



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

COORDINACIÓN DE DESARROLLO PROFESIONAL E INSTITUCIONAL

SUBCOORDINACIÓN DE POSGRADO

PIAC

**ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DEL RÍO CUAUTLA PARA
ESTABLECER PROPUESTAS DE GESTIÓN INTEGRADA Y
SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO QUE PERMITAN UN
ABASTECIMIENTO DE CALIDAD Y USO APROPIADO DEL
RECURSO CON BENEFICIOS ÓPTIMOS**

que para obtener el grado de

**Maestro en
Gestión Integrada de los Recursos Hídricos**

presenta

Jaime Bahena Reyes

**Tutor: M. en I. Juan Carlos Valencia Vargas
Co-tutor: Dr. Héctor David Camacho González**

Jiutepec, Morelos

2022





Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimoniales de la obra titulada "ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DEL RÍO CUAUTLA PARA ESTABLECER PROPUESTAS DE GESTIÓN INTEGRADA Y SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO QUE PERMITAN UN ABASTECIMIENTO DE CALIDAD Y USO APROPIADO DEL RECURSO CON BENEFICIOS ÓPTIMOS.", otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre su personal, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación.

Jaime Bahena Reyes

Jiutepec Morelos, Septiembre 2022

...





MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Proyecto de Innovación y Aplicación del Conocimiento (PIAC)

Ante el Jurado integrado por:

Presidente: Dr. Ariosto Aguilar Chávez
Secretario: Dra. Juana Amalia Salgado López
Vocal 1: M.I. Juan Carlos Valencia Vargas
Vocal 2: Dr. Héctor David Camacho González
Vocal 3: Dra. Carolina Escobar Neira

Director de PIAC

M.I. Juan Carlos Valencia Vargas

Co-director de PIAC

Dr. Héctor David Camacho González

Jiutepec, Morelos
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua





AGRADECIMIENTOS

Al que es y que era y que ha de venir, al Todopoderoso, por renovar mis fuerzas y permitirme terminar este trabajo.

A mi esposa y mis hijas por regalarme el tiempo que pudimos usar en familia.

A mi madre por enseñarme que las dificultades no son un obstáculo para alcanzar nuestras metas y nuestros sueños.

A todos los que forman parte de mi comité asesor, por transmitir sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto, en especial al Dr. Héctor David Camacho González y al M.I. Juan Carlos Valencia Vargas quienes emplearon tiempo de su apretada agenda y con su valiosa orientación y apoyo han hecho posible este proyecto.

Al Dr. Víctor Hugo Alcocer Yamanaka, por su amistad y porque de alguna manera su apoyo permitió que este trabajo fuera posible.





Contenido

CAPÍTULO I.....	11
1.1 INTRODUCCCIÓN	12
1.2 PROBLEMÁTICA.....	14
1.2.1 El inicio de la gestión integrada en la cuenca del río Cuautla.	14
1.2.2 El Municipios y el Organismo Operador.	16
1.2.3 Problemas de Calidad de agua superficial en el municipio de Cuautla.	17
1.2.4 La Planta termoeléctrica en Huexca.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Particulares:.....	20
1.4 METODOLOGIA	21
CAPÍTULO II.....	23
LA GIRH Y SU IMPLEMENTACION EN LA CUENCA DEL RIO CUAUTLA.....	24
2.1 La GIRH en el río Cuautla. Información documental	24
2.1.1 Instituciones y participación de la Sociedad.....	24
2.1.2 Ambiente propicio.	28
2.1.2.1 Legislación.....	29
2.1.2.2 Políticas municipales.....	30
2.1.2.3 Los Planes Municipales	31
2.1.3. Instrumentos de Gestión.....	35
2.1.4 Financiamiento	37
2.2 Entrevistas y cuestionarios sobre la percepción de la GIRH en el municipio.	39
2.2.1 Instituciones y participación de la sociedad.	40
2.2.2. Ambiente propicio.	43
2.2.3. Instrumentos de Gestión.....	45
2.2.4. Financiamiento.	48
2.3 Percepción del Grado de implementación de la GIRH en el municipio de Cuautla.....	51
CAPÍTULO III.....	53
CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUAUTLA.....	54
3.1 CARACTERISITICAS FISICAS DE LA CUENCA.....	54
3.1.1 Ubicación de la cuenca.	54
3.1.2 Edafología.	57
3.1.3 Clima.	60





- 3.1.4 Temperatura..... 61**
- 3.1.5 Precipitación..... 63**
- 3.1.6 Evapotranspiración 66**
- 3.1.7 Hidrografía 68**
 - 3.1.7.1 Orden de la cuenca..... 69
 - 3.1.7.2 Densidad de corrientes 70
 - 3.1.7.3 Densidad de drenaje..... 71
 - 3.1.7.4 Pendiente media de la cuenca y propiedades de la corriente principal 71
- 3.2 Características socioeconómicas de la cuenca..... 72
 - 3.2.1 Población..... 72**
 - 3.2.2 Vivienda..... 73**
 - 3.2.3 Servicios..... 74**
 - 3.2.4 Pobreza 75**
 - 3.2.5 Usos del agua 76**
 - 3.2.5.1 Uso del agua superficial..... 76
 - 3.2.5.2 Usos del agua subterránea..... 78
 - 3.2.5.3 Usos agrupados totales..... 79
 - 3.2.5.4 Descarga de aguas residuales..... 80
- 3.3 Tratamiento de agua..... 81
- 3.4 Calidad del agua superficial..... 82
- 3.5 Uso de suelo..... 84
- 3.6 Organización Agrícola en la cuenca del río Cuautla..... 86
- 3.7 Cultivos en la cuenca del río Cuautla..... 89
- 3.8 Baja eficiencia en el riego en la cuenca del río Cuautla..... 92
- CAPITULO IV 99
- DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CUAUTLA 100
 - 4.1 Disponibilidad de agua subterránea..... 100
 - 4.2 Disponibilidad de agua superficial..... 101
 - 4.2.1 Volumen medio anual de escurrimiento natural..... 101**
 - 4.2.2 Volumen anual de retornos..... 103**
 - 4.2.3 Volumen anual de importaciones..... 103**
 - 4.2.4 Volumen anual de extracción de agua superficial..... 104**
 - 4.2.5 Determinación del volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo..... 104**
 - 4.2.6 Determinación de la disponibilidad media anual de agua superficial**





en la cuenca hidrológica	105
CAPITULO V	107
PROYECCIONES.....	108
5.1 Proyección de la Población.....	108
5.2 Proyección de la demanda del Uso Doméstico	109
5.3 Proyección de la demanda Agropecuaria.....	112
5.4 Proyección del Uso Industrial.....	114
5.5 Proyección de la demanda de los diferentes usos en la cuenca.	116
5.6 Proyección de la emisión de aguas residuales en el municipio Cuautla.	117
5.7 Tratamiento.....	118
5.8 Tendencia de la calidad del agua:.....	119
5.8.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en los puntos de monitoreo.	120
5.8.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la PTAR Cuautla.....	123
5.8.3 Resultados del análisis biológico por el método BMWP en los sitios de monitoreo.....	125
5.9 Proyección de la población y de los recursos hídricos en el Municipio de Cuautla..	126
CAPITULO VI	131
LINEAS DE ACCIÓN PROPUESTAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO	132
6.1 Implementar un programa de ahorro de pérdidas de agua en el municipio a mediano y largo plazo.	133
6.1.1 Trabajos previos del Programa de ahorro de pérdidas de agua.	134
6.1.2 Elaboración de diagnóstico de la situación actual de fugas.	136
6.1.3. Identificar las causas que originan el estado actual de fugas.	139
6.1.4. Formulación de árboles de problemas de fugas.....	140
6.1.5. Medidas para reducir y controlar las fugas.	141
6.1.5.1 Formación de un equipo de trabajo.....	141
6.1.5.2 Instalación de macromedidores.	142
6.1.5.3 Detección de fugas no visibles.....	142
6.1.5.4 Control de presiones.....	143
6.1.5.5 Sectorización de la red.....	143
6.1.5.6 Rehabilitación de la red.....	144
6.1.5.7 Optimizar la micromedición	144
6.1.5.8 Tarifa fija.....	145
6.1.5.9 Reducción de pérdidas intradomiciliarias:	145
6.1.5.10 Reducción de pérdidas en la facturación.....	145





6.1.5.11 Manejo de fraudes. 147

6.1.6. Programa permanente de control de fugas para mantener un nivel aceptable..... 147

6.2 Implementar un programa para disminuir la pérdida de agua en la agricultura cambiando el método de riego..... 148

6.2.1 Riego por aspersión y por goteo..... 149

6.2.2 Evaluación financiera para el riego por surcos y riego por aspersión. 150

6.2.2.1 Costos de Inversión 150

6.2.2.2 Cálculo del VPN..... 155

6.2.2.3 Cálculo de la Tasa Interna de retorno TIR..... 155

6.2.2.4 Cálculo del Periodo de retorno de la Inversión (PRI)..... 156

6.3. Implementar un programa de Cultura sustentable del agua. 157

6.3.1. Formación de un equipo de trabajo. 157

6.3.2 Programa de cultura del agua 159

6.3.2.1 Marco de referencia del programa. 159

6.3.2.2 Objetivo General del programa de cultura del agua 160

6.3.2.3 Objetivos específicos del programa de cultura del agua. 161

6.3.2.4 Cronograma del programa. 161

6.3.3 Marco Teórico del programa..... 161

6.4. Mejorar en la coordinación entre el nivel Federal y el Local, aplicar la ley para mejorar la calidad del agua del río. 176

