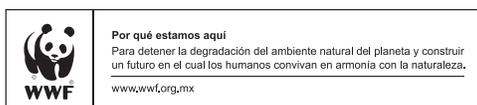




El Proyecto Mixteca fue creado por iniciativa y gestión de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), a través del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en coordinación con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

De este modo, el Proyecto Mixteca es el resultado del trabajo conjunto de varias instituciones que logra sus objetivos con la participación y decisión de las comunidades, el apoyo de las instancias de investigación y las organizaciones de la sociedad civil, así como con el respaldo de los tres niveles de gobierno.





Proyecto financiado por el

**FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL**  
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA

Evaluación de la microcuenca de  
Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca

Claudia G. Méndez Jaime

Ricardo Salas Colunga

06 junio a 31 dic del 2011.

## Resumen ejecutivo

La importancia del agua dentro del municipio de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco Oaxaca, como eje de desarrollo se plantea desde el plan de desarrollo municipal de Yucuhiti (2009), donde se destaca la pérdida de manantiales y disminución en la calidad agua. Estudios adicionales identifican crecientes problemas de contaminación, relacionados con residuos sólidos, aplicación de fertilizantes y descargas urbanas.

El objetivo del presente trabajo es determinar la calidad y cantidad del agua en la microcuenca de Santa María Yucuhiti con el fin de establecer una metodología apropiada, para monitorear su calidad y fomentar la capacitación de técnicos locales, y planificar el aprovechamiento de este vital recurso a mediano y largo plazo. El municipio instituyó recientemente el Comité Municipal de Agua, dicho comité ha participado activamente en los recorridos de campo y talleres.

En las visitas de campo se identificaron más de 50 puntos de interés hidrológico a lo largo del municipio, se encontró que el principal uso del agua dentro del municipio es agrícola, tanto de temporal como de riego, el segundo uso en importancia es doméstico. En pocos casos la infraestructura hidráulica es adecuada. Las características geohidrológicas de la microcuenca de Yucuhiti, favorecen la infiltración del agua pluvial en el sustrato calizo, los escurrimientos son de cursos cortos que desaparecen y vuelven a aflorar en las partes bajas del municipio, en la últimas décadas el ciclo del agua se ha visto afectado por el cambio de uso de suelo, que ha provocado la desaparición de varios manantiales y la disminución de servicios ecosistémicos en perjuicio de la calidad de vida y economía del municipio.

Los gastos medidos en verano y otoño muestran una reducción significativa en los escurrimientos determinados en otoño; lo cual indica, un movimiento acelerado de las aguas superficiales y subterráneas dentro del municipio. La calidad del agua se estudio en varios parajes del municipio, se encontrando presencia de coliformes en la mayoría de las muestras, en lo que respecta a nutrientes no se registran valores, considerados como indicadores de contaminación. Es importante destacar que ha sido muy complejo encontrar en la ciudad de Oaxaca laboratorios confiables, con las técnicas montadas para la identificación de todos los parámetros propuestos.

Los habitantes de Santa María Yucuhiti tienen la capacidad para asumir el control y manejo de su microcuenca, la capacitación y asesoría (adecuada y oportuna) de los actores locales será la clave para fortalecer la toma de decisiones en los temas relacionados con el aprovechamiento del recurso agua. Es indispensable el fortalecimiento del comité municipal del agua, para que tenga la capacidad de llevar a cabo las tareas que le fueron asignadas

Se tiene que establecer una cultura del cuidado del agua para ello es necesario profundizar en el concepto del ciclo integral del agua, con el fin de que sean los mismos

ciudadanos, quienes se encarguen de trabajar para recuperar los servicios ecosistémicos del municipio.

El principal impacto del proyecto es la capacitación de los comuneros, autoridades y comité municipal del agua en elementos de manejo de cuenca basados en conceptos técnicos como el ciclo del agua, relación bosque agua, fortalecidos con la experiencia práctica en la toma de datos de parámetros hidrológicos con técnicas sencillas de fácil comprensión y económicas esto cumple de manera efectiva los principales objetivos de esta primera etapa del proyecto.

## 1. Introducción

El agua es el recurso natural que ha hecho posible la vida en la tierra es con mucho el recurso vital por excelencia. Su importancia en las sociedades humanas a través de la historia ha sido igualmente relevante, no solo para su supervivencia o desarrollo como civilización, sino también como un elemento en el que los seres humanos han manifestado distintas expresiones de sus culturas (García B., 1993).

A nivel mundial los problemas que enfrentamos en la actualidad en materia de agua, tienen sus causas en limitaciones físicas y circunstancias socioeconómicas, pero también en los errores que se han cometido al no planear el aprovechamiento de los recursos hídricos, al permitir su desperdicio o incurrir en su degradación. En un mediano y largo plazos, no resultará sostenible la tendencia actual. No se puede sufragar permanentemente el costo económico, social y ambiental de llevar más agua de los ríos a las ciudades, de agotar los acuíferos y alterar la calidad de las aguas.

En la última década se ha fortalecido el sistema institucional para la gestión ambiental, principalmente en temas relacionados con los recursos hídricos. Sin embargo, durante este tiempo los problemas ocasionados por la escasez de agua, la disminución de su calidad y el aumento de desastres “naturales”, como inundaciones, se han registrado con mayor frecuencia.

Ante esta situación es apremiante un cambio de paradigma en la gestión de los recursos naturales de un enfoque sectorial hacia una visión más integral. Considerando que los ecosistemas naturales se basan en la interacción continua de todos sus elementos, en el tiempo y en el espacio, es imposible solucionar un problema ecosistémico manipulando un solo elemento.

El entendimiento de la dinámica del agua en un territorio pasa por el conocimiento espacial del ciclo hidrológico. Por ello, resulta conveniente utilizar un enfoque de cuenca para entender las interrelaciones entre los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque nos da la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo.

En la búsqueda de instrumentos de gestión que posibiliten la transversalidad de políticas sectoriales, diversos países han encontrado en el manejo integral de cuencas un instrumento de planeación y de gestión adecuado. El manejo integral de cuencas no sólo permite la gestión equilibrada de los recursos naturales, sino también la integración de los actores involucrados en una sola problemática en lugar de atender varios problemas sectoriales dispersos. La elaboración de un enfoque integrado que supere la fragmentada visión sectorial es determinante para la optimización del recurso hídrico (Cotler H., 2004).

La importancia del agua dentro del municipio de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco Oaxaca como eje de desarrollo se plantea desde el plan de desarrollo municipal de Yucuhiti (P.D.M., 2009), donde se destaca la pérdida de manantiales, reducción del volumen e

importancia respecto a su calidad. Diversos estudios realizados en Yucuhiti identifican crecientes problemas de contaminación, relacionados con residuos sólidos, aplicación de fertilizantes y descargas urbanas, (GM, 2007; P.D.M., 2009; CIGAA, 2009), éste enfrenta múltiples retos para lograr un desarrollo sustentable, como son: dotar de servicios básicos a sus localidades abastecimiento de agua (uso doméstico), manejo de descargas de aguas residuales, protección-conservación de arroyos y manantiales, control y manejo de residuos sólidos, mejora sustancial del rendimiento de sus cultivos como son: maíz, frijol, calabaza, café en este último caso los cafecultores desean incrementar sus ingresos y la comercialización de sus productos, aprovechando las ventajas que les representa contar con reconocimientos como comercio justo, certificación, producción orgánica, entre otros. Uno de los retos identificados es aprovechar de una forma óptima los recursos naturales y económicos, basados en la mejora de su organización, buena planeación y adecuada asesoría técnica.

De acuerdo con el plan de desarrollo municipal (2009), alrededor del 85 % de la población en el municipio se dedica a actividades agropecuarias, con bajos rendimientos lo cual implica presión para el cambio de uso de suelo, así mismo de acuerdo con los datos actualizados del municipio incluidos en el portal de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) del 2005 al 2010 se originaron 6 nuevas localidades, pasando de 46 a 52 para el final de este período, esta información también indica cambio de uso de suelo dentro del municipio, que incide directamente sobre los servicios ecosistémicos que proporcionan los recursos naturales locales y la necesidad creciente de servicios básicos, demanda de infraestructura carretera, abasto de agua, líneas de conducción eléctrica, la siembra de nuevas parcelas con el uso de fertilizantes y/o agroquímicos con la consecuente alteración de la calidad del agua y del ciclo hidrológico.

### **Antecedentes**

Recientemente en el municipio de Santa María Yucuhiti se integró el comité municipal del agua, este mismo día (22 de Marzo del 2011) fue denominado como día municipal del agua, dicho comité se compone por 3 representantes en cada una de las nueve agencias que integran el municipio y cuyos líderes participaron de manera dinámica y entusiasta durante las visitas a campo en la primera etapa del proyecto, demostrando siempre gran interés por incorporar a su conocimiento nuevos conceptos sobre el manejo del agua para el mejor desarrollo de sus actividades. Dentro de sus principales funciones se encuentran la organización de grupos de comités de agua en sus agencias, conservación y mantenimiento de sus manantiales, supervisar la infraestructura o redes de agua potable de cada localidad, aunado a ello deben sus integrantes ser miembros del consejo municipal para el desarrollo sustentable, convocar a la ciudadanía a participar en reuniones y asambleas, recibir capacitación por parte del gobierno estatal y federal, esto último ha sido ampliamente cubierto por la llegada del proyecto mixteca al municipio.

Además en esta misma fecha se realizó el taller denominado “problemáticas del agua en el municipio”, en donde se vertieron las principales dificultades relacionadas con el

agua identificadas por sus pobladores, en este punto se destaca la participación de la red de mujeres mixtecas de Yucuhiti (REMMY), con quienes desafortunadamente no ha sido posible establecer contacto.

## 2. Objetivos

Determinar la calidad y cantidad del agua en la micro cuenca de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca con el fin de establecer una metodología apropiada, para monitorear su calidad y fomentar la capacitación de técnicos locales, y planificar el aprovechamiento de este vital recurso a mediano y largo plazo.

## 3. Metas

- Identificar las condiciones actuales de uso, calidad y volumen de agua en la micro cuenca.
- Establecer los principales retos desde el punto de vista hidrológico para el manejo de la micro cuenca.
- Identificar, describir y analizar las características hidrogeológicas del área de trabajo.
- Estimar el volumen de agua que escurre por los arroyos que abastecen la micro-cuenca.
- Ubicación y descripción de la infraestructura hidráulica y sanitaria del municipio
- Identificar las actividades humanas que modifican el ciclo hidrológico y determinar si el impacto es positivo o negativo.
- Identificar como han variado las condiciones hidrológicas en la micro cuenca en las últimas décadas, utilizando las bases de datos disponibles de CONAGUA, estudios previos y consultas con grupos involucrados.
- Cuantificar las variables asociadas al escurrimiento como son: precipitación, infiltración, evaporación y transpiración, en la micro-cuenca de estudio.
- Proponer acciones para el manejo ecosistémico en la micro cuenca.

## 4. Área de estudio

El nombre de este municipio proviene de los vocablos *yucu* - cerro y *cuite* - ocote y significa "cerro del ocote".

### Localización y vías de acceso.

El municipio de Santa María Yucuhiti se ubica dentro del distrito de Tlaxiaco colindando con el Distrito de Putla de Guerrero Oaxaca, la comunidad de Santa María Yucuhiti es la cabecera municipal del municipio del mismo nombre (ver Figura 1).

La vía de acceso desde la ciudad de Oaxaca es la autopista No. 131 hasta Nochixtlán, donde se toma la desviación a Huajuapán de León por la carretera federal No. 125 a la altura del kilómetro 65 de esta carretera se toma la desviación a Tlaxiaco, y tomando en San José del Progreso un camino revestido que pasa por Santo Tomás Ocotepec, hacia el municipio de Yucuhiti. Cuenta con una red municipal de caminos que son transitables todo el año.



Figura 1 Perímetro del municipio de Santa María Yucuhiti, con la localización de la cabecera municipal y sus 8 agencias.

