreo tradicional e introduciendo dimensiones tan importantes como la técnica. Es decir, más allá de conocimiento técnico – científico, el monitoreo y vigilancia participativa induce también actitudes y habilidades que promueven el reconocimiento y el respeto al medio.

En este tipo de proyectos se implica a una serie de personajes en todas las etapas de la vigilancia y monitoreo, ya que incorpora métodos e indicadores que son significativos y apropiados, si bien este monitoreo requiere cambiar los roles de responsabilidad de tareas de una amplia gama de intereses, aprendiendo los distintos actores de las técnicas de monitoreo y beneficiándose de los resultados obtenidos.

Estos sistemas de monitoreo y vigilancia ambiental no son por tanto únicamente científico, sino también social, político y cultural. Por lo cual necesita de una buena disposición para escuchar diferentes puntos de vista, así como una aceptación y conocimiento de los papeles de los

diferentes participantes.

El monitoreo y vigilancia ambiental participativos consisten en la recopilación, procesamiento y análisis sistematizados de datos a lo largo del tiempo, tanto por parte de técnicos, que tienen a su vez un importante apoyo en personas y entidades locales, identificando así los cambios en aspectos o elementos de la cuenca.

Estos cambios, en la calidad ambiental de la cuenca pueden ser positivos o negativos, estos cambios pueden ser a nivel medioambiental o social.

Para realizar el monitoreo y vigilancia ambiental participativos se requiere de una población que tenga acceso a una información veraz, pertinente, física, accesible y continua, con el fin de que den cobertura a esta herramienta. Por lo que el uso de esta herramienta necesita una población activa, organizada, comprometida e informada.



6.5.- Instrumentos de trabajo

Para lograr un manejo adecuado en función de una línea base, es la creación de instrumentos o herramientas que estén encaminadas a reducir el impacto negativo, que en los últimos años se ha venido generalizando.

La gestión de recursos hidrológicos es equivalente a la gestión de conflictos entre seres humanos y de éstos con el entorno. En este sentido, las normas de manejo forestal, bajo el concepto de ordenación de un territorio, se crean para evitar dichos conflictos, prevenirlos y solucionarlos. El ser humano debe aprender a vivir con estos conflictos y enfrentarlos adecuadamente, sabiendo además que la escasez relativa de agua y recursos naturales se incrementará constantemente con el tiempo, producto del crecimiento económico, demandas sociales y cambios climáticos.

Plan de manejo de cuencas

Una herramienta importante para identificar y analizar los impactos negativos ambientales y sociales. Este instrumento servirá como una línea de partida para ir determinando en que ejes se debe poner más énfasis.

Plan de Ordenamiento territorial

Un Plan de Ordenamiento Territorial está enfocado en el desarrollo del territorio, tiene como objetivo la planificación de los espacios físicos, ambientales y socioeconómicos, al incluir estudios se logra un conocimiento del territorio sobre temas como la población, el nivel educativo, así como los lugares de riesgos como fenómenos meteorológicos y tectónicos como lluvias, sequías y deslizamiento. Estableciéndose como un instrumento que proporcione desarrollos sostenibles, contribuyendo a que los gobiernos orienten la regulación y promoción de ubicación y desarrollo de los asentamientos humanos

Agenda hídrica

En una herramienta de planificación estratégica para que la municipalidad, conjuntamente con su población, tenga una política de abastecimiento y saneamiento e implemente acciones sostenibles para preservar, conservar y utilizar de manera adecuada todos sus recursos hídricos atendiendo objetivos estratégicos de acción.

Ordenanzas

Dichas soluciones se basan en la creación de reglas de gobernabilidad adecuadas y el establecimiento de estructuras de organización apropiadas.

Las reglas pueden ser tratados internacionales, normas, leyes, regulaciones, acuerdos, convenios o políticas, así como también prácticas comunes. Las reglas definen, por ejemplo, el acceso a los recursos hídricos y cómo serán utilizados y administrados, y pueden ser prácticas formales o informales, escritas, orales o aceptadas tácitamente.

Dentro de las ordenanzas instrumentos legales que rigen la protección de los recursos naturales dentro de los cuales están:

Pagos por servicios ambientales.

Los pagos por servicios ambientales (PSA) son parte de un paradigma, que explícitamente reconoce la necesidad de crear puentes entre los intereses de los propietarios de la tierra y los usuarios de los servicios con un enfoque de conservación muy promisorio que puede beneficiar y mejorar la base de recursos.

Protección de zonas de interés hídrico.