6.4.1 Aplicación de la Ley de Aguas Nacionales..... 176

6.4.2 Aplicación de la ley General de equilibrio ecológico 178

6.4.3 Aplicación de la Ley Estatal de Agua Potable 178

6.4.4 Descargas Industriales. 180

6.5 Establecer un programa para disminuir las descargas al río 180

6.5.1 Actualizar el Inventario de las descargas municipales incluyendo aquellas que llegan al río. 181

6.5.2. Descargas de domicilios que tengan acceso a la red de drenaje... 182

6.5.3 Descargas Provenientes de los Organismos Operadores Independientes. 183

6.5.4 Mejorar la calidad de las descargas de las Plantas de Tratamiento. 183

6.6 Tratar el agua de las descargas domésticas. 184

6.6.1 Evaluación económica del proyecto de tratamiento del agua de las descargas..... 187

6.6.1.1. Propuesta de proyecto 188

6.6.1.2. Proyecto con filtros percoladores 188





6.6.1.3. Proyecto con lodos activados.....	189
6.6.1.4. VPN y TIR para filtros percoladores y lodos activados.....	190
CAPÍTULO VII	193
CONCLUSIONES	194
BIBLIOGRAFIA.....	196
ANEXO 1	205
Grado de implementación de la GIRH a nivel municipal - Cuautla	205
ANEXO 2	213
Tendencia de la Calidad del agua en el río Cuautla	213
ANEXO 3.....	217
Indicadores de Gestión del área de Operación.	217
ANEXO 4	221
ANEXO 5	223







CAPÍTULO I





INTRODUCCIÓN, PROBLEMÁTICA, OBJETIVOS, METODOLOGÍA

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge como resultado de una inquietud del deterioro creciente en la calidad del agua del río Cuautla. En las últimas tres décadas de manera acelerada, nuestros ríos han perdido su belleza natural y su pulcritud; ahora su apariencia se torna grisácea, desagradable y en algunos lugares hasta fétida. Estas características desagradables son resultado de los distintos elementos que en algún momento del ciclo hidrológico se han integrado al agua. (Barcelo y López, 2007)

Las causas son bien conocidas y descritas por muchos autores involucrados en el trabajo relacionado con el manejo del agua, Toledo (2002) menciona algunos de ellos, tales como “la navegación, la agricultura, la industria, la generación de energía y los usos domésticos...” los cuales han afectado “sensiblemente las tasas de evaporación y la calidad de las aguas por el incremento sustancial de los desechos tóxicos” (Ongley 2001, citado por Toledo 2002). El plan Nacional Hídrico 2019-2024 presenta un análisis del estado actual en el país y enumera 4 causas principales de la pérdida de calidad del agua superficial y subterránea. Las causas mencionadas son: Las descargas residuales domésticas, las descargas Industriales, las descargas Agrícolas y las Descargas residuales pecuarias (PNH, 2019).

En el ámbito estatal, el problema de la calidad del agua es atribuido más a los rezagos en materia de infraestructura urbana y a la fragilidad financiera de los municipios. Estos temas impiden la toma de decisiones adecuadas para la resolución de la problemática compleja (PHEM, 2019, p.18).

Molinos et, al (2012), involucra otros términos al indicar el origen de las descargas y enumeran cuatro factores enfocados a la actividad que desarrolla el ser humano y que son las causantes del deterioro de la calidad



y la cantidad del agua: “el continuo crecimiento de la población, la industrialización, el aumento del nivel de vida y las inadecuadas prácticas de gestión. (Molinos, 2012)

El análisis de esta problemática que involucra tanto el ámbito local como el nacional; ha dado pie a tratar de encontrar una solución que permita, no sólo detener la pérdida de la calidad en los cuerpos de agua, sino también el problema de falta del vital líquido. Uno de esos intentos ha sido la incorporación de un concepto metodológico en las políticas públicas denominado la Gestión Integral de los recursos Hídricos (GIRH). México adoptó los principios de este modelo en el año 2004 y los introdujo en la reforma de la Ley de Aguas Nacionales, de esta manera nuestro país forma parte de una comunidad internacional que busca mejorar el uso de los recursos hídricos a través de este tipo de gestión.

La GWP (Global Water Partnership) es un organismo internacional que impulsa la GIRH con la convicción de que a través de ella se puedan “integrar los principios de subsidiariedad, el principio precautorio y el de usuario y contaminador pagador como principios que apoyen las políticas hídricas” (Valencia, et al, 2007). La GIRH implementa el manejo de los recursos hídricos por cuenca, además de la participación de la sociedad en la definición de objetivos. Valencia, et al, (2007), enfatiza que “los retos en materia de gestión de recursos hídricos no pueden ser resueltos exclusivamente por el Estado, sino con la participación de todos los actores sociales involucrados” (Valencia, et al, 2007). De estas premisas partimos para obtener una visión completa del problema, echando mano de la GIRH como una nueva forma institucional de resolver los problemas, pero más aún, para tratar de resolver un problema aislado como parte de un todo, un todo que incluya a los elementos que involucran a una cuenca, como si fuera un organismo vivo, en el cual todo está conectado.





1.2 PROBLEMÁTICA

1.2.1 El inicio de la gestión integrada en la cuenca del río Cuautla.

La Ley de Aguas Nacionales estableció los principios de la política hídrica, haciendo hincapié en que la gestión debe ser por Cuenca, descentralizada e integrada; privilegiando a las acciones y decisiones de los actores locales; donde participen las distintas órdenes de Gobierno y sus usuarios. Pero en la práctica, los Organismos de Cuenca no han logrado cumplir el objetivo para el cual fueron creados, ya sea por falta de recursos, de personal o por la falta de integración de todos los elementos necesarios para lograr una correcta Gestión Integrada del Agua. El Plan Nacional Hídrico actual (PNH), resalta que la mayoría de los problemas se han registrado por falta de “representatividad, de coordinación interinstitucional y por el uso de los consejos como espacios para defender intereses de grupo, bien sea de gobiernos, usuarios, académicos o de la misma sociedad civil, lo que a su vez ha propiciado corrupción y ha limitado la apropiación local de los espacios”. los espacios de dialogo no abordan las temáticas más urgentes, no cuentan con el nivel de convocatoria requerido, ni con verdadera representatividad de los actores locales. “En general las consultas carecen de credibilidad y los mecanismos para tomar decisiones no son satisfactorios para todos los actores” (PNH, 2019).

En la reforma de la ley de aguas nacionales en el 2004, se impulsa la administración de las aguas nacionales por Cuenca, incluyendo también la participación social, así como las distintas instituciones del Gobierno en las decisiones relativas a la gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes (LAN, 1992). En esta forma de gestión de las aguas nacionales, deben intervenir cuatro niveles de administración; el ámbito federal comandado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como autoridad técnica normativa y consultiva; el segundo nivel es el regional, definido en los





Organismos de Cuenca como unidad especializada técnica, administrativa y jurídica; el tercer nivel es el local con funciones de coordinación y operativas encabezados por los gobiernos locales. las comisiones estatales de agua; el cuarto nivel es el municipal conformado por el municipio y los organismos operadores como ejecutores de los planes y programas.

El río Cuautla es una subcuenca del río Balsas. En esta cuenca se estableció el respectivo Consejo de Cuenca del Río Balsas (CCRB) en 1999, el cual tiene como finalidad la coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría entre la Comisión Nacional del Agua, las dependencias y Entidades Federales, Estatales y Municipales, los representantes de los usuarios de las Aguas Nacionales y de la Sociedad Civil organizada de la cuenca hidrológica.

Un Grupo de Seguimiento y Evaluación del CCRB se estableció formalmente el 10 de junio de 1999. Su finalidad era dar seguimiento y retroalimentar técnica y operativamente las decisiones y acuerdos del CCRB. Este grupo de seguimiento aprobó en su 41ª sesión la integración del Comité de Cuenca del Río Cuautla (CCRC), por lo que este comité sesionó por primera vez el 21 de febrero del 2014. En dicha reunión se planteó un Diagnóstico Hídrico inicial de la cuenca del río Cuautla, así como un programa de trabajo y un programa de saneamiento del Río Cuautla propuesto por la Comisión Estatal del Agua de Morelos (CCRB, 2014 a).

En ese mismo año hubo una segunda sesión en el mes de agosto, donde principalmente se revisaron los avances al programa de trabajo establecido en la primera reunión, los avances de la delimitación del cauce y zona federal del río, la disponibilidad de los acuíferos y la creación de polígonos de protección en manantiales (CCRB, 2014 b).