### Medio físico.

#### Geología

Las rocas más antiguas que afloran en la región corresponden a la formación Acatlán de edad paleozoica constituidas por esquistos y cuarcitas con zonas miloníticas, la cobertura del terreno Mixteco en esta área está representada por rocas sedimentarias correspondientes a la cuenca de Tlaxiaco caracterizada por una sedimentación continua a partir del Jurásico medio cuya unidad basal está constituida por el grupo Tecocoyunca.

Durante el Albiano-Cenomaniano se desarrolla una plataforma calcárea representada por la formación Teposcolula, que consta de caliza de color café claro a crema con bandas y nódulos de pedernal negro, esta formación geológica aflora en gran parte del

territorio municipal. En la región se presentan grandes fallas alineadas que en conjunto forman el graben de Mixtepec (S.G.M., 2000). El gran desarrollo del paisaje cárstico en las partes altas de municipio ha provocado una alta permeabilidad de las rocas calizas, restringiendo de manera significativa el desarrollo de la red hidrológica superficial.

Estas rocas sobreyacen de manera discordante a los esquistos del grupo Tecocoyunca que afloran en forma aislada y dispersa en las partes altas del municipio en forma de lomas escarpes, barrancas y cañadas en las partes medias y bajas del territorio municipal.

### Clima

En el municipio se presentan los siguientes tipos de climas:

C(w2)x' Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente 22°C, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.

(A) C (m) Semicálido, templado húmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, 11% temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% del total anual

(A)C(w1) Semicálido, templado subhúmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, 7% temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; con precipitación anual entre 500 y 2,500 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

De acuerdo a las normales climáticas de la estación meteorológica No. 20130 denominada Santa María Yucuhiti, ubicada en las coordenadas geográficas 17°01'00" de Latitud norte, 97°45'00" de Longitud oeste a una altitud de 1,200.0 MSNM. Los principales efectos climáticos medidos en esta estación meteorológica se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1 Principales efectos climáticos en la parte baja de Yucuhiti.

Efecto climático	
Temperatura media anual	20.5 °C
Precipitación media anual	1847 mm
Precipitación media en verano	950 mm
Evaporación total	1078 mm
Días con lluvia anual	123 días
Días con niebla anual	8 días

Esta información climática del municipio aunque valiosa es parcial debido a la ubicación de la estación meteorológica en la parte baja del territorio municipal, un dato muy relevante es la evaporación total que es mayor de la mitad de precipitación media

anual, es decir escurre y se infiltra menos de 800 mm de agua, en el caso de días con lluvia hay precipitación pluvial uno de cada tres días, un dato contrastante respecto a los recorridos de campo es el número de días con niebla al año que refiere únicamente 8 días; mientras que, en campo se observó que 50% de los días de campo fueron nublados.

## **Hidrología**

La red hidrológica superficial está compuesta de arroyos y ríos de causas cortos que con frecuencia se pierden en sumideros, a causa del alto desarrollo cárstico de la rocas calizas de la formación Teposcolula que afloran en la mayor parte del territorio del municipio.

Santa María Yucuhiti pertenece a dos regiones hidrográficas cuenca del Río Balsas y Costa Chica - Río Verde (P.D.M., 2009). La subcuenca del río Mixtepec pertenece a la Cuenca del Balsas, mientras que el río Putla y río Salado pertenecen a la Cuenca Costa Chica - Río Verde.

Dentro del límite agrario se estima existen numerosos manantiales y ojos de agua; sin embargo, de acuerdo a los comuneros su número se ha reducido en los últimos años. En verano debido a la alta precipitación pluvial existen abundantes fuentes de agua a lo largo de todo el municipio, los manantiales, arroyos y ríos incrementan sustancialmente su gasto.

En la comunidad de Santa María Yucuhiti corre el río perenne “Yuvi Viyo” que se alimenta de pequeños arroyos intermitentes que nacen en la parte alta municipio. En la comunidad de Guadalupe Buena Vista nace el río Salado cuyo afluente se utiliza principalmente para riego.

La alta permeabilidad del sustrato rocoso favorece que los ríos, manantiales y arroyos mermen significativamente su gasto en época de secas, por lo que en varias de las agencias se sufre de desabasto de agua en los meses de marzo a mayo.

Esto se ha agravado en las últimas décadas debido a dos factores: el primero es la práctica agrícola de tumba, roza y quema, que se ha practicado por muchos años en el municipio, provocando la desaparición de varios manantiales, así como la disminución del gasto en muchos de ellos. También de acuerdo a la percepción de los comuneros las lluvias han bajado en intensidad en los últimos años, lo cual tiende a agravar el problema. El segundo aspecto es el incremento de la población y sobre todo la dispersión de las comunidades en el municipio, lo cual provoca, que para su abastecimiento sea necesario conducir el agua por varios kilómetros, crear infraestructura dispersa y sin ninguna planeación. Debido a ello se incrementa la presión para el cambio de uso de suelo y la reducción de los servicios ecosistémicos.

## **Suelos**

Los suelos predominantes en el municipio en orden de mayor cobertura son, Regosol Éutrico ocupando el 86.75% del predio municipal, después el Litosol cubre el 12.97% del

territorio y por último Feozem Haplico que ocupa una mínima porción al norte del municipio representando el 0.29% de su área (G.M., 2007):

#### Regosol éutrico

Son suelos en los que no se observa desarrollo de los horizontes formados a partir de materiales no consolidados. Es frecuente en ellos la existencia de un único horizonte "A" sobre la roca madre, por lo que suelen tener muy poca profundidad. Ocupan posiciones fisiográficas muy inestables, como cerros y laderas de gran inclinación, por lo que están sometidos a continua erosión. Son suelos poco frecuentes y están muy diseminados, ocupando zonas de pequeña superficie. Son por lo tanto pobres, con escasas posibilidades de cultivo debido a la elevada pendiente y escasa profundidad.

#### Litosol

Tienen como principal característica la de ser suelos delgados, pues apenas alcanza los 10 cm de profundidad, tiene una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta.

#### Feozem Haplico

Posee acumulación de arcilla en el subsuelo y su vegetación original es de áreas forestales. Su color es rojo o claro, presentan acidez moderada y poseen una alta susceptibilidad a la erosión.

### Medio Biótico

El municipio de Santa María Yucuhiti se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP 126) denominada Sierras Triqui-Mixteca que ocupa una superficie de 3,051 km<sup>2</sup>. Es una región compuesta por bosque mesófilo, bosque de pino y bosque de pino-encino. Es la única localidad conocida de liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), en la vertiente pacífica. Presenta además, una alta diversidad de ecosistemas. De acuerdo con Arriaga (*et.al.*, 2000) la vegetación bosque de pino, bosques de pino-encino más conservada se encuentra al oeste de esta RTP. Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representado en esta región, así como su porcentaje de superficie se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2 Principales tipos de vegetación y uso de suelo en la RTP 126.

Vegetación/ uso de suelo	Descripción	% de la RTP
Bosque de pino	Bosques predominantes de pino, a pesar de distribuirse en zonas templadas, son característicos de zonas frías	45%
Agricultura, pecuario y forestal	Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal	45%
Otros		10%

De acuerdo al ordenamiento territorial del municipio (G.M., 2007), los principales ecosistemas vegetales presentes son:

- Bosque de pino (*Pinus*)- encino (*Quercus*).
- Bosque encino (*Quercus*).
- Bosque mesófilo de montaña.
- Bosque de cedro blanco (*Cupressus*).
- Bosque de Aile (*Alnus*).
- Vegetación Riparia
- Vegetación secundaria.

La fauna silvestre identificada dentro de los límites del predio municipal

Ardilla (*Sciurus vulgaris*)  
 Armadillo (*Dasyus novecinctus*)  
 Conejo (*Sylvilagus floridanus*)  
 Jabalí (*Dicotyles tejacu*)  
 Mapache (*Porción lotor*)  
 Tejón (*Nasua nelsoni*)  
 Tlacuache (*Didelphys marsupialis*)  
 Tuza (*Cratogeomys neglectus*)  
 Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)  
 Coyote (*Canis latrans*)  
 Gato motes (*Lynx rufus oaxacensis*)  
 Zorra (*Urocyon cinereoargenteus*)  
 Gavilán (*Buteo magnirostris*)  
 Chachalaca (*Ortalis vetula inetrmedia*)  
 Jilguero (*Carduelis notata*)  
 Pájaro carpintero (*Melanerphes phommicivorus*)  
 Víbora de cascabel (*Crotalus basiliscus*).  
 (CIGA, 2009).

En el estudio para el establecimiento de áreas de conservación se identificaron las siguientes especies endémicas:

- Orquidea (*Orchidaceae*)      *Clowesia rosea*
  - *Laelia anceps subsp. dawsonii*
- Encino (*Quercus*)              *Laeta Liebman* endemica de México

### **Población y uso de suelo**

De acuerdo a oficina estatal de información para el desarrollo rural sostenible (OEIDRUS, 2005). El municipio de Santa María Yucuhiti (446), cuenta con un total de 46 localidades (actualmente 52 de acuerdo a SEDESOL, 2011). Con una población de 6,496 habitantes cuyos porcentajes por género son:

Hombres	49%	3,175
Mujeres	51%	3,321

Toda la población es rural, y está considerada con un índice de marginación Alto y un índice de desarrollo humano Medio Alto (CDI, 2007), los usos de suelo se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3 Superficies por tipo de uso de suelo en hectáreas y porcentaje.

Uso	Superficie en Hectáreas	Porcentaje
Peñasqueras	259.92	3.57%
Agrícola	1,736.88	23.93%
Cultivo de Café	1,893.10	26.10%
Bosque de pino-encino, (PQ) pastizal	3,344.60	46.10%
Bosque de encino	21.70	0.30%
<b>Total</b>	<b>7,256.20</b>	<b>100%</b>

(Fuente P.D.M., 2009)

### Características sociales

El núcleo agrario de Santa María Yucuhiti lo conforman la cabecera municipal, 5 agencias municipales, 3 agencias de policía y varias rancherías. De acuerdo a su población, todas las localidades, incluida la cabecera se consideran asentamientos rurales en la nomenclatura oficial. Las 7,256.20 hectáreas del territorio de Yucuhiti las poseen bajo el régimen de bienes comunales, 1,772 comuneros legalmente reconocidos, de acuerdo a la Resolución Presidencial de fecha 25 de febrero de 1994 (G.M., 2007).

La organización social está determinada por usos y costumbres o derecho consuetudinario, en su asamblea general ordinaria de elección popular de las autoridades civiles y religiosas se renuevan 569 cargos en todo el municipio; 540 cargos que atienden a las 9 localidades, más 17 cargos en la presidencia municipal, más 12 cargos de la oficina de las tierras comunales. Así pues la estructura de la organización social se establece a partir de lo que dicta la costumbre. Ambos cargos, civiles y religiosos se designan en asamblea general que es el órgano de máxima autoridad en la comunidad. De acuerdo con Aguilar (2009) cada tres años, en un ejercicio de democracia participativa el 7.1% de la población total, recibe un cargo; este porcentaje debe ser mucho mayor, si se considera únicamente a la población económicamente activa.

En relación a las organizaciones de carácter económico destacan los productores de café. La producción y comercialización de este grano se lleva a cabo a través de

pequeños productores, quienes se encuentran integrados en alguna organización de productores. Los antecedentes organizativos los marca la intervención de Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) hasta los años 70, para posteriormente organizarse en sociedades como la “Uni Nuú”, la S.C. Mixteca Alta del Pacífico, UP Mixteca Alta S.S.S. y otras más, hasta participar en la conformación de importantes organizaciones de productores como la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO) en 1989, o la sociedad cooperativa de producción rural de Mixtecos, Chinantecos y Zapotecos (Michiza) quienes han sabido responder a las exigencias del mercado, en el caso de CEPCO su intervención en el municipio marcó el cambio de cafetales convencionales en cafetales orgánicos como una estrategia económica y ambiental que les ha permitido acceder a mercados de productos orgánicos (G.M., 2007).

## 5. Metodología

### Revisión bibliográfica

Se revisaron documentos de planeación del municipio como:

- Ordenamiento territorial comunitario (2007)
- Plan de desarrollo municipal (2009)
- Estudio para el establecimiento de áreas de conservación (2009)

Estos documentos son de suma importancia dado que en ellos se identifican las problemáticas que enfrenta el municipio, planes de acción y propuestas de solución planteadas dentro del municipio a nivel de agencia y de cada localidad.