Las autoridades competentes del territorio, deben gestionar apoyo técnico y económico para fortalecer su papel como administradores y el manejo de las zonas potenciales de recarga acuífera y de los recursos naturales en general, como una herramienta que fortalezca la protección de los recursos hídricos.

La formas de protección de zonas de recarga acuífera, es necesario considerar lineamientos de tipo legal como ordenanzas municipales, pago por servicios ambientales, establecer programas de manejo de fincas para diversificar y ser más sostenibles y contribuir en el cambio del uso del suelo principalmente en las zonas de recarga acuíferas.

7

Bibliografía

7.- Bibliografía

- ADES. 2012. Plan de manejo de la Cuenca del Titihuapa. Propuesta perfil del proyecto. Junio 2012
- Alemán Alvares, LA; Gil Urrutia, LB. 2003. Desarrollo e implementación de un sistema de información hidrogeológico para la zona de acuífero Ahuachapán- Atiquizaya. Trabajo de graduación para optar al grado de Ingeniero Civil en la Universidad Centroamericana "José Simón Cañas", San Salvador, El Salvador.
- BID. 2000. "Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos. Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales". Paul J.M. Van Hofwegen y Frank G.W. Jaspers. Banco Inter-Americano de Desarrollo.
- Blyth, FGH; De Freitas, MH. 1989. Geología para ingeniero. 6a Reimpresión. Compañía Editorial Continental. México.
- Brinker RC, Wolf PR. 2000. Topografía. 9a Edición. Alfaomega, Santafé de Bogotá, Co.
- Cartagena, Rafael. 2012. Informe Final. Determinación de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en ríos de la zona minera de la cuenca del Río Titihuapa.
- CEPAL. 1994. "Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas". Comisión Económica para América Latina.
- Chávez. 2011. "Métodos de análisis de la calidad del agua". Universidad de El Salvador (UES)
- Citizen Science. 2008. Prueba de la velocidad de infiltración del agua. Consultado el 4 de febrero de 2008. Disponible en www.oznet.k-state.edu/kswater/field_infiltration_rate_SPan.htm
- COSUDE. 2005. "Gestión local de agua potable y saneamiento: manejo integral de los recursos hídricos a nivel intermunicipal" Mancomunidad La Montañona, El Salvador, C. A. Cooperación Suiza.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. Centro de Ingeniería Topográfica. 1998. "Evaluación de recursos de agua de la República de El Salvador".
- DIGESTYC 2011. Anuario estadístico 2009. Ministerio de Economía, Dirección General de Estadísticas y Censos. San Salvador.
- Duarte, JR. 1998. Estudio hidrogeológico del acuífero de Galuchaba. Tesis Ing. Civil. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centro Americana "José Simeón Cañas".
- FAO, 2009. Situación de los bosques del mundo.
- Fernando, R. E.; et al. 2004. Infiltración de aguas en el Suelo. (en línea). Consultado 15 jul. 2010. Disponible www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-070.pdf
- FORGAES (Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de El Salvador) .2005. Método para zonificaciones de protección de fuentes de agua (ZOP). FORGAES. El Salvador. p.50- 55
- FUNDE, UASID. 2009. "Política de agua: ampliación de la cobertura, gestión descentralizada del agua, e institucionalización del pago de servicios ambientales" Fundación Nacional para el Desarrollo (FUNDE) y USAid.
- Gloria de Ávila. 2010. "Situación de los recursos hídricos en El Salvador". Ingeniería Sin Fronteras-Catalunya (ISF).
- Gurovich R. Luis R. 1999. Riego Superficial Tecnificado. 2a Edición Alfaomega, México D.F. pp.68-69, 138-139.
- Instituto Geográfico Nacional. 2002. "Ing. Pablo Arnoldo Guzmán" Monografía del Departamento y municipio de Chalatenango. Centro Nacional de Registros. Pg. 188-195
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria NI). 2005. Evapotranspiración. Consultado 28 de febrero de 2008. Disponible en www.evapotranspiracion.org.ar/conceptos/significado.htm
- Jenkins, J. J. 2003. Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador. Organización panamericana de la Salud, OPS/OMS. Primera edición. San Salvador, El Salvador. OPS, 2003. Editor Argüello, R. A. Consultor. 70 p. ISBN 99923-40-23-1
- Jiménez, F. 2005. Evapotranspiración. CATIE (Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza CR). Turrialba, CR.
- Jiménez, F. 2005. Metodologías de investigación en Sistemas Agroforestales. Medición de los componentes del Balance hídrico. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CR). Turrialba, CR.
- Jiménez, F. 2006. Balance Hídrico SAF 2005. CATIE. (Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza). Turrialba, Costa Rica.
- Junker, M. 2005. Metodología RAS para determinar la recarga de agua subterránea. FORGAES. Fortalecimiento de la gestión ambiental en El Salvador.
- López de Bufalá, Tomás. 2012. Diagnóstico, Lineamientos y Propuesta Metodológica para un plan de gestión integral de recursos hídricos de la cuenca del río Titihuapa. El Salvador, Centro América.
- MAG, UCR y Cámara Costarricense de Porcicultores. 2005. "Guía básica para el manejo ambiental de porquerizas". Programa Nacional de Competitividad. Comisión Interinstitucional.
- MARN, 2012. Informe de la Calidad de Agua de los Ríos de El Salvador. Año 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Dirección General del Observatorio Ambiental Gerencia de Hidrología. Marzo 2012. San Salvador.
- MARN. 2010. "Construyendo la política del recurso hídrico en El Salvador. Hacia la gobernabilidad de la gestión del agua". Ministerio de Medio Ambiente.
- Mata Zelaya, RA. 2004. Comportamiento de flujo subterráneo dentro del complejo volcánico balsamo, Región hidrográfica "E". Tesis Ing. Civil. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centro Americana "José Simeón Cañas"
- MINED. 2009. "Recurso agua y saneamiento ambiental en El Salvador". Ministerio de Educación.
- Moran, Robert E. 2005. Revisión técnica del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto minero El Dorado, El Salvador., Ph.D. Michael Moran Assoc., L.L.C. Calidad de Agua / Hidrogeología / Geoquímica. Golden, Colorado, EUA.
- Mott Robert L. 2006. Mecánica de fluidos. 6a Edición Pearson Educación, México D.F. pág.626
- OEA. 1978. "Calidad ambiental y desarrollo de cuencas hidrográficas: un modelo para la planificación y análisis integrados". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- ONU 2001. Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce, El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible, de Bonn.
- ONU. 1977. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Mar del Plata, Argentina, 14 al 25 de marzo de 1977.
- ONU. 1987. Our Common Future: Brundtland Report..20 March 1987.
- ONU. 1992. Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas de Río de Janeiro .
- ONU. 1992. Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín.
- Pacific Rim Minig Corporation. 2005. "Pre-feasibility study of El Dorado Project".
- Persaud, et al,. 1993. Freshwater Sediment screening guidelines. Ontario
- PNUMA. 2004. "Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico". Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