Después del 2014, sólo se han hecho intentos aislados para abordar o dar continuidad a los trabajos iniciados para la Gestión Integrada en el Río Cuautla.

1.2.2 El Municipios y el Organismo Operador.

Otra deficiencia detectada estiba en que el Organismo Operador funciona como órgano desconcentrado y no manifiesta su autonomía, esto está muy lejos de ayudar a la descentralización de la gestión del agua. La constitución política pide en su artículo 90 que la administración pública debe ser centralizada y paraestatal; por lo que las reformas de la LAN no logran dar las facultades necesarias a los órganos establecidos y se crean traslapes entre los mismos órganos.

De acuerdo con el artículo 115 constitucional, los municipios son los responsables de prestar los servicios de agua potable y saneamiento a la población (CPEUM,2019). Sin embargo, en el municipio de Cuautla y su Organismo Operador se pueden vislumbrar los siguientes problemas que ya han sido identificados por Guerrero (2008):

- Falta de recursos, resultado de un sistema tarifario inadecuado e insuficiente.
- Rotación excesiva de personal en todos los niveles del organismo, que impide la formación de equipos de trabajo y la continuidad en la gestión de los Organismos Operadores de Agua, para responder con eficiencia y calidad a la demanda de servicio de una población en continuo crecimiento.
- La politización y más específicamente la partidización en las decisiones y el funcionamiento de los Organismos Operadores de Agua, por ser considerados como botines políticos, con el objeto de atraer votantes.



1.2.3 Problemas de Calidad de agua superficial en el municipio de Cuautla.

La Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua, tiene ubicados 11 sitios de muestreo contaminados en distintos puntos del río Cuautla; los cuales están calificados como “contaminados” por Coliformes Fecales y Escherichia Coli (SICA, 2019).

La planta de tratamiento Cuautla debiera remover al menos algunos de los parámetros indicadores de contaminación del sitio Aguas Arriba, y en el sitio aguas abajo proporcionaría una mejor calidad del agua. Sin embargo; esto no es así, ambos sitios presentan fuerte contaminación de coliformes fecales y de E.Coli, más aún aguas abajo de la PTAR se duplica el valor de la carga orgánica biodegradable y químicamente oxidable.

Este municipio cuenta con 13 plantas tratadoras de aguas residuales a cargo del Sistema Operador, las cuales, de acuerdo con datos municipales, descargan el 90% de sus efluentes a la red de alcantarillado sanitario y posteriormente al río Cuautla (PMD, 2016-2018), en el inventario de plantas de tratamiento de agua residual del año 2019, sólo se reportan 8 plantas, por lo que se han dado de baja tres de ellas.

1.2.4 La Planta termoeléctrica en Huexca.

En el 2011, la Comisión Federal de Electricidad comenzó un importante proyecto para generación de energía en Morelos, el Proyecto Integral Morelos (PIM), situado muy cerca del municipio de Cuautla. Este proyecto, es un plan de inversión mixta que consiste en una central termoeléctrica de Ciclo Combinado, integrada por tres turbinas de gas, tres generadores de vapor, una turbina de vapor y una subestación eléctrica de 400kV, para una capacidad de generación de energía de casi 600 MW. La planta usará como combustible principal gas natural con un consumo de 622.5×10^5 m³/día, por lo que requerirá 7.88400 Mm³/año de suministro de agua, esta agua pretende tomarse de la Planta Tratadora de Aguas Residuales de



Cuautla. Actualmente este líquido engrosa el caudal del Río Cuautla (1600 l/seg aproximadamente), mismo que garantiza la agricultura en ejidos de Cuautla, Ayala, Tlaltizapán, Tlaquiltenango y otros municipios. El agua que salga de los servicios será de 8,760 m³/año que serán enviados a la barranca Tezontitlán y el agua utilizada en el proceso, se mandará a la planta de tratamiento “Rociadores” o comúnmente denominada “Cuautla” operada por el SOAPSC, mediante una tubería de casi 12 km de longitud con un caudal de 2.37 Mm³/año.

Si el agua de la Planta Tratadora es desviada a la termoeléctrica, los campesinos aseguran que el caudal no alcanzará para regar las parcelas de 33 ejidos y siete pequeñas propiedades de la zona oriente de Morelos, unas seis mil familias que siembran hortalizas, cebolla, maíz, sorgo, pepinos, entre otros productos, los cuales son vendidos en la Central de Abastos de la capital del país, (Brito, 2020) además de que el agua que la Termoeléctrica devolverá al río, no tendrá la calidad adecuada.

Defensores del territorio llevan varios años en pugna en los estados de Morelos, Tlaxcala y Puebla, enfrentando la persecución, la cárcel, acusados por delitos cuyas penas van de los 4 a los 30 años de prisión.

En febrero del 2019 durante la visita del presidente a la zona del conflicto, estas asociaciones plantearon sus razones de inconformidad en un escrito firmado por diversas organizaciones. Estas asociaciones, reclamaron sus derechos enunciando los siguientes:

1. Obligación del estado de implementar un marco normativo adecuado para la protección de los derechos humanos.
 2. Deber del estado de prevenir formas de violencia hacia la población.
 3. Derecho humano al agua.
 4. Derecho a la vida y a la integridad física.
 5. Derecho a la salud y al medio ambiente sano.
 6. Derecho a la no discriminación.
 7. Derecho a la consulta previa, a la información y participación
- (Informe, 2019).





También en febrero del 2019 el ejecutivo federal puso a consulta popular la apertura de la planta de producción eléctrica. En la consulta participaron 53 mil 532 personas: 41 mil 194 ciudadanos en Morelos; 7 mil 487 en Puebla, mientras que en Tlaxcala 4 mil 851 personas. El 59.5% de los votos fueron a favor del proyecto (Diario de Morelos del 19 febrero 2019).

A raíz de la consulta; 11 comunidades indígenas interpusieron 8 amparos para la suspensión definitiva, argumentando el riesgo de contaminación al río Cuautla, pero en septiembre del 2020 el presidente anunció que ya se habían resuelto todos los temas legales y que la planta iniciaría a funcionar en diciembre del mismo año. (Rodríguez, 2020)





1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Generar líneas de acción que contribuyan a la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Municipio de Cuautla a fin de lograr un abastecimiento de calidad y un uso adecuado del recurso con beneficios óptimos.

1.3.2 Objetivos Particulares:

- 1.3.2.1 Identificar el nivel de implementación actual de la GIRH en el municipio de Cuautla.
- 1.3.2.2 Generar un diagnóstico actualizado de la situación en la microcuenca del río Cuautla y particularmente en su municipio de mayor influencia.
- 1.3.2.3 Generar recomendaciones y estrategias encaminadas a mejorar la gestión del agua en el municipio Cuautla y evitar el deterioro del río.





1.4 METODOLOGIA

Este proyecto de investigación se efectúa en la cuenca del río Cuautla.

La investigación para el capítulo II “La GIRH y su implementación en la cuenca del río Cuautla” utiliza inicialmente información documental existente en publicaciones, diarios, actas, leyes, páginas web de las dependencias gubernamentales y presentaciones de reunión de las diferentes dependencias del periodo 2012 al 2020. En segundo lugar, se realizan entrevistas a personas involucradas en la gestión del agua en el nivel municipal, mediante un cuestionario de 16 preguntas que evalúan el indicador 6.5 de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS): **“implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles”**. Debido a que el municipio de mayor influencia en la cuenca es Cuautla, este capítulo se enfoca en este municipio para obtener la percepción actual del proceso de implementación y desarrollo de la GIRH.

El Marco analítico referente a este capítulo se aborda en 4 categorías:

1. Las Instituciones y la Participación de la sociedad. Donde se analizan los roles que han tenido las Instituciones gubernamentales y la participación de la sociedad en la implementación de la GIRH.
2. El ambiente propicio. Se propone analizar si en el municipio se han logrado crear las condiciones en las leyes, políticas y planes que contribuyan a apoyar la GIRH.
3. Los instrumentos de la Gestión. Las herramientas que han permitido a las autoridades y a los usuarios tomar las decisiones adecuadas para apoyar el mejoramiento de la Gestión que repercuta en la mejora de la calidad del agua.
4. El Financiamiento. El cual es indispensable para lograr un adecuado desarrollo de una Gestión Integral.

La información de cada una de las 4 categorías se capturó en una matriz de Excel, donde se realiza el contraste.





En el capítulo III se determinan las características físicas y socioeconómicas que integran las bases del manejo de los recursos hídricos, para ello se utiliza la información oficial de los últimos censos del INEGI; la elaboración de mapas se fundamenta en información de INEGI y del sistema SIATL. La evaluación de los recursos hídricos de la Cuenca está basada en la metodología del Programa Hidrológico Internacional de la Unesco Para América Latina y el Caribe.

En el capítulo IV se realizan determinaciones de la disponibilidad de los recursos Hídricos de la cuenca del río Cuautla.

El capítulo anterior permitirá que podamos realizar en el capítulo V las proyecciones adecuadas de las demandas de agua de cada uno de los diferentes usos a 10, 30 y 50 años, así como la proyección de la emisión de aguas residuales, de tal forma que se pueda visualizar el comportamiento de la brecha hídrica.