Se hizo una consulta de toda la documentación disponible relacionada con el municipio y bases de datos especializadas como CONABIO, CONAGUA, AICAS, etc. Se identificó que el municipio se encuentra dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP-126) denominada Sierras Triqui-Mixteca (Arriaga, *et. al.* 2000) sus atributos biológicos se describieron en medio biótico (ver Cuadro 2).

Aunado a ello se encontró información complementaria en documentos y cartografía del Servicio Geológico Mexicano (SGM), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Comisión Nacional para el Desarrollo de los pueblos Indígenas (CDI), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), gobierno del estado de Oaxaca, entre otros.

Se consultaron las normas oficiales mexicanas que establecen los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional. Y los criterios ecológicos de calidad del agua (SEMARNAP, 1989), enfocados a la protección de la vida acuática.

Para determinar la calidad del agua en la microcuenca de Yucuhiti se propone analizar parámetros fisicoquímicos incluidos en las normas oficiales mexicanas (que se enlistan abajo), que estén directamente relacionados con las principales actividades

antropogénicas. Éstos son: contenido de coliformes fecales y totales, nitratos como ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nitritos como ( $\text{N-NO}_2^-$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ), pH (potencial de hidrógeno), Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), sulfatos como ( $\text{SO}_4=$ ) y fósforo total ( $\text{P- P}_T$ ).

- NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".
- NOM-012-SSA1-1993 "Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados".
- NOM-014-SSA1-1993 "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados".
- NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

Se solicitó a las autoridades municipales y agrarias todos los informes disponibles, realizados por diferentes dependencias y organizaciones de la sociedad civil en Yucuhiti. Se entrevistaron a una decena de ciudadanos con amplio conocimiento del territorio principalmente ex autoridades agrarias y municipales, quienes refieren la falta de continuidad en los programas y proyectos a nivel municipal y agrario, así como la pérdida de manantiales y fuentes de agua.

#### Preparación de talleres y trabajo de campo

Durante la reunión de trabajo con la comunidad de Yucuhiti, realizada el día 14 de julio del 2011, se estableció contacto con las autoridades comunales, municipales, contando con los agentes en función y agentes electos para el siguiente año y los integrantes del comité municipal del agua; así como, estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande.

El primer taller se realizó el 6 de agosto del 2011, los temas abordados se eligieron utilizando como línea base la información recopilada el 14 de julio (para la preparación del material didáctico), considerando que los participantes demostraban gran interés por abordar y resolver las problemáticas relacionadas con recursos hídricos de su municipio. Para ello fue fundamental incluir conceptos como: la relación bosque-agua, cultura del cuidado del agua, reforestación, ciclo del agua y el impacto de las actividades antropogénicas.

El segundo taller se realizó el 12 de noviembre del 2011, donde se propuso desarrollar la capacidad de análisis de los comuneros y autoridades para proponer soluciones de los problemas relacionados con el agua. Con la finalidad de motivar a los asistentes a desarrollar conceptos propios, se proyectó un video sobre comunidades indígenas Oaxaqueñas quienes han desarrollado estrategias organizativas, logrando establecer su propia industria, generando empleos locales y colocando sus productos en el mercado nacional, teniendo como meta lograr un desarrollo sustentable. Surgió la necesidad de que los comuneros que ya habían recibido capacitación (asesores

técnicos comunitarios), dirigieran una práctica en el taller hacia aquellos participantes que asistieron por primera ocasión con el acompañamiento de asesores técnicos, se explicó las implicaciones ambientales de los parámetros hidrológicos medidos en campo; así como, la forma de medir el gasto en arroyos y manantiales (ver Figura 2).



Figura 2 Capacitación de actores locales y participación en taller.

#### Materiales utilizados

GPS marca Garmin  
 Varillas de para medir pH  
 Termómetro  
 Libretas de campo  
 Cámara fotográfica  
 Grabadora  
 Bolsas estériles para colecta de agua  
 Guantes quirúrgicos  
 Frascos de plástico nuevos, de uno y dos litros de capacidad  
 Cubre bocas  
 Hieleras  
 Cubeta  
 Esponjas  
 Cronómetro

Navaja  
 Bolsas de plástico  
 Bata  
 Cinta métrica  
 Correntómetro marca Flowatch para medir caudal (precisión  $\pm 2\%$ )  
 Marcadores  
 Proyector  
 Computadoras  
 Impresora  
 Hojas impresas con juego de serpientes y escaleras utilizado el ciclo del agua  
 Hojas de campo  
 Hojas de rota folio  
 Marcadores y plumines

### Visitas de campo

Los recorridos de campo se planificaron para cumplir los siguientes objetivos: localización y descripción de las obras de infraestructura hidráulica, con particular atención en aquellas obras que se encuentran en uso, ubicación de manantiales, tanques de almacenamiento de agua, con el fin conocer de primera mano la problemática que enfrenta cada agencia en relación con el abasto y calidad del agua.

Para la determinación de gastos y parámetros físicos del agua de arroyos-manantiales y calidad del agua, se colectaron muestras. Se realizó un recorrido previo por toda la microcuenca para identificar fuentes potenciales de contaminación y observar las actividades más importantes desarrolladas en cada agencia.

Una de las metas más importantes fue brindar capacitación técnica a los actores locales (incluidos los miembros del comité municipal del agua, autoridades comunales y/o municipales y ciudadanos interesados), involucrados en el manejo de la micro-cuenca. Cuando se iniciaron los recorridos de campo se fomentó la participación activa de los ciudadanos, sus dudas y Comentarios fueron siempre bienvenidos, se destacó su experiencia y el conocimiento de las problemáticas locales y de sus comunidades, reflexionando junto con ellos en el planteamiento de las posibles soluciones y su viabilidad. Se plantearon y fundamentaron los puntos de vista técnicos, se explicaron los parámetros a determinar, así como su importancia en relación al ciclo del agua y su fragilidad (ver Figura 3).



Figura 3 Participación de ciudadanos en visitas de campo

La primera visita por los sitios de interés hidrológico del municipio, se realizó del 7 al 10 de agosto del 2011, al mismo tiempo se hizo el primer muestreo y medición de gastos en los arroyos de la comunidad (cuadro 4).

Cuadro 4 Actividades realizadas durante la primera visita de campo en Yucuhiiti.

Descripción de actividades y sitios visitados	Fecha
<p>El recorrido se inició en la comunidad de “Yosonicaje”, agencia ubicada en la parte alta de la microcuenca del municipio, se visitaron varios el parajes cercanos, el primero fue el área donde se realiza una perforación para un pozo, que servirá como fuente de abastecimiento de agua para esta comunidad. Posteriormente se continuó el recorrido por ollas (dolinas) y manantiales dentro de esta agencia. Se visitaron los pozos denominados Feria. Se tomaron datos hidrológicos en el río “Nute tuñuma”, ubicado en la localidad de “Yuteyuvi”.</p> <p>La siguiente agencia visitada fue Pueblo Nuevo, en el paraje “Peña Blanca” donde se ubica el manantial de los López, también conocido por su nombre mixteco “Cava Cuihi” este manantial es la principal fuente de abastecimiento</p>	07/08/2011

<p>de agua para la agencia, en este punto se tomaron datos hidrológicos. Además se visitaron otros dos manantiales que son utilizados ocasionalmente por algunas familias.</p>	
<p>En la comunidad de Santa María Yucuhiti se visitaron dos manantiales que abastecen de agua a esta localidad se observó que las obras de captación no tienen un mantenimiento adecuado, se midió el gasto en el río “<i>Siqui Cava</i>”. En la agencia de Zaragoza se visitaron obras de captación y se midió el gasto en el río “<i>Agua Fría</i>” y el arroyo “<i>Nute Shinin Tachi</i>” se tomaron datos hidrológicos.</p> <p>En la agencia de Miramar, se visitaron obras de captación y distribución en los parajes del río “<i>Liru</i>” y “<i>Los Sauces</i>”, se colectaron datos hidrológicos con la participación de los comuneros, integrantes del comité municipal del agua, autoridades municipales y comunales de esta forma se les capacitó en la toma de datos hidrológicos, actividad que realizaron de forma entusiasta y constante durante el resto de la visita.</p>	08/08/2011
<p>En la agencia de Reyes Llano Grande se visitaron los parajes de “<i>Nute lax Kitu</i>” y “<i>Nute Yuveno</i>” en los cuales se tomaron datos hidrológicos, en “<i>Nute Yuveno</i>” en este paraje la milpa se ubica a menos de 2 metros del margen del arroyo.</p> <p>En la agencia de Buenavista se visitaron los parajes de “<i>Nute Uloa</i>”, “<i>Agua Salada</i>” y “<i>El Sauce y la Cruz</i>”, en los cuales se tomaron datos hidrológicos.</p> <p>En la comunidad de Caballo Rucio se visitaron los parajes de “<i>Floripondio I</i>”, “<i>Floripondio II</i>” y “<i>El Jabalí</i>”, hubo contraste entre una obra de captación nueva y funcional (<i>Jabalí</i>) con otra vieja y sin mantenimiento (<i>Floripondio II</i>). En esta agencia se padece de desabasto de agua en los domicilios en los meses de marzo a mayo, la obra de conducción desde el manantial es de más 1 Km de longitud.</p> <p>En el ejido de Paz y Progreso se visitaron los parajes río “<i>Retumbo</i>” también conocido como San Isidro, pozo “<i>Tuyagloo Sabi</i>”, en los cuales se tomaron datos hidrológicos, donde se observó la presencia de basura en los cauces y arroyos ubicados dentro y los alrededores de la localidad de Paz y Progreso y la ubicación de letrinas cercanas a los cauces de los arroyos.</p> <p>El río San Isidro se considera que es la fuente abasto con mayor volumen de agua, respecto a las fuentes visitadas. Así mismo, fue destacable el contraste de cambio de uso de suelo con vecinos de la comunidad de Mexicalcingo, quienes han desmontado grandes superficies para establecer pastizales para alimentar a su ganado.</p>	09/08/2011
<p>Se visitó un predio reforestado en 2011 de más de 40 Has., con la finalidad de revisar ollas ubicadas en estas zona y ver su potencial para almacenamiento de agua para riego de superficies reforestadas.</p> <p>Finalmente se realizó una reunión de hallazgos con las autoridades y comuneros, destacando la participación de mujeres y jóvenes. En esta reunión se planteó incorporar a las escuelas del municipio y la participación de estudiantes y maestros en las visitas a campo, para la determinación de</p>	10/08/2011

parámetros hidrológicos y con ello fortalecer e involucrar a más población, respecto en la cultura del cuidado del agua.	
--	--

Durante el taller y las visitas de campo por el municipio se contó con la presencia de las autoridades comunales, los agentes municipales (de las 8 agencias y la cabecera municipal), representantes de las comunidades, usuarios del agua, el presidente y miembros del comité municipal del agua.

Para medir el gasto de arroyos y manantiales se utilizó un correntómetro marca Flowatch con una precisión de  $\pm 2\%$ . El primer paso es determinar el área de la sección del río seleccionada, se mide el ancho, así como la profundidad a intervalos regulares, la determinación del gasto se hace multiplicando la velocidad del flujo por el área de la sección (ver Figura 4).