7.- Bibliografía

- PRISMA. 2001. “La contaminación del agua en El Salvador: desafíos y respuestas institucionales”. Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo Sostenible.
- Rucks, L.; et al. 2004. Propiedades físicas del suelo (en línea). Consultado 15 jul. 2010. Disponible en. www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICAS/fisicas.pdf
- Ruiz Vázquez, M; González Huesca, S. 2001. Geología aplicada a la ingeniería civil. 2a Reimpresión. Editorial Limusa. Noriega Editores. Balderas, México, D.F.
- Schosinsky N, GE. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base a la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central.
- Serrano Cervantes, L. 2010. “Calificación del calidad de agua de los ríos a través del Índice Biótico por familias. De macro-invertebrados acuáticos en El Salvador y su relación con principales taxones asociados”. Universidad de El Salvador (UES). Facultad de Ciencias Agronómicas.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2005. Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador. Consultado 10 de febr. 2008. Disponible en www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf
- SNET. 2005. “Índice de calidad del agua (ICA) general”. Servicio Nacional de Estudios Territoriales
- SRK . 2005. Final pre-Feasibility Study El Dorado Project El Salvador. Pacific Rim Mining Corp. Preparado por: SRK Cosulting Engineers and Scientist. Project reference number 151401. January 21, 2005. Lakewood, Colorado USA 80235
- STPGES. 2011. “Política nacional de agua potable y saneamiento 2011-2015”. Secretaría Técnica de la Presidencia. Gobierno de El Salvador. Septiembre 2011.
- UES. 2000. “Hacia la gestión sustentable en El Salvador: propuestas básicas para elaborar una Política Nacional Hídrica”. Unidad Ecológica Salvadoreña.
- UES. 2006. “Propuesta de monitoreo de fuente contaminantes en el río Titihuapa”. Alberto Iraeta y Adela Pérez.
- Van Der Valk, M. R. y Keenan, P. 2011. “Principles of good governance at different water governance levels”.
- Ven Te Chow. 1994. Hidrología Aplicada, McGraw-Hill Interamericana, Santafé de Bogotá, Co.
- WHO/UNICEF. 2010. “Estimates for the use of improved drinking-water sources. El Salvador” Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.
- Wicander, R; Monroe, JS. 1999. Fundamento de Geología. 2a Edición International Thomson Editores. México, D.F.