Con los resultados obtenidos en los capítulos II al V se propondrán las acciones que el municipio pueda implementar para apoyar la GIRH.





CAPÍTULO II



LA GIRH Y SU IMPLEMENTACION EN LA CUENCA DEL RIO CUAUTLA

2.1 La GIRH en el río Cuautla. Información documental

2.1.1 Instituciones y participación de la Sociedad.

Uno de los principales fundamentos de la GIRH es que el agua debe ser manejada en el nivel apropiado más bajo (UN.ORG, 2012), en México, corresponde a los municipios y sus Organismos Operadores. Se debe facilitar la descentralización en la toma de decisiones dando apertura a todos aquellos actores interesados en la gestión del recurso dando cabida a sus distintas experiencias y preocupaciones; para ello se han implementado los Consejos de Cuenca, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) y los Comités de Cuenca que operan usualmente a un nivel de microcuenca.

En la cuenca del río Cuautla se instaló el Comité de Cuenca del Río Cuautla (CCRC). El día 2 de diciembre del 2011, la Dirección General del Organismo de Cuenca Balsas convocó mediante la publicación de un diario de difusión estatal a toda persona física o moral que haga uso de las aguas nacionales del área geográfica correspondiente a la cuenca del Río Cuautla, así como a las organizaciones ciudadanas o académicas que estuvieran interesadas en la gestión de los recursos hídricos. Así el 31 de enero del 2012, en las instalaciones de la Ex-Hacienda de Chinameca del municipio de Ayala se celebró una reunión para dar paso a la instalación del CCRC como un órgano auxiliar del Consejo de Cuenca del río Balsas. El Comité de cuenca fue constituido por los principales municipios: Cuautla, Ayala, Yecapixtla, Ocuituco, Jonacatepec, Tepalcingo, Tetela del Volcán y Zacualpan de Amilpas.

Se integró también a las siguientes instituciones: La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como la autoridad federal para administrar y preservar las aguas nacionales. La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), como conductora de la política nacional en



materia de recursos naturales, así como en materia de ecología, saneamiento ambiental de agua, regulación ambiental y desarrollo urbano entre otros. La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que contribuye a la construcción de una sociedad con garantías de sus derechos sociales y puedan gozar de un nivel de vida digno. La Secretaría de Economía quien participa en estimular la inversión nacional, así como el aprovechamiento de los recursos impulsando la productividad y competitividad de los diversos sectores. La Secretaría de Salud cuya función primordialmente es la prevención de enfermedades entre la población. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), quien debe propiciar el apoyo a la agricultura para una mejor producción e integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía. Y Por último la SEDAGRO quien se encarga de fomentar el desarrollo agrícola, ganadero, acuícola, de fruticultura y ornamentales del Estado de Morelos.

No menos importantes son los integrantes vocales de los diversos usos, entre los cuales se convocó a: el uso público urbano, el uso doméstico, el uso industrial, el agrícola, el acuícola, pecuario, el de servicios, así como representantes de la academia y de las organizaciones civiles enfocadas en el tema del agua.



Figura 2.1 Comité de Cuenca del Río Cuautla, Elaboración propia con datos de CCRC, 2014





Posteriormente a inicios del año 2013. Derivado de la preocupación ciudadana por la problemática entorno a la mala calidad del río Cuautla, dos organizaciones civiles interpusieron una petición ante la Secretaría de Desarrollo Sustentable en la cual exponían 10 puntos que consideraban ser atendidos con urgencia:

- 1 Descarga de aguas grises y negras al Río (colectores rotos y drenajes provenientes de casas, industrias y hospitales.
- 2 Cultivo de berros con el agua contaminada dentro del cauce del Río; uso de cianuro como plaguicida; e incumplimiento por parte de los productores de berro al acuerdo del período y superficie autorizada para su cultivo.
- 3 Posibles invasiones (casas y calles) del ANP y/o de la zona federal.
- 4 Posible toma de agua potable clandestina de los bungalos.
- 5 Registros de agua sin tapas y/o candados a un lado del andador, cerca del puente Carlos Pacheco.
- 6 Contaminación del Río y su ribera con residuos sólidos.
- 7 Derribo de árboles aparentemente sin permiso sobre la ribera del Río.
- 8 Tránsito de vehículos sobre el andador que generan peligros para los peatones y ciclistas.
- 9 Inseguridad a lo largo de la ribera del Río.
- 10 Riesgo de inundación a nivel de la cancha deportiva de Santa Rosa.

Este grupo de ciudadanos se agrupaban en dos asociaciones: Los Deportistas de todas las Edades y la Gran Cruzada a Favor del Río Cuautla, los cuales canalizaron sus inquietudes en la Dirección General de Participación Ciudadana para el Desarrollo Sustentable (DGPCDS), la cual para dar seguimiento a esta petición planteó una reunión con los grupos para escuchar de manera directa las inquietudes y realizar un recorrido de campo en el municipio y posteriormente esclarecer o definir las acciones que habría que tomar para tratar de dar solución al complejo de problemas que acompañaban la petición ciudadana. Fue necesario además hacer un escrutinio de la legislación, un esclarecimiento de las acciones que se tomarían y su correspondencia con las dependencias



competentes, de esta manera se inician algunos trabajos para resarcir el deterioro ecológico de la cuenca del río Cuautla donde intervinieron los siguientes actores:

Por el gobierno federal: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Por el Gobierno estatal: La Comisión Estatal del Agua (CEA, actualmente CEAGUA), la Comisión de Protección Contra Riesgos Sanitarios (COPRISEM) y la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) quienes promueven el desarrollo urbano y medio ambiente sustentable. En el nivel municipal se incluyeron a los sistemas operadores del municipio de Cuautla y de Ayala.

También estuvieron involucrados la Asociación de Usuarios del Río Cuautla (ASURCO), los núcleos agrarios del ejido de Cuautlixco, los sistemas de Agua independientes de Apatlaco con sus ayudantías municipales y dos grupos ciudadanos: Los Deportistas de todas las Edades y la Gran Cruzada del Río Cuautla.

En las mesas de trabajo se tomó el acuerdo de que dicha problemática debía ser adoptada por el Comité de Cuenca de Río Cuautla dentro de sus planes de trabajo, de esta manera fortalecería la vinculación entre el CCRC y la SDS.

Los órganos e instituciones que participan reconocen adecuadamente sus funciones. El servicio de alcantarillado y tratamiento de agua lo debe proporcionar el Sistema Operador de Agua Potable y Saneamiento de Cuautla SOAPSC. La Comisión Estatal de Agua (CEAGUA) debe de participar en la coordinación entre los usuarios, los Municipios y el Estado, y entre éste y la Federación, para la realización de las acciones relacionadas con la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento y la CONAGUA debe fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento,



tratamiento y reúso de agua.

2.1.2 Ambiente propicio.

Un ambiente propicio se logra cuando tanto la legislación, las políticas y los planes gubernamentales favorecen las condiciones para una Gestión Integral del agua. Hasta finales del 2018 se había echado mano de las Políticas que apoyan la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, la legislación tiene como objetivo encaminarse cada vez más a mejorar la Gestión del Recurso Hídrico de manera Integrada, lo que ha hecho falta es integrar a la población civil en la gestión para que el tema del agua se convierta absolutamente en algo prioritario de la política pública, no importando el partido que gobierne. Actualmente la Política Federal continua con la línea de Gestión Integrada en el discurso, pero en la práctica se han detenido la mayor parte de las acciones que integraban las metas hacia una gestión integrada. Se han dejado a un lado programas tan acertados como la agenda 2030. Esta agenda plantea el tratamiento de los desafíos del agua mediante la suma de voluntades, capacidades y recursos para “cambiar nuestro modo tradicional de relacionarnos con el agua” para ver el agua “como un bien escaso y costoso que es necesario manejar responsablemente para nuestro beneficio y para el de las futuras generaciones” (CONAGUA, 2011). En el municipio de Cuautla se puede percibir un gran interés en el tema del cuidado del agua por parte de algunos grupos de la población; por lo que han surgido asociaciones civiles preocupadas por los problemas que atañen a este recurso. Con el conocimiento de que el agua “es un derecho humano”, estas asociaciones están apalancándose para manifestar su inconformidad con el manejo actual de los recursos Hídricos y a pesar de no ser parte de algún consejo de cuenca para hacer oír sus demandas, han exigido a las autoridades que de alguna manera se resuelvan los principales problemas de contaminación, y abastecimiento del vital líquido. Con tales demandas, lo



que pretenden es mejorar significativamente las condiciones en las que se encuentran los manantiales antes mencionados, el río Cuautla, así como de las múltiples áreas verdes con las que cuenta la zona protegida.

2.1.2.1 Legislación.

El marco normativo de la gestión del agua se ha establecido en una base constitucional de 3 artículos: el artículo 4º que reconoce el derecho que tiene cada individuo al agua, el artículo 27º que plantea la propiedad que tiene la nación de las aguas y el artículo 115 que deriva a los municipios la responsabilidad de los servicios de agua potable, drenaje, tratamiento y disposición de las aguas residuales (tabla 2.1). Adicional a estos artículos está el artículo 26 que apoya la planeación democrática para el desarrollo nacional.