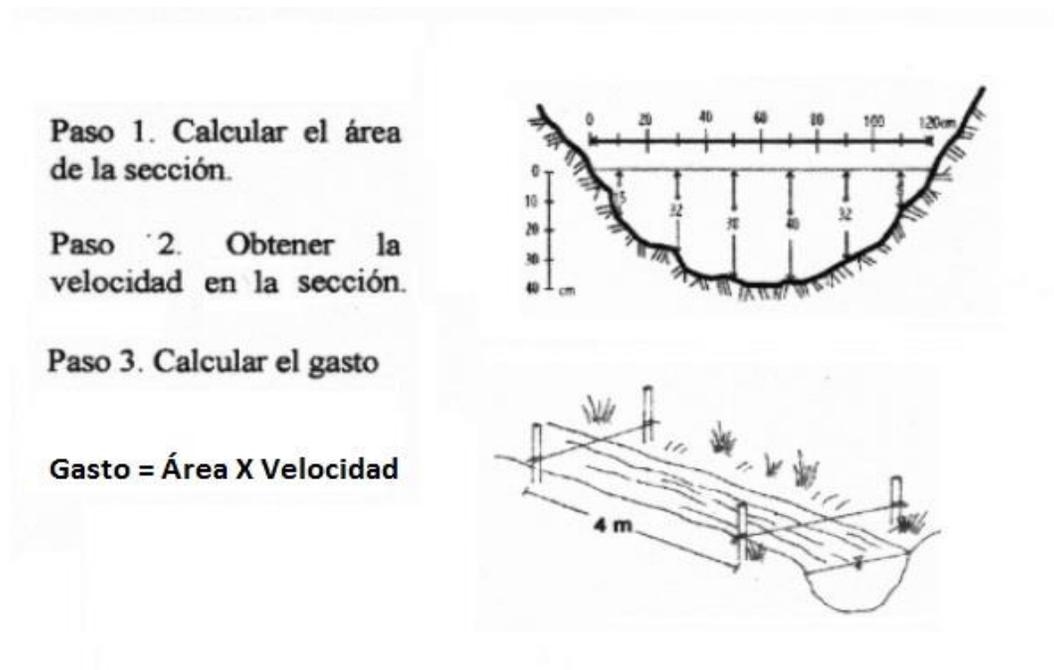


Figura 4 Descripción de metodología para medición de gastos en arroyos.

Se promovió la participación de comuneros en la toma de datos hidrológicos, midiendo la temperatura y pH de cada arroyo o manantial visitado, también se les enseñó un método para medir el gasto, actividad que realizaron en varios arroyos (ver Figura 5).



Figura 5 Participación de los actores locales en la toma de datos hidrológicos.

El día 10 de agosto del 2011, se realizó la reunión de hallazgos en la cual se discutió la problemática del agua dentro del municipio, agrupándose en cuatro temas:

- Relación de las comunidades con el agua, de acuerdo a su ubicación en la microcuenca.
- Información documental, se menciona la realización de estudios en el municipio, los cuales no se encuentran en una ubicación única y ello hace imposible su consulta.
- Cultura es necesario readecuar la visión que se tiene en relación al agua.
- Manejo del agua.

En la segunda vista de campo por Yucuhiti, realizada del 10-13 de noviembre del 2011, se visitaron de nuevo la mayor parte de los puntos de interés hidrológico, así como algunos sitios nuevos. En esta ocasión fue posible observar con claridad las áreas con marcadas por procesos de erosión y cambio de uso de suelo, debido a que los días ya no estaban nublados. Se prosiguió con la capacitación de los ciudadanos de Yucuhiti, en esta ocasión se contó con la participación de un joven pasante de la carrera de ingeniería forestal, quién fue de gran ayuda pues tiene la facilidad de describir aspectos técnicos en lengua mixteca. Se colectaron muestras para determinación de calidad del agua en sitios posiblemente contaminados o en riesgo y fuentes de abasto importantes para un número significativo de usuarios en el municipio (cuadro 5).

Cuadro 5 Actividades realizadas durante la segunda visita de campo en Yucuhiti.

Descripción de actividades y sitios visitados	Fecha
<p>Recorrido por los sitios de interés hidrológico la agencia de Yosonicaje se visitó nuevamente el sitio donde se perfora un pozo, el avance ha sido mínimo después de 3 meses de operación. Se visitó el paraje “Nute numa” para estimar la variación del gasto en este manantial, en el río “Nute tuñuma”, ubicado en Yuteyuvi, localidad de Yosonicaje se colectaron datos hidrológicos y se observó una disminución importante del gasto.</p> <p>En la agencia de Pueblo Viejo se visitó el paraje “Peña Blanca”, donde se ubica el manantial de los López, también conocido por su nombre mixteco “Cava Cuihi”, donde se tomaron datos hidrológicos y también se observó reducción del gasto. En este sitio se encontró algo de basura en los alrededores.</p> <p>En la cabecera municipal se visitó el río “Siqui Cava” donde se tomaron datos hidrológicos y se observa también una reducción del gasto.</p>	10/11/2011
<p>En el ejido Paz y Progreso se visitó el río “San Isidro”, en el paraje conocido como “El Retumbo”, se tomaron datos hidrológicos y se observó una reducción del gasto.</p> <p>Se visitó el paraje “El Jabalí”, donde se ubica una obra de toma que conduce una línea de dos pulgadas que abastece aproximadamente a 25 familias, se tomaron datos hidrológicos y se observa también una reducción del gasto.</p> <p>En Buenavista se visitó el paraje “Yerba Santa” que tiene una obra de toma de más de 25 años que conduce agua para consumo humano, se tomaron datos hidrológicos y se observa una reducción del gasto. En el arroyo Agua Salada también perteneciente a la comunidad de Buenavista se tomaron datos hidrológicos, se seleccionó como uno de los puntos para determinar calidad del agua dado, utilizando como indicadores de calidad el sabor y el alto contenido de material en suspensión.</p> <p>En el paraje “Loma Laxquitu” ubicado en Reyes Llano Grande se tomaron datos hidrológicos se observó que no tiene una zona de protección y hay presencia de cultivos agrícolas en su margen.</p> <p>En Miramar se visitó la obra de toma del Río “Liru”, donde también se ubica el ojo de agua “Malpaso”, se tomaron datos hidrológicos y se observó reducción del gasto, esta obra de toma es una de la mejores; sin embargo; aun esta se puede mejorar, esta obra abastece de agua a varias comunidades, en conjunto se estima que se extraen más de 10 pulgadas de agua en diferentes líneas tanto para riego como para consumo humano. En esta agencia se visitó la fosa séptica conectada al drenaje, la cual se encuentra en muy mal estado, debido a que tiene una fractura que provoca el derramamiento de agua residual, en este sitio se tomaron muestras de agua.</p> <p>En la agencia de Zaragoza se visitó el río “Agua Fría”, se tomaron datos hidrológicos y se observó reducción del gasto.</p>	11/11/2011
<p>Segundo taller sobre el tema del agua en Yucuhiti, se proyectó un video con la experiencia de comunidades Oaxaqueñas que han aprovechado sus recursos naturales y mejorado su organización interna, para lograr un desarrollo</p>	12/11/2011

sustentable. Debido a las dudas y comentarios de algunos comuneros que no participaron en los recorridos, sobre los datos colectados y los métodos utilizados, se realizó una pequeña práctica, dirigida por los comuneros con experiencia en campo hacia los nuevos participantes.	
<p>Se realizó la colecta de muestras para determinar calidad del agua, los puntos seleccionados fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Río Agua Salada, Buenavista</li> <li>• Río “Liru”, Miramar</li> <li>• Fosa Séptica en Miramar</li> <li>• “Siqui Cava” Santa María Yucuhiti</li> <li>• “Cava Cuihi” Pueblo Viejo</li> <li>• “Nute tuñuma” Yosonicaje</li> </ul> <p>Fue indispensable programar la colecta en domingo para tener la oportunidad de entregar las muestras en el laboratorio en la ciudad de Oaxaca en el tiempo indicado para la vigencia de la realización de los análisis. Las muestras fueron analizadas en dos laboratorios, el primero de CONAGUA perteneciente a la región Pacífico sur y el segundo del CIDIR, ubicados en la ciudad de Oaxaca.</p>	13/11/2011

### Muestras

La colecta de muestras para determinar coliformes en agua requirió de cumplir con un protocolo de muestreo; dado que, las muestras deben ser colectadas en bolsas estériles con guantes y en condiciones estrictas de asepsia, mantenerse refrigeradas, sin exponerse a la luz del sol y los análisis deben realizarse antes de pasar 24 horas contados a partir de la toma de muestras. Esta fue la razón por lo cual, se colectó el domingo por la tarde y se entregó en los laboratorios del CIDIR el lunes antes del medio día. Se tomaron 5 muestras para determinación de coliformes, en puntos considerados relevantes y con fuentes potenciales de contaminación por aguas negras y/o muy importantes para el abasto de las comunidades.

El mismo día se colectaron muestras para determinación de nutrientes, para este muestreo se utilizaron frascos de plástico con tapadera (2 litros de capacidad); los cuales se mantuvieron en refrigeración, hasta la entrega en los laboratorios de CONAGUA, en la ciudad de Oaxaca. Se tomaron 5 muestras en puntos relacionados con la presencia o cercanía de cultivos agrícolas.

### **Resultados**

Se identificaron más de 50 puntos de interés hidrológico a lo largo del municipio de Santa María Yucuhiti, cubriendo la cabecera municipal y sus 8 agencias, a continuación se presentan sus coordenadas en Universal Transversa de Mercator (UTM), la altitud se expresa en metros sobre el nivel del mar, descripción del sitio y la comunidad a la que pertenecen (ver cuadro 6).

Cuadro 6 Sitios visitados de interés hidrológico

Paraje	Localidad	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Descripción del sitio
Cerro del Ocote	Miramar	629328	1881935	2433	Dolina
Olla II	Miramar	629350	1881866	2549	Dolina
Olla III	Miramar	629228	1881847	2561	Dolina
Casa de la Lluvia	Yosonicaje	627924	1889070	2629	Caverna
Entrada	Yosonicaje	627902	1889230	2624	Caverna
<i>Nute numá</i>	Yosonicaje	629669	1887989	2776	Manantial
Perforación	Yosonicaje	629755	1887909	2800	Pozo
Olla	Yosonicaje	629223	1887526	2720	Dolina
Pozo Feria	Yosonicaje	629623	1887177	2732	Manantial
Temascal	Yosonicaje	629359	1886560	2656	Manantial
<i>Nute Tiu ño</i>	Yosonicaje	629484	1885750	2518	Manantial
<i>Nute tiu ño río</i>	Yosonicaje	629528	1885740	2526	Río
<i>Nute tu ñuma</i>	Yosonicaje	629527	1885376	2448	Manantial
<i>Cava Cuihi</i>	Pueblo Viejo	630186	1884938	2469	Manantial
El Sabino	Pueblo Viejo	629483	1883177	2262	Manantial
<i>Yo so Tia maa</i>	Pueblo Viejo	629854	1882901	2236	Manantial
<i>Siqui Cava</i>	Sta. María Yucuhiti	631154	1882011	2044	Río
<i>Nute sat La</i>	Sta. María Yucuhiti	630195	1883158	1971	Manantial
<i>Nute Yutan kete</i>	Sta. María Yucuhiti	630712	1882401	1851	Manantial
Cascada	Sta. María Yucuhiti	630525	1882994	2050	Río
El Naranja	Zaragoza	628762	1876788	1605	Río
<i>Nute Shinin Tachi</i>	Zaragoza	627635	1878817	1617	Arroyo
Agua Fría	Zaragoza	628758	1878810	1582	Río
Los Sauces	Miramar	627587	1881257	1775	Manantial
Malpaso Río Liru	Miramar	627832	1881717	1904	Manantial, arroyo
<i>Loma Laxqitu</i>	Reyes Llano Grande	628807	1882812	2150	Arroyo
Fosa séptica	Miramar	627539	1880201	1703	Fosa Séptica
<i>Nute Yuveno</i>	Buenavista	628580	1882490	2134	Manantial
<i>Nute Uloa</i>	Buenavista	627793	1883526	1885	Manantial
El Sauce y la cruz	Buenavista	627580	1883640	1867	Manantial
Agua Salada	Buenavista	627682	1883486	1830	Arroyo
Floripondio	Caballo Rucio	627533	1884610	1911	Manantial
Floripondio II	Caballo Rucio	627569	1884689	1900	Manantial
El Jabalí	Caballo Rucio	627658	1884739	1922	Manantial
Río Retumbo	Paz y Progreso	624012	1888256	1340	Río

Pozo "Tuyagloo sabi"	Paz y Progreso	623980	1888032	1412	Arroyo
-------------------------	----------------	--------	---------	------	--------

### Condiciones actuales de uso, calidad y volumen de agua en la microcuenca

Durante el desarrollo del presente proyecto se identificaron las principales actividades relacionadas con el uso del agua (ver cuadro 7) de la siguiente manera:

Cuadro 7 Principales usos del agua

Actividad Principal	Proporción de uso
Agropecuario	80%
Urbano	18%
Otros usos	2%
Total	100%

El principal uso del agua dentro del municipio es agrícola, tanto de temporal como de riego, el segundo uso en importancia es doméstico, en ambos casos se han realizado obras de captación, conducción y distribución de agua, en algunas ocasiones la infraestructura hidráulica es adecuada, no se da ningún mantenimiento a las mismas.

Las características geohidrológicas de la microcuenca de Yucuhiti favorecen la infiltración del agua pluvial en el sustrato calizo, los escurrimientos de cursos cortos que desaparecen y vuelve a aflorar en las partes bajas del municipio son comunes, sin embargo el ciclo del agua se ha visto afectado por el cambio de uso de suelo, que a provocado la desaparición de varios manantiales y la disminución de servicios ecosistémicos en perjuicio de la calidad de vida y actividad económica del municipio.

De acuerdo a los datos de estación meteorológica 20130 ubicada en Yucuhiti se puede estimar que en el municipio se infiltra y escurre un volumen de cerca de 55 millones de metros cúbicos anuales, este dato permite observar claramente que el problema de escasez de agua se debe a la falta de capacidad para almacenar agua no por la escasez de este vital líquido.

### Condiciones hidrológicas en la microcuenca utilizando las bases de datos disponibles

De acuerdo a los estudios y planes realizados en Yucuhiti, así como la percepción de sus ciudadanos las condiciones hidrológicas de la microcuenca se han visto degradadas a lo largo de las últimas décadas tanto en abasto como calidad del agua.

Las variables asociadas a las condiciones climáticas del municipio se presentaron en el cuadro 1, sin embargo como se mencionó anteriormente esta información es insuficiente para evaluar de una forma adecuada las condiciones del escurrimiento en el municipio.

Durante la primera etapa del proyecto pudimos observar que hay un déficit de información climática confiable de la microcuenca de Yucuhiti. Dentro las rutas de seguimiento en la segunda etapa del proyecto, será conveniente establecer estaciones climáticas en las escuelas y generar una serie de datos meteorológicos que permitan contar con datos confiables.

#### Características hidrogeológicas del área de estudio

Tres son las características hidrogeológicas del medio físico influyen de manera preponderante en la disponibilidad de agua para cada agencia, la altitud sobre el nivel del mar, la pendiente del terreno y el sustrato calizo con gran desarrollo cárstico. La vertiente a la que pertenecen también juega un papel importante, estas características se describen en el cuadro 8 y en la Figura 6, la cual representa esquemáticamente la ubicación altitudinal de cada comunidad y su posición dentro de la microcuenca.

Cuadro 8 Factores del medio físico influyen en la disponibilidad de agua

Población	Vertiente	Altitud SNMM	Disponibilidad del agua
Yosonicaje	Pertenece a los dos vertientes presentes en el municipio, sur y oeste	2,700	Escasa, particularmente en los meses de estiaje, casi toda la agencia se ubica sobre calizas con gran permeabilidad. Su área de captación brinda abundantes servicios ecosistémicos a las poblaciones asentadas aguas abajo.
Pueblo Viejo	Sur	2,250	Disponen de suficiente agua para el consumo humano, con limitaciones para la agricultura, tiene numerosas ollas (dolinas) que se utilizan para la actividad agrícola. Tienen un número importante de pozos, algunos de los cuales se utilizan para la descarga de aguas negras, convirtiéndose en fuentes de contaminación.
Sta. María Yucuhiti	Sur	2,000	Dispone de abundantes recursos hídricos, que no se aprovechan de forma adecuada, no se tratan las aguas residuales. Las cañadas y cascadas de la comunidad tienen potencial para ser usadas en actividades eco turísticas.
Zaragoza	Sur	1,600	Dispone de abundantes recursos hídricos que utiliza en la agricultura de riego, acuacultura y próximamente en envasado de agua. Tratan adecuadamente sus descargas; ya que, en la comunidad es generalizado el uso de baños secos.
Miramar	Oeste	1,800	Disponen de suficiente agua para el consumo humano, en las partes bajas; las cuales, se aprovechan para riego agrícola. En años de lluvias escasas puede ser insuficiente el abasto de agua.

			Otras comunidades ubicadas en la zona se benefician de sus fuentes de aguas, como es el caso de Reyes Llano Grande.
Reyes Llano Grande	Oeste	1900	Disponen de suficiente agua para el consumo humano; el cual se aprovecha en la parte baja para riego agrícola. En años de lluvias escasas, puede ser insuficiente el abasto de agua, aprovechan fuentes de agua de la comunidad de Miramar (Río Liru).
Buenavista	Oeste	1850	Disponen de suficiente agua para el consumo humano, en la parte baja se aprovecha para riego agrícola. En años de lluvias escasas puede ser insuficiente el abasto de agua, requiriendo la conducción de agua por más de 2 Km.
Caballo Rucio	Oeste	1850	Disponen de suficiente agua para el consumo humano, se aprovecha en la parte baja de la microcuenca para riego agrícola. En años de lluvias escasas puede ser insuficiente el abasto de agua; por ello, conducen agua por más de 1 Km.
Paz y Progreso	Oeste	1400	Dispone de abundantes recursos hídricos que aprovechan en la agricultura de riego.

### Posición en la microcuenca de las comunidades de Santa María Yucuhiti, Tlax. Oaxaca

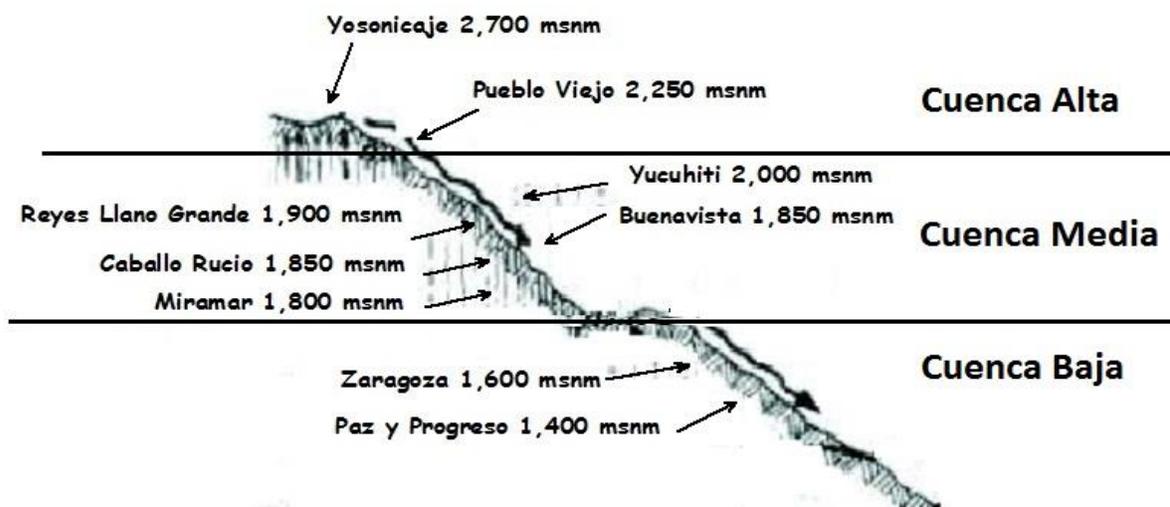


Figura 6. Ubicación de las comunidades del municipio dentro del perfil altitudinal.

### Descripción de la infraestructura hidráulica del municipio

Se identificaron las principales obras hidráulicas de cada agencia; así como, las problemáticas particulares de cada una de ellas, en relación al agua y la infraestructura hidráulica, las cuales se presentan en el cuadro 9 y las figuras 7 a 9.

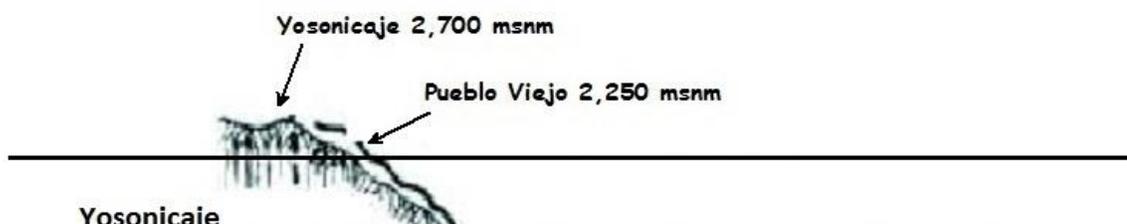
Cuadro 9 Principales obras de infraestructura hidráulica en Santa María Yucuhiti

Población	Principal problemática	Acciones realizadas/ infraestructura hidráulica	Alternativas de solución
Yosonicaje (parte alta de la micro- cuenca)	Falta de abastecimiento de agua en época de secas, pagan el agua a otra comunidad fuera del municipio, no tienen garantizado el abasto a mediano y largo plazo	Línea de conducción desde un arroyo proveniente de otro municipio, cárcamo bombeo de un desnivel de más de 150 m. (inconclusa). Perforación de pozo en la parte alta (inconclusa).	Utilizar ollas naturales para almacenar agua, concluir sus proyectos de abastecimiento. Cambio de hábitos para ahorrar agua en los hogares. Almacenar agua de lluvia. Prohibir la quema de basura.
Pueblo Viejo (parte media de la micro- cuenca)	Fuente de abasto justa, sin reserva en caso de sequía prolongada o escasas lluvias, obras de toma inadecuadas, manantiales, sin protección. Baños cercanos a arroyos. Descarga directa de aguas negras a pozos del drenaje natural.	Línea de conducción de más de 2 Km., obra de captación inadecuada, expuesta a diversas fuentes de contaminación. Descarga de aguas negras a pozos y sótanos.	Realizar obras toma adecuadas, protección de manantiales, mejorar la eficiencia en el uso del agua. Prohibir la construcción de baños cerca de arroyos y manantiales. Prohibir la quema de basura.
Sta. María Yucuhiti (parte baja de la micro- cuenca)	Obras de toma inadecuadas, manantiales, sin protección. Se presentan algunos derrumbes en el camino, en particular cerca de la cascada de Yucuhiti.	Obras de captación en mal estado, líneas de distribución del agua potable, red de drenaje pluvial.	Realizar obras toma adecuadas, protección de manantiales, mejorar la eficiencia en el uso del agua. Prohibir la quema de basura. Colecta de agua de lluvia.
Zaragoza (parte baja de la micro- cuenca)	Obras de toma inadecuadas, manantiales, sin	Aprovechamiento del recurso hídrico para actividades productivas:	Concluir los proyectos inconclusos, mejorar obras de toma.

cuenca)	protección. Cambio de uso de suelo, asociada a la práctica de roza-tumba y quema.	granja de truchas, riego, embotelladora de agua (en proceso). Buen manejo de descargas la mayoría de las casas tienen baños ecológicos.	Regular y respetar el uso de suelo original. Prohibir la quema de basura.
Miramar (parte media de la micro-cuenca)	Obras de toma sin mantenimiento. La red de drenaje opera parcialmente. La fosa séptica no funciona, siendo una fuente de contaminación.	Drenaje urbano conectado al 30 % de las casas, fosa séptica sin la capacidad para tratar de una forma adecuada las aguas residuales. Líneas de conducción para riego, creación de comités del agua. Aceptable obra de captación del Río <i>Liru</i> , se debe mejorar dada su importancia	Separar la red de drenaje pluvial de la doméstica, Revisar el diseño de la fosa séptica para proponer soluciones, e impulsar un programa de establecimiento de biodigestores o baños secos. Reglamento para comités. Monitoreo del Río <i>Liru</i> y mejora de su obra de toma con un programa de mantenimiento. Prohibir la quema de basura.
Reyes Llano Grande (parte media de la micro-cuenca)	Obras de toma inadecuadas, actividad agrícola en el margen de ojos de agua y manantiales. Abasto insuficiente en época de secas.	Fortalecimiento del comité municipal del agua, mejoramiento de tomas de agua. Proyecto de planta de biodigestores para toda la comunidad	Reglamento para comités, limitar actividad agrícola para respetar la zona de protección de manantiales y ríos. Reforestación en áreas de recarga, con especies nativas. Prohibir la quema de basura. Evaluación adecuada de proyectos para manejo de descargas urbanas.
Buenavista (parte media de la micro-cuenca)	Obras de toma inadecuadas, actividad agrícola adyacente a ojos de agua y manantiales. Abasto insuficiente en época de	Fortalecimiento del Comité Municipal del Agua. Beneficiarios de agua para riego agrícola asociados por grupos.	Reglamento para comités, limitar actividad agrícola para respetar la zona de protección de manantiales y ríos.