LEY	Aplicación
Art.4o . Const.	Fundamenta la planeación
Art. 26. Const.	Fundamenta la planeación
Art. 27 Const.	Fundamenta la Propiedad de la Nación del agua y el territorio
Art.115 CPEUM	Los municipios tienen la responsabilidad de proporcionar al ciudadano los servicios de agua potable, Calidad y suficiencia Drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.
Art. 5 Frac. 1 LAN	“por cuenca Hidrológica”, por los consejos de cuenca con los tres órdenes de gobierno y la sociedad
LAN art 13 BIS 1.D	Son órganos auxiliares que apoyan al Consejo de Cuenca en el ámbito de acción de su microcuenca pero con la mismas funciones subordinadas al CC.

Tabla 2.1 Leyes que fundamentan la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Elaboración propia.

La Ley de Aguas Nacionales que es reglamentaria del artículo 27 establece que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es la base de la política hídrica nacional (LAN, art.14). Esta ley se conjuga con otras leyes como la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente, la Ley de Planeación, la Ley Federal de Derechos, la Ley de Contribución de Mejoras y la Ley de



Ingresos, para poder encaminar los objetivos a corto y largo plazo referentes al manejo del agua.

En el nivel municipal las leyes relacionadas con el manejo del agua son: la Ley de agua potable del Estado de Morelos y los reglamentos municipales aplicables a los Sistemas Operadores. Además, se apoyan en la Ley general de Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que sustenta el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano para su adecuado desarrollo. Las normas mexicanas que establecen los límites máximos permisibles para las descargas establecen los límites de contaminantes a los cuales deben apegarse las descargas municipales y la Ley de Ingresos permite administrar los ingresos que recibe el municipio.

LEYES	Aplicación
LEY DE AGUA POTABLE DEL EDO. MORELOS	Autoriza a los municipios la coordinación con la Federación y el Estado para el manejo del agua y menciona la participación de la sociedad, pero nunca especifica el manejo Integral del Recurso H.
NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002, NOM-003	Establecen los límites permisibles de descargas de aguas residuales, nacionales, municipales . A los sistemas de alcantarillado municipal y aguas tratadas para reúso en servicios
2BIS, fracción VII CPELMS	Derecho y obligación de salvaguardar la ecología y el medio ambiente, así como preservar los recursos naturales "EN SUS TERRITORIOS".
LEY DE ORDENAM. TERRITORIAL Y DES. URBANO	Pretende proyectar una congruencia en los ordenamientos de los municipios. Problema de la tenencia de la Tierra. 71.75% son de propiedad social.
Ley de Ingresos	municipio tiene la obligación de administrar y recaudar los ingresos, contribuciones y derechos
Reglamentos municipales	bases jurídicas para una convivencia armónica y un desarrollo constante y progresivo de la sociedad. Reglamento del SOAPSC

Tabla 2.2 Algunas leyes que apoyan al municipio en el manejo del agua

2.1.2.2 Políticas municipales.

Las políticas municipales debieran surgir como acciones sistemáticas del resultado del análisis de los problemas conocidos localmente y como una propuesta de la resolución de ellos (Pineda, 2017) o como lo expresa Romo



en otras palabras “Una política pública tiene por fin último propiciar un cambio que los tomadores de decisiones gubernamentales juzgan deseable para la sociedad en su conjunto”, (Romo, 2005) además, debieran sujetarse a los instrumentos de las políticas nacionales.

Uno de los principales problemas que acompañan a las políticas municipales es el corto plazo de tres años que tienen de mandato. Este breve tiempo, apenas permite que, en el primer año, la administración conozca la problemática existente y la forma en que debe de operar la institución. En el segundo sirve para afianzar los conocimientos y poner en marcha los proyectos planteados y el tercero es para preparar la entrega correcta del periodo por lo que como menciona Tonatihu Guillen: “los Ayuntamientos funcionan con una visión cortoplacista y oportunista, donde sus integrantes favorecen acciones que les den resultados individuales en el corto plazo, dada la carencia de normas que los premien o castiguen en el largo plazo”. (Guillen, 2004 citado en Rodríguez, 2008)

De esta forma, los tres años en gestión propician que la administración municipal tenga que sufrir los costos de una curva de aprendizaje en la que, alcanzadas las habilidades básicas, sus empleados de primer nivel debían dejar el cargo. Esto hace que con frecuencia se comience de cero en cada periodo (Pineda, 2017); con el cambio reciente a la reelección municipal, se espera que los gobiernos que demuestren eficacia, honradez y desempeño, puedan ser beneficiados con el voto de los ciudadanos para permitir la continuidad en las políticas planteadas.

2.1.2.3 Los Planes Municipales

La constitución indica que debe haber un Plan Nacional de Desarrollo al cual deben sujetarse cada uno de los programas de la Administración Pública Federal y que también “determinará los órganos responsables del proceso de planeación y las bases para que el Ejecutivo Federal coordine mediante convenios con los gobiernos de las entidades federativas...». (art,



26 CPEUM). Esto significa que el proceso de planeación no es exclusivo de la federación, debe estar involucrado el nivel estatal y por ende el municipal (Pineda, 2017).

El Plan de Desarrollo Municipal actual de Cuautla toma como base el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024, el cual plantea cinco ejes programáticos y tres ejes transversales que lo integran a la Planeación nacional.

Tabla 2.3 Ejes Programáticos del Plan Nacional de Desarrollo. Elaboración propia con base al PND 2019-2024

5 EJES PROGRAMÁTICOS				
1.-Seguridad y Paz social	2.Democracia y sociedad	3.Dignidad humana, convivencia y equidad	4.Desarrollo económico competitivo	5.Modernidad, desarrollo y sustentabilidad
3 EJES TRASNSVERSALES: Transparencia y rendición de cuentas, Eficacia y eficiencia en la administración pública, Perspectiva de Género				

Incluido en el eje programático 3 “Dignidad Humana”, se encuentra el servicio de agua potable y saneamiento. El municipio, a través del SOAPS proporciona servicio a 35,530 usuarios y expone que la administración anterior, no realizó programas para el uso racional del líquido, no se aplicaron las tarifas correctas y recibieron las plantas de tratamiento sin un adecuado funcionamiento. De esta manera el enfoque principal de su política lo dirige a la administración y transparencia adecuada de los recursos lo que les permitirá poner orden en los desajustes que recibieron de la administración anterior. Se contempla utilizar los recursos del agua para los mismos servicios, lo que indica que normalmente no se utilizan estos para la mejora y el buen funcionamiento del sistema Operador. Al mencionar que pretende suspender el servicio a los usuarios morosos indica un gran rezago en la cobranza del suministro. A pesar de que el 36% de los usuarios tienen cuota fija se plantea cambiar a un 100 de usuarios con tarifa medida al final del 2021. No se menciona la eficiencia con la que opera el Organismo, sólo se menciona la intención de disminuir las fugas existentes. De la forma en que describe el Plan Municipal la recepción de



la administración del Organismo Operador se desprende que la alternancia política ha provocado que los objetivos que pudieran ser a mediano o largo plazo no logren alcanzarse. Los directores de los Organismos Operadores llegan a ocupar el puesto sin tener conocimiento sobre el área, así como muchos de los que ocupan los principales cargos del organismo.

En el aspecto ambiental del eje 5, se plantean políticas principalmente relacionadas en 3 rubros, mejorar la infraestructura urbana, orientar el crecimiento urbano hacia el esquema de sustentabilidad y aplicar las disposiciones legales en materia ambiental y de ecología. Los objetivos son poco concretos, pero no reflejan la intención de participar en algún plan de cuenca en el manejo del agua ni en el territorio de la cuenca.

La planeación Hídrica en el municipio de Cautla se deriva de la elaboración del Programa Hídrico del Estado de Morelos 2019-2024.

Tabla 2.4 Objetivos en el manejo del agua, Plan Estatal de Desarrollo. Elaboración propia con datos de PED, 2019-2024.