	secas. Probable contaminación del arroyo Agua Salada.		Reforestación en áreas de recarga de acuíferos. Prohibir la quema de basura. Monitoreo del arroyo Agua Salada.
Caballo Rucio (parte media de la micro-cuenca)	Obras de toma obsoletas, actividad agrícola adyacente a los ojos de agua y manantiales. Abasto insuficiente en época de secas, nulo mantenimiento a obras de toma. Problemas de erosión	Establecimiento del Comité Municipal del Agua, línea de conducción de más de 2 Km.	Rehabilitación de obras de toma, incluyendo programa de mantenimiento. Monitoreo de gastos en sus obras de toma. Realizar reforestaciones dentro de esta agencia, para mitigar los efectos de la erosión. Prohibir la quema de basura.
Paz y Progreso (parte baja de la micro-cuenca)	Manantiales, sin protección. Letrinas adyacentes a los arroyos. Presencia de basura en cauces, y quema. Desperdicio del agua	Fortalecimiento del Comité Municipal del Agua.	Protección de manantiales. Prohibir la construcción de letrinas cerca de arroyos y manantiales. Educación ambiental sobre el cuidado del agua. Prohibir la quema de basura.

## Principales obras hidráulicas en la parte alta de la cuenca de Santa María Yucuhiti,



### Yosonicaje

Línea de conducción de agua potable proveniente del municipio vecino.  
Cárcamo de bombeo de agua ubicado a 150 metros por debajo de la cota de la agencia (inconclusa).

Pozo perforado en la parte alta de la agencia (inconclusa).

Tanques de almacenamiento de 5,000 y 10,000 litros para uso familiar.

Uso común de letrinas y fosas sépticas.

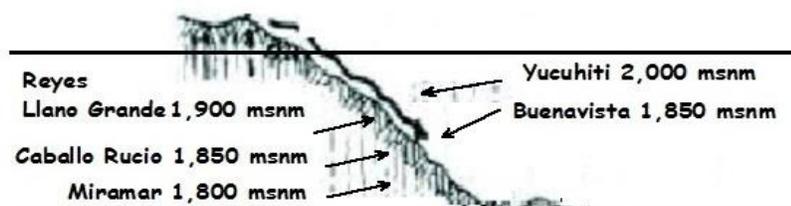
### Pueblo Viejo

Línea de conducción de mas de 2 km, red de distribución de agua potable para la mayoría de sus habitantes.

Tubos de descargas de aguas negras conectados a pozos.

Figura 7 Principales obras hidráulicas ubicadas en la parte alta de la microcuenca de Yucuhiti

## Principales obras hidráulicas en la parte media de la cuenca de Santa María Yucuhiti,



Drenaje en Miramar, Santa María Yucuhiti y Caballo Rucio, este se encuentra operando únicamente en Miramar

Obras de toma y distribución con poco o nulo mantenimiento, en toda la cuenca media

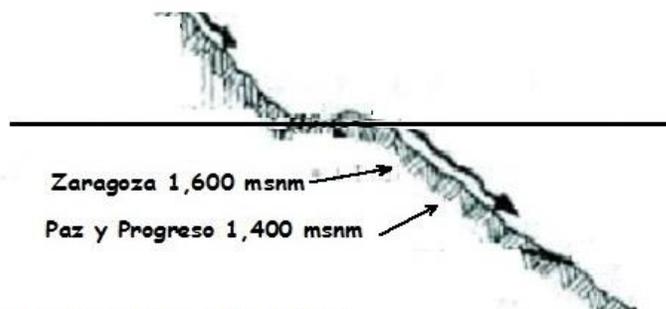
Líneas de conducción y abasto para la mayoría de los hogares de estas comunidades

Miramar tiene una fosa séptica dañada que contamina áreas agrícolas y asentamientos humanos

Existe infraestructura para riego en cada una de estas comunidades

Figura 8 Principales obras hidráulicas ubicadas en la parte media de la microcuenca de Yucuhiti

### Principales obras hidráulicas en la parte baja de la cuenca de Santa María Yucuhiti



#### En Zaragoza y Paz y Progreso

Líneas de abasto de agua potable para la mayoría de sus habitantes

En Zaragoza envasadora de agua purificada, en construcción

baños secos en la mayoría de la casas

En Paz y Progreso letrinas cercanas a los arroyos, basura en los cauces

Figura 9 Principales obras hidráulicas ubicadas en la parte baja de la microcuenca de Yucuhiti.

#### Estimación de Gastos

Se midieron los gastos de 10 ríos y arroyos en las temporadas de verano y otoño, los datos colectados y determinados se presentan en los cuadros 10 y 11. Los gastos medidos son puntuales y los flujos en arroyos-ríos pueden ser muy variables; es decir, pueden disminuir o incrementar rápidamente. No obstante, los datos colectados del gasto nos permiten tener una idea del orden de magnitud del escurrimiento y lo más importante su variación en el espacio y tiempo.

Cuadro 10 Gastos medidos en agosto del 2011

Nombre	Temperatura	pH	Ancho en cm	Prof. Máxima en cm	Gasto medido
Nute Tu Ñuma	14°C	7	200	65	350 litros/seg
Cava Cuihi	14.5°C	7	109	29	26 litros/seg
Siqui Cava	16°C	7	210	36	280 litros/seg
Nute Shinin	20°C	7	125	27	40 litros/seg
Loma Laxquitu	16°C	7	50	8	5 litros/seg

Río Liru	19°C	7	100	16	50 litros/seg
Nute Uloa	18°C	7.5	65	17	12 litros/seg

Cuadro 11 Gastos medidos en noviembre del 2011

Nombre	Temperatura	pH	Ancho en cm	Prof. Máxima en cm	Gasto medido
Nute Tu Ñuma	14°C	7	77	30	52 litros/seg
Cava Cuihi	14.5°C	7	100	18.5	19 litros/seg
Siqui Cava	16°C	7	111	11	103 litros/seg
Río Liru	17°C	7			N.D.
Loma Laxquitu	16°C	7	45	7	3 litros/seg
Río San Isidro	16°C	7.5	400	111	440 litros/seg

- N.D. no determinado

### Calidad del Agua

En la metodología se presenta el listado de parámetros propuestos para su cuantificación, uno de los principales retos a vencer fue, encontrar laboratorios acreditados que tuvieran las técnicas montadas para la determinación de estos parámetros. El resultado fue que no se pudieron determinar: nitritos, nitrógeno amoniacal y sulfatos, esto representará un reto para la segunda etapa del proyecto.

La calidad del agua para uso y consumo humano es un tema relevante en el municipio; de acuerdo con el plan de desarrollo municipal (P.D.M. 2009), en el período comprendido entre 2006-2007 hubo un incremento del 2.5% de las enfermedades gastrointestinales, este tipo de enfermedades son la segunda más frecuente en el municipio de Santa María Yucuhiti.

Los resultados de calidad del agua de las muestras analizadas en noviembre se presentan en la cuadro 12. Así mismo, se presentan en el cuadro 13 los métodos empleados y los intervalos determinados.

Cuadro 12 Resultados de los parámetros determinados en las muestras colectadas en Yucuhiti.

Nombre del paraje	Clave muestra	pH	Temp. (°C)	Coli. Totales NMP/100ml	Coli. fecales NMP/100ml	Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Fosforo total (mg/l)	Orto fosfatos (mg/l)
Arroyo Agua Salada	BV01	7.5	18	1,600	5	<0.1	< 0.2	< 0.2
Miramar	MM02	8.0	18	≥2,400	1,600	N.D.	N.D.	N.D.
Miramar	MM03	8.0	18	≥ 2,500	26	N.D.	N.D.	N.D.
Yucuhiti	YU04	8.0	16	79	7	0.76	< 0.2	< 0.2
Peña Blanca	PV05	7.5	14.5	2	<0	0.66	< 0.2	< 0.2
Río Liru	RL06	7.5	16	5	< 0	0.53	< 0.2	< 0.2
Río Liru	RL07	7.5	16	N.D.	N.D.	0.58	< 0.2	< 0.2
Yukunicoco	YY08	7.5	15.5	N.D.	N.D.	<0.1	< 0.2	< 0.2

Cuadro 13 Métodos empleados en la determinación de parámetros

Parámetros	Método	Normas oficiales mexicanas o criterios ecológicos	Intervalos reportados
Organismos Coliformes Totales (NMP7100 ml)	APHA-AWWA-WPCF; SEC. 908A-15ª.EDIC.	N.D.	2-1600
Organismos Coliformes Fecales (NMP7100 ml)	APHA-AWWA-WPCF; SEC. 908AC-15ª.EDIC.	N.D.	<0-7
Nitratos como (N) (mg/l)	NMX-AA-079-SCF1-2001	10.00	<0.1-0.76
Nitritos como (N) (mg/l)	N. D.	0.05	N.D.
Nitrógeno amoniacal como (N) (mg/l)	N. D.	0.50	N.D.
pH (potencial de hidrogeno)	Varillas indicadores de pH	6.5-8.5 en unidades de pH	7.5-8
Temperatura (°C)	Termómetro	N/A	14-20.5
Sulfatos como (SO <sub>4</sub> =)	N.D.	400 mg/l	N.D.
Fosforo Total (mg/l)	NMX-AA-029-SCF1-2001	50 µg/l criterios calidad del agua	<0.2

		SEMARNAP 1989.	
Orto-fosfatos (mg/l)	NMX-AA-029- SCF1-2001	50 µg/l criterios calidad del agua SEMARNAP 1989.	<0.2

Notas: NMP/100 ml: número más probable en muestras de 100 ml.

N.D.: no determinado

mg/l: miligramos por cada litro

Analizando los resultados obtenidos se hacen comentarios relacionando el valor obtenido con la ubicación en la microcuenca y la posible relación con actividades antropogénicas:

**pH:** En el agua superficial se determina por la concentración de anhídrido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua. El pH de las aguas superficiales, se debe a la composición de los terrenos por los que atraviesa el agua. Así pues, el pH alcalino indica que éstos son calizos, y un pH ácido que son silíceos. El intervalo medido en esta primera etapa del proyecto registro valores de pH en el intervalo de 7.5-8, mientras que el establecido por la norma van de 6.5 a 8.5.

**Temperatura:** la temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor. Este factor es fundamental, pues el cambio en un grado de temperatura de un arroyo podría originar la extinción de algunas especies de peces y anfibios. Aunado a ello la modificación de la temperatura puede inhibir o favorecer reacciones químicas. El intervalo reportado como temperaturas de los cuerpos de agua visitados varió entre 14 y 20.5°C.

**Coliformes Totales y Coliformes fecales:** el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, el cual es un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo humano de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. Los valores reportados van de 1,600 a 2 NMP/100 ml. Cabe destacar que se tomaron un par de muestras en la fosa séptica fracturada de la comunidad de Miramar, donde se derraman aguas de desechos de aguas negras, ésta valor no fue considerado en el intervalo de valores determinados (Cuadro 13), por tratarse de agua contaminada y no agua para consumo humano. Ello no elimina la contaminación de las parcelas agrícolas anexas a este predio y las casas habitación ubicadas aguas abajo.

**Nitratos:** el límite de nitrato en el agua de consumo humano es de 50 mg/l de nitrato (como N). En cambio, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA por sus siglas en inglés) sitúa este límite en 10 mg/l de nitrato. Por su parte, la Comunidad Europea fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50mg/l de N, los cuales están asociados con actividades agrícolas y ganaderas. Los valores

reportados están en el intervalo de  $<0.1-0.76$  mg/l, estos valores se sitúan muy por debajo del límite máximo permisible reportado en la norma oficial mexicana.

**Fosforó Total y Ortofosfatos:** Un parámetro no considerado en la norma pero frecuentemente presente en los cuerpos de agua son los fosfatos, los cuales se asocian con la aplicación de fertilizantes (uso agrícola) o se utilizan en la fabricación de detergentes. Se consideró el límite máximo para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y controlar la eutroficación acelerada de ríos y arroyos, basado en los criterios ecológicos de calidad del agua (SEMARNAP, 1989). En este caso los todos los datos reportados para fósforo total y orto fosfatos, se reportan como  $< 0.2$  mg/l, en este caso se infiere que el límite de detección del método aplicado tiene este valor como límite de detección.

De manera general todos los parámetros de calidad de agua reportados cumplen con los requerimientos establecidos por la norma oficial mexicana y los criterios ecológicos.

#### Actividades humanas que modifican el ciclo hidrológico en la microcuenca

Las principales actividades humanas relacionadas con el ciclo hidrológico son:

- Cambio de uso de suelo (crecimiento poblacional y agricultura extensiva).
- Falta de zonas de amortiguamiento adyacentes a los arroyos y manantiales (siembra de cultivos en márgenes de arroyos y ríos, ver Figura 10).
- Uso de agroquímicos (para mejorar cultivos)
- Instalación de letrinas en las márgenes de ríos y arroyos.



Figura 10 Arroyo sin franja de protección.

### Principales retos desde el punto de vista hidrológico

Debido a las características, sociales, económicas y del medio físico presentes en la microcuenca de Santa María Yucuhiti, los retos a los que se enfrentan son múltiples, iniciando por la parte alta de la microcuenca es la alta permeabilidad del sustrato rocoso, que provoca el desabasto de agua en la temporada de secas, al agotar las fuentes superficiales de agua. Así mismo, en ninguna parte de la microcuenca existe una cultura por el cuidado del agua.

Se carece de una base de datos hidrológicos confiables, la estación hidrológica 20130 de CONAGUA se encuentra ubicada en la parte baja del municipio, reportando datos climáticos considerados limitados e insuficientes, para los objetivos del presente proyecto. Se requiere contar con datos desde la parte alta de la microcuenca, para ello se propondrá en la segunda etapa del proyecto, la instalación de estaciones meteorológicas.

En los recorridos de campo se pudieron observar una serie de obras hidráulicas que pueden ser consideradas insuficientes y/o inoperantes. La toma de decisiones para la instalación de estas obras y de nuevos proyectos, no ha contado con ninguna planeación, resaltando la falta de asesoría apropiada y oportuna.

En el caso del comité municipal del agua no cuenta con las facultades y recursos necesarios para desarrollar e implementar un plan de trabajo a corto mediano y largo plazos. Será necesario para ello que cuente con el acompañamiento de los regidores de salud y ecología incluyendo educación, para garantizar los resultados a las acciones a plantear.

Implementar acciones para regular y/o erradicar (Figura 11), actividades como:

- Práctica de roza, tumba y quema
- Cultivo en las márgenes de arroyos y manantiales
- Establecimiento de nuevas localidades en el municipio
- Explotación forestal
- Quema de basura



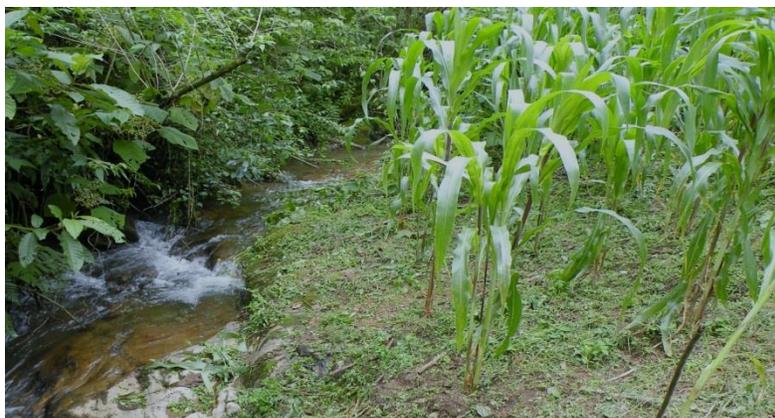


Figura 11. Actividades agrícolas a erradicar

#### Acciones futuras para el manejo sustentable de la microcuenca

- Fortalecer al comité municipal del agua, proporcionarle medios económicos y legales para realizar sus funciones.
- Mejorar la infraestructura hidráulica en todo el municipio; se ha observado que nunca ha recibido mantenimiento y en la mayoría de los casos es obsoleta.
- Planificar el manejo del recurso hídrico y plantear soluciones múltiples para la solución de los problemas comunes.
- Cambiar la dinámica poblacional dentro del municipio, no permitir la creación de nuevas localidades, esta tendencia dispersa los recursos humanos y económicos, favorece el cambio de uso de suelo e impactan directamente en los servicios ecosistémicos.
- Modificar prácticas agrícolas inadecuadas. Aun hoy en día se siembra a escasos metros de los arroyos y manantiales, se practica la roza-tumba y quema y uso no restringido de agroquímicos.
- Propiciar la participación de las mujeres y jóvenes, en la discusión de los problemas y las posibles soluciones. Recordando que, de acuerdo con los datos reportados por OEIDRUS (2005), más del 50% de la población del municipio son mujeres.

Las soluciones deben de ser a nivel de agencia o ranchería; es decir, no es posible generalizar las problemáticas. En todo caso se deben analizar las alternativas y proponer agrupar necesidades y retos de las comunidades que integran la misma porción de la microcuenca (alta, media y baja, ver Figura 6)

El efecto de aplicar las acciones aquí mencionadas, provocará una mayor disponibilidad de agua, incremento en su calidad y mejora de los servicios ecosistémicos. Lo que deberá reforzarse con la creación de una cultura del cuidado del agua; a través de la educación ambiental y la participación activa de sus habitantes.

## 6. Discusión

Los habitantes del municipio de Santa María Yucuhiti están conscientes que deberán modificar la forma de interactuar con sus recursos naturales; en el caso particular del agua, notan que cada vez tienen menor disponibilidad y que la calidad de la misma se degrada. Ha sido un elemento fundamental para la apropiación del proyecto el hecho de que el municipio ya tenía constituido al Comité Municipal del Agua y en lo futuro también será indispensable para dar seguimiento a acciones propuestas.

Los problemas que enfrenta el municipio tienen su origen hace algunas décadas, se considera que el patrón del ciclo hidrológico se ha modificado drásticamente en los últimos 60 años. Algunas comunidades en esta región se abastecen de fuentes de agua ubicadas a varios kilómetros de sus comunidades, esta circunstancia evidencia el aprovechamiento no planificado de sus fuentes de agua. La problemática se agrava con las obras de captación obsoletas que no han tenido mantenimiento, así mismo en diversas comunidades se ubican obras hidráulicas inconclusas o inoperantes debido a la ausencia de planificación y la falta de asistencia técnica adecuada (Figura 12).



Figura 12 Problemática general en el Municipio de Santa María Yucuhiti

El alto número de localidades y su dispersión han favorecido el cambio de uso de suelo dentro del municipio, con la consecuente pérdida de áreas forestales y biodiversidad, las prácticas agrícolas tradicionales (roza, quema y tumba) han provocado la degradación del suelo afectado su fertilidad y en consecuencia la productividad. Actualmente la actividad agrícola no respeta las zonas de amortiguamiento para la protección de cauces, favoreciendo la contaminación de las fuentes de agua con agroquímicos, también en algunas comunidades no se respeta la red hidrológica dado que sobre sus cauces se ubican letrinas o conectan su drenaje a pozos, o bien se desmonta para establecer nuevas parcelas agrícolas.

### Análisis de las problemáticas en las diferentes zonas de la microcuenca.

Para resolver los problemas relacionados con los recursos hídricos deberán considerarse plantear líneas de acción para soluciones múltiples, que conlleven la participación activa de los ciudadanos y sus autoridades, con la asesoría técnica adecuada y oportuna. A continuación se discutirán algunas propuestas de soluciones múltiples en los diferentes niveles que componen la microcuenca:

#### Parte Alta

##### Problemáticas:

En la parte alta se identifican problemas de desabasto de agua ver Figura 13 (crítico en temporada de secas), alto costo del agua sin la garantía de abastecimiento a largo plazo, se emprenden acciones para solucionar sus problemas sin planeación y análisis; dando como resultado proyectos inconclusos, despilfarro de recursos, y la generación de frustración en sus habitantes. Durante el primer taller se mencionó, que los habitantes de la parte alta no participan en el programa de reforestación, descuidando sus limitadas fuentes de abasto y al igual que en el resto del municipio no se respetan los márgenes de arroyos y manantiales para la siembra de sus cultivos. Amén de que no esta regulado el crecimiento de la mancha habitacional.

El abastecimiento de agua se obtiene desde áreas muy distantes y en general sus pobladores no consideran el manejo de sus descargas de aguas negras.



Figura 13 Soluciones múltiples para el problema de escasez de agua.

### Soluciones múltiples:

- Concretar la construcción y puesta en operación de obras hidráulicas, por ejemplo el cárcamo del paraje “Nute tiu ño” para almacenamiento y bombeo de agua hacia la comunidad de Yosonicaje.
- Establecer programas de reforestación y regular la explotación forestal.
- Evaluar la relación costo-beneficio de las obras inconclusas, como ejemplo la excavación de un pozo para extracción de agua.
- Establecer programas de educación ambiental, ahorro y reúso del agua en los hogares y escuelas.
- Elaborar un programa de protección de áreas de recarga y fuentes de agua. Incluyendo la calendarización de su mantenimiento.
- Selección y acondicionamiento de ollas (dolinas) para el almacenamiento de agua de lluvia.
- Además de iniciar un programa de captura de agua de lluvia.
- Manejo adecuado de aguas negras con baños ecológicos y/o biodigestores artesanales.
- Capacitación en herramientas de manejo de cuenca.
- Coordinar esfuerzos con el comité municipal del agua

### Parte Media

#### Problemáticas

Dentro de las principales problemáticas identificadas en esta zona concentra a la mayor proporción de los habitantes del municipio, con el consecuente impacto relacionado con las actividades antropogénicas. Es importante destacar la dispersión geográfica de sus localidades, originando cambios de uso de suelo y por ende alteración significativa del ciclo hidrológico.

La baja productividad agrícola ocasionada por la baja fertilidad de sus suelos Ha favorecido el uso de agroquímicos con el fin de mejorar los rendimientos así mismo se han ampliado las superficies cultivadas. Sin conocer, que en el largo plazo éstas actividades producen el efecto contrario.

Se emprende la construcción de infraestructura hidráulica para solucionar problemas de abasto y disposición de agua residual, sin planeación y análisis; dando como resultado proyectos inconclusos, obras hidráulicas inoperantes, despilfarro de recursos, generando en algunos casos contaminación y frustración en sus habitantes y autoridades (ver Figura 14).



Figura 14 Soluciones múltiples a los problemas de infraestructura hidráulicas.

#### Soluciones múltiples:

- Planificación de obras hidráulicas, incluyendo un programa de mantenimiento. Y asesoría adecuada y oportuna.
- Las comunidades del municipio de Santa María Yucuhitj, cultivan el café, considerado como cultivo permanente, actividad acorde con la vocación de la mayoría de los suelos presentes en el municipio (Regosol éutrico). Privilegiando la aplicación de abonos orgánicos.
- Restringir el establecimiento de nuevas localidades.
- Programas de reforestación y protección, aledaño a sus zonas de abastecimiento y zonas con procesos de erosión.
- Implementar programas de mantenimiento de sus obras hidráulicas.
- Capacitación en temas de manejo de cuenca, construcción y operación de obras hidráulicas sencillas y eficientes.
- Coordinación con el comité municipal del agua y actores locales en cada agencia.
- Plan maestro del agua para las comunidades de Miramar, Llano Grande, Buenavista y Miramar.
- Educación ambiental relacionada con el manejo de cuenca.
- Plan de reparación y rehabilitación de obras hidráulicas.