OBJETIVO	ESTRATEGIA	LINEA DE ACCIÓN	INDICADORES
1 Administrar y transparentar los recursos para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento	1 Uso eficiente de los recursos humanos financieros y materiales	La estrategia 1 tiene 5 líneas de acción	Este objetivo tiene 6 indicadores que pretenden elevar la eficiencia de la parte administrativa en los siguientes porcentajes 1 del 65 al 70, 2 del 87 al 92 3 del 27 al 100, 4 del 85 al 93 5 y 6 al 100 desde el primer año
	2 Comunicar y publicar el uso de los recursos	La estrategia 2 tiene 3 líneas de acción	
2 Prestar servicio de agua potable y saneamiento funcionales	Operar administrar y mejorar el sistema de conservación potabilización y distribución de agua potable	La estrategia 1 tiene 5 líneas de acción	Este objetivo tiene 5 indicadores 1 del 80 al 100, 2 del 83 al 93 3 del 80 al 100 4 del 100 al 100 5 del 93 al 95 Esta estrategia tiene otros 3 indicadores 1 del 80 al 80, 2 del 70 al 70 3 del 70 al 73
	2 Conservar y mejorar el sistema de saneamiento	La estrategia 2 tiene 3 líneas de acción	

Dicho programa surge de las propuestas establecidas en el Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, pero además enuncia su coadyuvancia con los



Objetivos de Desarrollo Sustentable “para asegurar la prosperidad de todos”. (PHEM, 2020) La ley de Planeación del Estado de Morelos le otorga al estado la facultad de efectuar la Planeación Hídrica para “El fortalecimiento del Municipio libre para lograr un desarrollo equilibrado del Estado, promoviendo la descentralización de la vida nacional y estatal”, (LPLANEAEM, 2017) lo cual en cierta forma crea una dependencia con el estado en su planeación, que si bien puede ser de beneficio cuando el municipio carezca de las cualidades para realizar una correcta planeación, no lo será cuando el municipio requiera establecer sus propias prioridades. También surge el dilema de cuáles serán las prioridades que el Estado atenderá o si sus prioridades son las correctas.

Tabla 2.5 Aspecto ambiental del Plan Municipal de Desarrollo. Elaboración propia con base a PHEM,2020.

OBJETIVO	ESTRATEGIA	LINEA DE ACCIÓN	INDICADORES
1 Programar, proyectar, ejecutar, mantener y conservar la infraestructura urbana que contribuya a un desarrollo integral, mejor calidad de vida	Cumplimiento y aplicación de la normatividad en materia de obra pública y servicios relacionados con las mismas	La estrategia 1 tiene 6 líneas de acción	Este objetivo tiene 6 indicadores 1 del 34 al 100, 2 del 30 al 100 3 del 43 al 100 4 del 33 al 100 5 del 32 al 100 6 del 34 al 100
2 Planear y controlar el desarrollo urbano sustentable, propiciando una urbanización ordenada sobre principios de igualdad y respeto	Ordenamiento urbano de la ciudad	La estrategia 1 tiene 7 líneas de acción	Este objetivo tiene 7 indicadores 1 del 20 al 100, 2 del 50 al 100 3 del 30 al 100 4 del 100 5 del 33 al 100 6 del 33 al 100 7 del 30 al 100
3 Aplicar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de ecología y de protección al ambiente	Protección al medio ambiente	La estrategia 1 tiene 6 líneas de acción	Este objetivo tiene 7 indicadores 1 del 50 al 100, 2 del 20 al 100 3 del 30 al 100 4 del 40 al 100 5 del 30 al 100 6 del 40 al 100

El Programa Hídrico estatal propone objetivos que intentan dar solución a



los problemas en 7 temas con objetivos generales, sin que se propongan metas específicas. Las estrategias son claras, así como las líneas de acción, pero tampoco se comprometen en ser específicas ni establecen un valor porcentual objetivo. El programa se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 2.6 Programa Hídrico Estatal

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVOS	No de ESTRATEGIAS	No. de LINEAS DE ACCIÓN
1 Cuidado del agua	Uso irracional del agua potable	Concientización sobre el uso racional y el cuidado del agua.	01 02	4 9
2. Agua Potable	112 Mil personas no tiene agua potable en su domicilio	Aumentar la cobertura del agua potable	01 02	6 7
3. Alcantarillado Sanitario	Más de 80 mil personas no cuentan con alcantarillado sanitario	Aumentar y mejorar la cobertura de alcantarillado sanitario	01 02	6 8
4. Tratamiento de Aguas Residuales	Cobertura de Tratamiento muy baja.	Aumentar y mantener la cobertura de Tratamiento de aguas residuales.	01 02 03	7 10 3
5. Organismos Operadores	No cumplen satisfactoriamente sus funciones	Incrementar el número de OO que cumplan sus funciones	01 02	7 2
6. Agua en el sector agrícola	Eficiencia de riego del 36%	Aumentar la eficiencia de riego	01 02	8 5
7. Resiliencia al cambio climático y seguridad Hídrica	160 centros de población y zonas productivas con peligro de inundación.	Disminuir las zonas en peligro de inundación	01 02 03	7 10 6

2.1.3. Instrumentos de Gestión.

Los instrumentos deben ayudar a que los objetivos planteados en la política pública aterricen en hechos concretos; deben permitir la toma de decisiones en el movimiento de los elementos económicos para lograr los fines deseados. Para el control de la contaminación, son fundamental algunos instrumentos como:

- El cumplimiento de las normas oficiales mexicanas relacionadas a las descargas de agua,
- La educación ambiental,
- Los programas basados en incentivos económicos para no contaminar el agua de los ríos,
- La consideración de contaminación en fuentes de contaminación





- puntuales y no puntuales,
- La construcción y funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales,
- El monitoreo de la contaminación y
- El manejo de toda la información generada.

En noviembre del 2013 la CONAGUA en conjunto con la CEA hicieron un recorrido para identificar las descargas que fueron denunciadas por las asociaciones civiles y otorgaron un plazo al Ayuntamiento para que definiera en enero del 2014 el origen de las descargas. Además, el Organismo de Cuenca Balsas, el mismo mes de enero realizó un muestreo de las aguas del río para su análisis en el Laboratorio del Organismo. De esta manera se identificaría la posible existencia del cianuro proveniente de los plaguicidas usados en la siembra de berros y los coliformes fecales de las descargas directas municipales. Un segundo muestreo se sugirió para los meses de junio a agosto.

El monitoreo de las aguas superficiales y subterráneas es realizado rutinariamente por la CONAGUA a nivel nacional para lo cual cuenta con 13 laboratorios ubicados en los Organismos de cuenca, sin embargo, la falta de personal y capacidad de análisis para obtener la caracterización de los cuerpos de agua había sido muy limitado, por lo que en el año 2012 se inició un contrato con un laboratorio acreditado externo para lograr la cobertura de más de 5,000 puntos de monitoreo a lo largo del territorio nacional. En el río Cuautla la Red Nacional de Monitoreo ubica 11 puntos. El estudio que se hizo en el proyecto de saneamiento del río Cuautla elaborado por la Comisión (CEA) el cual fue presentado en la primera reunión ordinaria del comité de cuenca del Río Cuautla (CCRCA, 2014 a), detectó 44 descargas a lo largo de los 8.3 km de río. Estas descargas se vertían directamente al cauce del río a pesar de que existían colectores a escasos metros y de que la planta de tratamiento estaba trabajando. El cálculo de los volúmenes de las descargas ubicadas ascendió a 115 l/s (CEA,





2014). A raíz de esto La CONAGUA y la CEAGUA (antes CEA) emprendieron 4 obras importantes de reparación y reconexión de colectores, entre los que destacaba la obra cercana al puente Carlos Pacheco, que por muchos años había descargado las aguas negras en forma directa al río (Olivares, La Unión diario, 2014). No obstante, a lo anteriormente mencionado en las cifras del INEGI correspondientes al censo del 2015 se presenta un porcentaje de cobertura del 98.78% en alcantarillado en Cuautla. (INEGI, 2015).

2.1.4 Financiamiento

La CPEUM, en su artículo 115 establece la autonomía hacendaria de los municipios, de este modo los ayuntamientos proponen a las legislaturas de los estados las cuotas y tarifas aplicables a derechos y a impuestos; así, los ayuntamientos se financian con el cobro por el derecho y suministro de agua potable y por la recaudación de impuestos a la propiedad inmobiliaria. No obstante, en muchas ocasiones, tanto los organismos estatales como los mismos municipales establecen el valor del metro cúbico de agua con tarifas subsidiadas que no alcanzan a cubrir los gastos de operación de la dotación del servicio (Rodríguez, 2008). El municipio puede también echar mano de los programas federalizados. En este caso el gobierno federal recauda los derechos fiscales por extracción de aguas nacionales y por descargas de efluentes; la LAN fundamenta el régimen fiscal referente a este pago de derechos; los montos de las contribuciones están previstos en la Ley Federal de Derechos (LFD). Los ingresos generados de estas contribuciones los recibe la CONAGUA para destinarlo a las mejoras en la eficiencia, en la infraestructura de agua potable, alcantarillado o saneamiento y son ejercidos mediante los programas federalizados.

Uno de esos programas es el denominado PROAGUA (Programa de Agua



Potable, Alcantarillado y Saneamiento) mediante el cual se apoya el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua que prestan los organismos operadores de los municipios. El programa PROSAN (Programa de Tratamiento de Aguas residuales) es otro programa cuya finalidad es fortalecer la “capacidad instalada” y el “tratamiento de aguas residuales municipales en las entidades federativas del país, con el propósito de apoyar en la prevención y/o control de la contaminación de los cuerpos de aguas nacionales y apoyar en el cumplimiento de la normatividad aplicable” (DOF, 2015). El programa PROAGUA tiene tres apartados: APAUR (Apartado Urbano), anteriormente llamado APAZU y que atiende a poblaciones mayores a 2500 habitantes, APARURAL (apartado Rural) y AAL (Apartado Agua Limpia). Cada uno de ellos opera con sus propias reglas de operación y los recursos provienen del gobierno federal del gobierno estatal y/o municipal en distintos porcentajes.