- Manejo de descargas de aguas negras con baños ecológicos y/o biodigestores artesanales.

### Parte Baja

#### Problemáticas

Las comunidades ubicadas en la parte baja de la microcuenca, son susceptibles a recibir agua con algún grado de contaminación, particularmente por la aplicación de agroquímicos.

En la microcuenca no hay una disposición adecuada de aguas negras.

De manera generalizada se observa la necesidad de una cultura del cuidado del agua (Figura 15).

Cultivos de baja productividad y presencia de plagas.

Obras hidráulicas inconclusas.

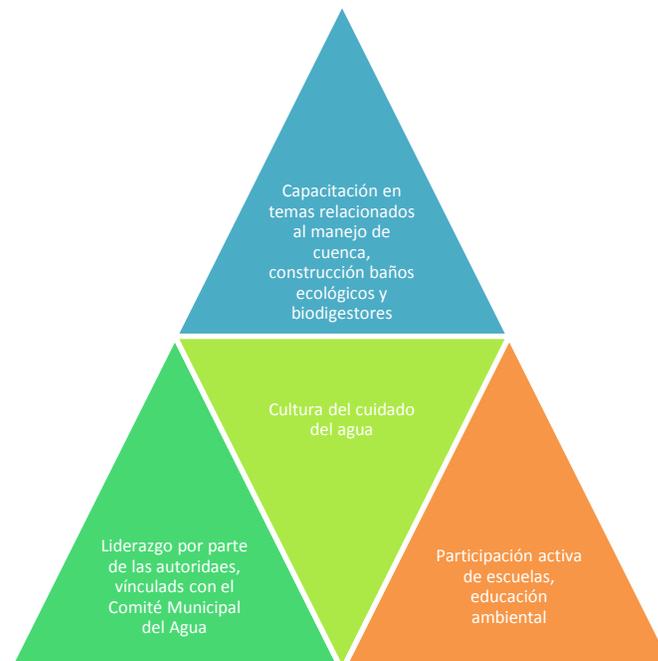


Figura 15 Soluciones múltiples a la problemáticas por una cultura del cuidado del agua.

#### Soluciones múltiples:

- Es indispensable arrancar con un programa de educación ambiental con el objetivo de crear una cultura del cuidado del agua. Involucrando a todos los sectores de la población.
- Implementación de baños secos o biodigestores en todos los hogares
- Prohibir la quema de basura
- Privilegiar y promover el uso de abonos orgánicos, en todo el municipio.

- Considerar en la planeación estratégica anual de cada agencia, la priorización de recursos para concluir las obras hidráulicas inconclusas.
- Capacitación en temas de manejo de cuenca, construcción y operación de obras hidráulicas sencillas y eficientes, utilizando para ello materiales y mano de obra locales.
- Coordinación con el comité municipal del agua y actores locales en cada agencia.

#### Conclusiones:

- ✓ Los participantes en las visitas a campo demostraron interés y entusiasmo por incorporar nuevos conceptos y conocimientos a su saber. Hoy en día cuentan con herramientas técnicas sobre el manejo de su microcuenca y será posible tomar decisiones informadas, en temas relacionados con el aprovechamiento del recurso agua.
- ✓ Fortalecimiento del Comité Municipal del Agua, para contar con instrumentos técnicos y económicos para el desarrollo de sus funciones. Para ello se requiere de un plan de trabajo a mediano y largo plazo, donde se establezcan los mecanismos administrativos y designando responsables para su aplicación; y así, garantizar la efectividad del manejo de la microcuenca.
- ✓ Cambio de paradigma sobre el tema escasez del agua, dado que hay recursos hídricos suficientes; su disponibilidad es restringida debido a los altos niveles de infiltración en el municipio de Santa María Yucuhiti. Para ello será necesario plantear nuevas maneras de relacionarnos con ella en el mediano y largo plazo. Modificando prácticas actuales de aprovechamiento de los recursos hídricos y manejo de descargas de aguas negras.
- ✓ Deberán regularse de manera eficaz las actividades que provocan presión para el cambio de uso de suelo; como son, surgimiento de nuevas localidades, explotación forestal y aprovechamiento agrícola extensivo. Con ello se disminuirán los impactos a la calidad del agua y dispersión de recursos tanto materiales como humanos, y la consecuente mejora en la calidad de vida de sus habitantes.
- ✓ Crear una cultura del cuidado del agua, utilizando conceptos fundamentales como el del ciclo integral del agua, relación bosque agua. Involucrando a profesores y estudiantes para la difusión y aplicación. Con ello será posible recuperar servicios ecosistémicos perdidos.

#### Acciones Futuras

Este proyecto se planteó en dos etapas con la finalidad de estudiar la microcuenca en un periodo de por lo menos un año. Durante la segunda etapa se plantea dar seguimiento al monitoreo de la calidad y cantidad de agua, en el Municipio de Santa María Yucuhiti. Además de, reforzar y continuar con la capacitación de actores locales en temas relacionados con el manejo de cuenca.

Será indispensable encontrar un laboratorio acreditado para el análisis de muestras de agua. Que tenga montadas las técnicas de los parámetros de calidad del agua a evaluar.

Establecimiento de estaciones meteorológicas con la finalidad de contar con datos meteorológicos suficientes y confiables. Se evalúa la posibilidad de establecerlos en las escuelas ubicadas en el Municipio.

Participar en la construcción de la cultura del cuidado del agua dentro del municipio, en base a la educación ambiental, fomentando la participación activa de todos los habitantes del Municipio de Yucuhiti. Para ello será importante la elaboración de material didáctico como videos y manuales prácticos (o fichas técnicas).

Participar de manera coordinada con los actores locales en la elaboración de un plan de acción a corto plazo priorizando sus problemáticas.

Se realizará el taller denominado “Capacitación para la construcción y operación de obras hidráulicas sencillas y eficientes”. Donde se plantea la construcción o remodelación de alguna obra hidráulica actual, utilizando materiales locales y fortaleciendo en este tema la capacitación de técnicos comunitarios.

Finalmente establecer una metodología para el manejo de cuenca, que tenga la posibilidad de ser replicada en otras localidades de la región mixteca.

## 7. Agradecimientos

Agradecemos ampliamente a:

Los integrantes del comisariado de bienes comunales de Santa María Yucuhiti, especialmente al Ing. Pablo Artemio García España. Así como al Presidente del Consejo de Vigilancia, Máximo Marcos García, quién ha sido el representante del comisariado en todas las salidas a campo y un técnico comunitario destacado. Efrén Gorgonio Pérez García (tesorero Consejo de Vigilancia), quién nunca faltó a ningún muestreo aun estando enfermo y tuvo participación activa durante todas las salidas a campo y talleres y a Zenón Santiago Ortiz García, policía Forestal, quién participó en todos los recorridos de campo y fungiendo también como técnico comunitario destacado.

A las autoridades Municipales, del municipio de Santa María Yucuhiti. Contamos con el apoyo y participación de Cirilo José Silva (Tesorero Municipal), Eduardo Benito Aparicio España (regidor de hacienda), Clemente Sánchez Hernández, tesorero de la delegación municipal. Salvador García García, Delegado Municipal (centro), Gustavo López García, delegado electo 2012.

Agentes Municipales:

Juan Gerónimo Ortiz España, Agente Municipal de Yosonicaje

Guillermo Lucío López López, tesorero núcleo rural Yuteyuvi, Yosonicaje.

Alicio Orencio Feria Cruz, Secretario núcleo rural Yuteyuvi, Yosonicaje.

Sadot Ismael López España, agente suplente Pueblo Viejo.

Onorato Fernando García Ortiz, Agente Municipal Miramar.

Donato Epifanio López López, agente municipal Buenavista

Pedro Rosalino García García, Agente Municipal Cabello Rucío

Y todos los demás agentes que por motivos de espacio no incluimos pero a quiénes agradecemos ampliamente.

Comité Municipal del Agua

Porqué se han tomado muy en serio su responsabilidad y han demostrado avances significativos en la comprensión de los procesos involucrados en el manejo de su microcuenca: Arnulfo C. López, López, Presidente del Comité Municipal del Agua, Primitivo Mayor Cruz García, Representante del Comité Municipal del Agua en Pueblo Viejo (destacado participante), Máximo López López, Comité Municipal del Agua Pueblo Viejo, Donato Arnulfo García López, Comité Municipal del Agua Guadalupe Buena Vista, Ubaldo Mónico Pérez España, Comité Municipal del Agua Miramar, Fidel España España, Comité Municipal del Agua Miramar, Gaudencio Pedro Ortiz López, Comité Municipal del Agua Pedregal. Y los demás miembros del comité que se integraron en cada una de sus agencias.

Ciudadanos

Rutila España López, quién muy amablemente nos albergó en su domicilio y nos dio de comer, además de participar activamente en el segundo taller.

Beatriz Irene López López, quién durante todas las visitas a campo nos preparó deliciosos y nutritivos alimentos además de abrirnos las puertas de su casa para hospedarnos.

Erick Luis López López, pasante de la carrera de Ingeniería Forestal, quién se integró de manera entusiasta a la segunda salida de campo.

Así mismo al Proyecto Mixteca por darnos la oportunidad de integrarnos a su equipo y trabajar en comunidades de la mixteca, que nos han dotado de grandes experiencias, gran ánimo y razones para seguir participando en proyectos que fomenten el desarrollo sustentable de las comunidades indígenas.

## 8. Literatura citada

- Aguilar C. C., 2009. "Aprovechamiento del mármol en Santa María Yucuhiti" en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 119. 13pp. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2009/cac.htm>
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E, (coordinadores). 2000. "Regiones terrestres prioritarias de México". Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Ayuntamiento de Santa María Yucuhiti, 2009. "Plan de Municipal de Desarrollo 2008-2010, Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco Oaxaca". Documento electrónico. 101pp. disponible en: [http://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion\\_publica/pmds/446.pdf](http://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/446.pdf)  
Fecha de consulta agosto del 2011.
- CDI, 2007. Cedula Yucuhiti. Disponible en: <http://www.cdi.gob.mx/cedulas/2000/OAXA/20446-00.pdf>.
- Centro de Investigación y Gestión Ambiental, A. C., 2009. "Estudio para el establecimiento de áreas de conservación", Santa María Yucuhiti. Reporte Final. 108pp.
- Cotler H. (compiladora), 2004. El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología (INE). México, 264 pp.
- G.M. (Grupo mesófilo), 2007. "Ordenamiento Participativo del Territorio Comunal de Santa María Yucuhiti, Tlaxiaco, Oaxaca". Informe Final. 59pp.
- NOM-012-SSA1-1993 "Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados". Documento electrónico disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/012ssa13.html>
- NOM-014-SSA1-1993 "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados". Documento electrónico disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/014ssa13.html>
- NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. Documento electrónico disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/112ssa14.html>
- NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".  
Documento electrónico disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- Oficina estatal de información para el desarrollo sostenible, 2005 "Distrito 16 Tlaxiaco", 37 p. (OEIDRUS). Documento electrónico disponible en: <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/fichas/tomoll/distrito16.pdf> .
- SEDESOL, 2011. Catalogo de microrregiones.

<http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx?order=refnac&campo=loc&tipo=clave&valor=20446>

- SGM (Servicio Geológico Mexicano), 2000. Carta geológico minera de Tlaxiaco E14-D34 escala 1:50,000. Servicio Geológico Mexicano, Secretaria de Economía.
- SEMARNAP, 1989. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89", Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de diciembre de 1989. 6-18 pp

Documento electrónico disponible en:

[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/estadisticas\\_ambientales\\_2000/03\\_Dimension\\_Ambiental/03\\_02\\_Agua/III.2.2/RecuadroIII.2.2.1.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_02_Agua/III.2.2/RecuadroIII.2.2.1.pdf)

- Servicio meteorológico nacional (2010), Normales climáticas de la estación 20130, Sta. María Yucuhiti., documento electrónico disponible en:  
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/oax/NORMAL20130.TXT>

Fecha de consulta septiembre 2011.

9. Anexos A Fotográfico

10. Anexos B Base de datos de los puntos visitado e información hidrológica  
colectada