La participación de las instituciones y los grupos civiles del municipio de Cuautla propiciaron la gestión de los recursos a través de algunos programas y se realizaron tres trabajos importantes. Un proyecto denominado “Delimitación de un tramo de 12.64 km del cauce del río Cuautla, tramo Cuautla, Morelos”, con fondos del programa APAZU, con el cual se pretendía la protección de los manantiales ubicados en el Área Natural Protegida. Se integró un comité y los trabajos desarrollados fueron presentados por la Comisión Estatal de Aguas en las reuniones del Consejo de Cuenca (CCRC b, 2014).

Otra de las acciones realizadas mediante la coordinación de los tres órdenes de gobierno y que dio solución a una de las principales fuentes de contaminación del río fue el encausamiento de la descarga de agua residual que se ubicaba bajo el Puente Carlos Pacheco, lo cual permitió



eliminar el vertimiento de aproximadamente 50 l/s de las aguas residuales provenientes de varias colonias populares del oriente del municipio. Este proyecto se gestionó mediante el programa federalizado APAZU, con una inversión de \$3,500,000 los cuales el 50% fueron aportados por la federación y el resto por el Gobierno del Estado de Morelos y el Municipio de Cuautla. (CONAGUA, 2014)

Por otra parte, se realizaron obras de construcción de alcantarillado y colectores en la zona norponiente del municipio con una inversión de 1.8 millones de pesos, con la finalidad de disminuir las descargas a al río.

2.2 Entrevistas y cuestionarios sobre la percepción de la GIRH en el municipio.

Hace 17 años que se incluyó la Gestión por cuencas en la Ley de Aguas Nacionales y han transcurrido casi 10 años de la instalación del Comité de Cuenca del río Cuautla. A estas fechas surge la necesidad de saber cuál es la “percepción” que se tiene de la GIRH en un nivel municipal y que tanto se ha logrado avanzar en la implementación de este tipo de gestión.

En agosto del 2014 se registró la última reunión ordinaria del CCRC y no se tiene registro de otras reuniones por lo que en este apartado se recopila una breve evaluación, utilizando un cuestionario de 16 preguntas basadas en los criterios que verifican el grado de implementación de la GIRH a este nivel. El cuestionario (ver ANEXO 1) fue aplicado a 7 personas involucradas en la gestión del agua y sus recursos en el municipio Cuautla, 2 pertenecientes a la CONAGUA y 1 integrante del Consejo de Cuenca. Las preguntas ponderan los mismos 4 puntos que se han desarrollado en el inciso 2.1 de este capítulo, los cuales están basados en el indicador 6.5.1. de los Objetivos de Desarrollo Sustentable. Cada respuesta del cuestionario toma valores de 0 a 100, dependiendo en que grado cumple cada punto según el criterio del entrevistado. La información de cada una de las 4 categorías se capturó en una matriz de Excel, donde se realiza el contraste. La información y contenido de las respuestas también fue cotejada



tomando como referencia la información investigada en el inciso 2.1 de este capítulo.

2.2.1 Instituciones y participación de la sociedad.

En este primer tema se plantean 6 preguntas para identificar las problemáticas relevantes respecto a las instituciones y participación de la sociedad, se realiza con base a las opiniones de representantes de actores relacionados con la GIRH en el río Cuautla. Los cuatro primeros entrevistados pertenecen al Sistema Operador de Agua Potable y Saneamiento de Cuautla (SOAPS). El primero funge como supervisor de plantas tratadoras (PTAR), el segundo como Jefe de Proyectos, el tercero como jefe de recursos financieros y el cuarto como subdirector técnico. El quinto entrevistado es el Director de Protección Ambiental y Ecología municipal. El sexto entrevistado funge como Regidor de Protección Ambiental, desarrollo Sustentable, Patrimonio Cultural, Equidad de Género (Reg. de PA DSPCEG). El séptimo es el Director del Área Natural Protegida de Cuautla (ANP), el octavo y noveno son del Organismo de Cuenca del Balsas de la CONAGUA, de Calidad del Agua (CA) y de la Dirección Técnica (DT). El décimo es del Consejo de Cuenca del río Balsas, como vocal titular del sector público urbano (OCB).

Las preguntas son:

¿Cuál es la Capacidad de la autoridad gubernamental municipal para conducir la implementación de los planes municipales de GIRH?

¿Cómo es la Coordinación entre las autoridades gubernamentales municipales y regionales que representan distintos sectores sobre recursos hídricos, política, planificación y gestión?

¿Cómo es la Participación pública y la participación ciudadana local en recursos hídricos, política, planificación y gestión a nivel municipal?

¿Cómo es la participación empresarial en la GIRH a nivel municipal?





¿Hay objetivos específicos en función del género para la gestión de los recursos hídricos a nivel municipal?

¿Cómo se logra en el municipio el Desarrollo de capacidades para la GIRH?

De acuerdo con la información obtenida con estas preguntas, así como en las entrevistas, observamos que en el municipio hay autoridades con un claro mandato de dirigir la GIRH (Entrevistados 1 y 2); pero estas autoridades necesitan una mayor capacitación para poder realizar correctamente las funciones a favor de la GIRH. La capacitación es muy esporádica y debe ser permanente debido a que existen múltiples cambios de personal y rotación de puestos durante el transcurso de las administraciones y no se aprovecha la poca capacitación que existe hoy en día. El empleado del servicio municipal puede pedir su cambio de área. Y el lugar que deja queda “volando” por falta de capacitación (Entrevistado 5).

Otra opinión consiste en que el municipio tiene bien definido la designación para dar el servicio de Agua Potable y Saneamiento, pero al mismo tiempo no tienen la claridad en cómo debe conducirse hacia la Gestión Integral; más bien considera que le corresponde a una autoridad superior como la CONAGUA, quien debe tomar la dirección e iniciativa para llevar a cabo la gestión. Es necesario, por lo tanto, una adecuada comunicación entre los distintos niveles de Gobierno y las distintas Instituciones (Entrevistado 9). La comunicación y la coordinación son sumamente importantes, pero ha dependido mucho de cada administración en como conduce la Gestión, debido a que no hay claridad para el municipio en gestionar el recurso a nivel cuenca, sólo será posible si se involucran las autoridades designadas para ello, de lo contrario no se obtendrán logros. Es hasta cierto punto normal que cuando se trata de gestionar los recursos hídricos a nivel cuenca, cada municipio muestre gran resistencia o inclusive indiferencia (Entrevistado 9), tal vez porque



hay muchos intereses que se anteponen a la GIRH (entrevistado 8). En cuanto a los municipios que pertenecen a la cuenca, no hay evidencia de objetivos específicos en función del género para la gestión de los recursos hídricos a nivel municipal (Entrevistados 1,2,3,4,5,6,8, y 9). Se percibe muy poca participación ciudadana; el día mundial del agua se convoca a la sociedad a realizar una limpieza de desechos y de la basura existente en las riberas del río, pero éste es el único evento que busca la participación de la comunidad (Entrevistado 10). Sucede lo mismo con la participación empresarial, la única empresa que mantiene una relación directa con el municipio es la encargada del relleno sanitario “La perseverancia” (Entrevistado 5).

La evaluación de las preguntas relacionadas a este punto, arrojan que el desarrollo de la GIRH en sus Instituciones y participación de la sociedad sólo llega a un 23.7% de su cumplimiento (Tabla 2.7).

2. INSTITUCIONES Y PARTICIPACIÓN	SOAPS PTAR	SOAPS PROYECTOS	SOAPS FINANZAS	SOAPS A. TECNICA	DIR PROT. AMB. DSPCYEG	REG. DE PA DSPCEG	ANP	CONAGUA CA	CONAGUA DT	OCB	%
a) Capacidad Municipal para dirigir la GIRH	20	20	20	0	20	0	20	40	0	0	14
b) Coordinación entre autoridades intermunicipales	80	60	40	0	80	0	40	40	40	0	38
c) Como es la Participación ciudadana en la GIRH	60	60	60	40	80	20	40	20	40	0	42
d) Grado de participación empresarial en la GIRH	20	20	20	20	80	0	0	20	0	0	18
e) Objetivos en función del género para la GIRH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f) ¿Cómo se logra en el municipio el Desarrollo de capacidades para la GIRH?	60	60	20	0	60	0	20	20	20	0	26

Promedio= 23.7%

Tabla 2.7 Calificaciones a las preguntas de Instituciones y participación de la Sociedad.



FORTALEZAS	DEBILIDADES
Hay capacidad para dirigir la GIRH . Fue un inicio excelente en el 2012 para asentar las bases de participación y coordinación. (LAN, art. 13)	Se ha diluido el interés. Los problemas de la cuenca ya no se tratan en el Comité. No ha habido una tercer reunión.
Los problemas de la sociedad interesada fueron expuestos, atendidos y escalados a las dependencias correspondientes. Se incluyeron en la agenda de CCRC con buena coordinación y respuesta.	Sólo se resolvieron un par de problemas de los presentados por la sociedad. Siguen sin resolverse la mayoría.
Hay participación y mucho interés de pequeños grupos de ciudadanos que se han constituido como ambientalistas. Lo cual se refleja en la puntuación que le da el personal del municipio en el cuestionario.	La mayor parte de la población no tiene interés en el cuidado ambiental del Río, los asentamientos humanos en la rivera, los tiraderos de basura y las descargas directas al río lo corroboran. Finalmente la puntuación baja de la participación ciudadana es el reflejo de esta mayoría.
Los 6 de 8 representaciones municipales asistieron a la instalación del CCRC, las siguientes dos reuniones sólo estuvieron 2.	Hay muy poca participación empresarial pero cuando se les convoca están ahí. No hay objetivos en función del género.
De los cuestionarios se desprende que la gente que labora en el municipio tiene una mejor aceptación de la coordinación entre autoridades, del desarrollo de su capacidad y de la participación ciudadana.	Hay una total apatía de parte del municipio y de los líderes municipales en temas de Gestión debido a las diferencias partidistas. La gestión fue iniciada por grupos ciudadanos.

Tabla 2.8 Fortalezas y Debilidades de las Instituciones y la participación de la sociedad.

Es importante destacar que se percibe que las instituciones tienen importantes fortalezas, se considera que son capaces de dirigir la GIRH, además de que hay grupos de ciudadanos muy interesados en un adecuado desarrollo de la Gestión. En contraste, hay poco interés del municipio para implementar acciones que apoyen la Gestión Integrada y esto se replica de manera general en la población (Tabla 2.8).

2.2.2. Ambiente propicio.

Para el segundo tema se aplicaron las siguientes tres preguntas:

¿Las leyes municipales sobre los recursos hídricos, están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)?

Las Políticas municipales de recursos hídricos, ¿están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos?



¿Los Planes de gestión de las microcuencas/subcuencas/Acuíferos en el municipio, están basados en la GIRH?

De las respuestas a los 10 entrevistados se obtiene la siguiente información: la legislación en la cual se apoya el municipio es la ley de agua potable del Estado de Morelos, su alcance se extiende a los municipios y al Estado; por otra parte, el SOAPSC tiene su propio reglamento, pero no está enfocado a la GIRH (Entrevistado 9). Entonces, las leyes federales se basan en la GIRH, pero no a nivel municipal. En la actualidad la autoridad municipal no se ha sumado a los trabajos y estudios realizados por la CONAGUA, CEAGUA y por el Consejo de Cuenca para formar parte de las políticas de Gestión de cuenca. El municipio se muestra indiferente o carente de interés para tomar parte de una Gestión integrada, a pesar de existir el Comité de Cuenca, por esta razón, el Comité ha dejado de realizar sus funciones. Es notorio que el municipio tiene particular interés por el área de Los Sabinos, ya que ahí se ubican las fuentes de abastecimiento de agua para cierta parte de la población, pero el interés del cuidado al río, se va perdiendo en cada metro de recorrido río abajo hasta perderse totalmente en el punto posterior a la descarga de la planta de tratamiento Cuautla; se considera que de ahí en adelante la Asociación de Usuarios del Río Cuautla (Asurco) es quién debe cuidar y proteger esa sección del río (Entrevistado 10).

Las respuestas en el punto 2 del cuestionario se resumen en una apreciación de un avance del 31.3 % Tabla 2.9.

* ENTORNO PROPICIO	SOAPS PTAR	SOAPS PROYECTOS	SOAPS FINANZAS	SOAPS A. TECNICA	DIR PROT. AMB. DSPEC Y REG. DE PA EG	REG. DE PA DSPCEG	ANP	CONAGUA CA	CONAGUA DT	OCB	%
a) Leyes municipales basadas en la GIRH	80	60	20	20	60	60	20	0	20	20	34
a) Políticas locales que apoyan la GIRH	80	60	20	20	60	20	20	0	20	20	30
b) Planes de gestión locales basados en la GIRH	60	60	20	20	80	20	20	0	20	20	30

Promedio = 31.3%

Tabla 2.9 Calificaciones a las preguntas del Ambiente propicio.



FORTALEZAS	DEBILIDADES
Hay un Programa Hídrico del Estado de Morelos que pretende establecer políticas sustentables y la planeación hídrica que contribuya al desarrollo del estado de Morelos.	El plan Hídrico deriva de las propuestas de un foro de 80 ciudadanos para elaborar el Plan Estatal de Desarrollo, el cual no considera la Gestión por cuenca ni captó los verdaderos problemas de ellas.
Se realizó un diagnóstico de la cuenca en los inicios del CCRC.	No se desarrolló el programa hídrico a nivel microcuenca con el diagnóstico hecho, detectando las prioridades de inversión y subprogramas específicos de manera que contribuyan al saneamiento de las microcuencas.
Ya hay un Comité establecido que puede elaborar los planes de Gestión por cuenca.	Los planes municipales ni los del Organismo Operador presentan una Gestión Integrada.
El incluir en el programa del CCRC la reparación de los colectores para evitar las descargas directas al río permitió que se encauzaran a la PTAR más de 50 L/seg de aguas negras.	No hay un programa de mejora y mantenimiento de las plantas de tratamiento del municipio. Por lo que se elimina la descarga en un lado pero se descarga en otro.

Tabla 2.10 Fortalezas y debilidades en el Ambiente propicio.

El programa hídrico del Estado de Morelos puede sentar las bases para que los municipios gestionen sus recursos a nivel cuenca, pero es necesario encausar esta gestión por microcuenca de manera que se logre una Gestión Integrada que atienda los verdaderos problemas en cada una.

2.2.3. Instrumentos de Gestión.

¿Cómo es el Monitoreo por microcuenca/ subcuenca de la calidad del agua? (incluye agua superficial y/o subterránea)

¿Cuáles son los Instrumentos de Gestión para el Control de la contaminación a nivel de fuente (superficial y subterránea)

¿Cuáles son los Instrumentos de gestión para reducir los impactos de la contaminación del agua a nivel municipal?

¿Cuáles son los instrumentos para el Intercambio de datos e información





de la calidad del agua entre los municipios a nivel de microcuenca/subcuenca?

Es obligación de los organismos operadores el monitorear los abastecimientos de agua potable, pero usualmente no lo hacen porque no tienen recursos; en las descargas municipales casi nunca se hacen monitoreos. En el municipio las descargas de agua residual son reguladas por la NOM-002-SEMARNAT-1996, pero esta norma no se está aplicando (Entrevistado 8). Los análisis del agua que se han realizado en el municipio han sido elaborados para algunos estudios desarrollados por algunas universidades. La Conagua es quien mantiene un control analítico periódico de algunas partes del río. (Entrevistado 5). En el SOAPS no hay un sistema de monitoreo como tal, el municipio no tiene interés en monitorear ni sus propias plantas de agua residual (Entrevistado 7). Se tiene la idea de que las plantas de tratamiento existentes podrían tratar toda el agua residual del municipio, pero al parecer, las plantas no tienen la eficiencia requerida por lo que no logran disminuir la contaminación (Entrevistado 7).

En cuanto a la información generada en el municipio, esta no se comparte y no hay intercambio de datos. La poca información que fluye a los usuarios es mediante la CEAGUA y la CONAGUA (Entrevistado 10).

Debido a que el Área Natural Protegida suministra el 90% del agua a Cuautla debería de tomarse más en serio el cuidado de esta área, lamentablemente se siguen vendiendo terrenos de esa zona, la cual es federal. Hay tomas de agua para pipas particulares a un lado del vivero municipal y las pipas que cargan en los sabinos, no se tiene conocimiento de que alguien los regule. Hay además viveros muy grandes que tampoco son regulados y que pertenecen a una sola familia. Los gaviones implementados entre 1988 y 1990 ayudaron a que hubiera invasiones y el encasquillado no permite que el río haga su función ecológica, al



implementar esta medida no se tomó en cuenta el impacto ambiental integral, solo se atendió el aspecto social, lo hicieron para aminorar riesgos de inundación por las crecientes. La dirección de ecología actual del municipio ha desarrollado un pequeño programa para las escuelas primarias y para las colonias; la finalidad es reducir el contenido de basura en el río.

En este punto 3 del cuestionario se percibe que el contenido de Instrumentos de Gestión en el municipio llega hasta un 21.5% (Tabla 2.11).

3. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	SOAPS PTAR	SOAPS PROYECTOS	SOAPS FINANZAS	SOAPS A. TÉCNICA	DIR PROT. AMB. DSPCYEG	REG. DE PA DSPCEG	ANP	CONAGUA CA	CONAGUA DT	OCB	%
a) ¿Cómo es el Monitoreo por microcuenca/ subcuenca de la calidad del agua	60	60	20	0	40	20	0	40	20	0	26
b) ¿Cuáles son los Instrumentos de Gestión para el Control de la contaminación a nivel de fuente	60	60	20	0	60	0	20	20	20	20	26
c) ¿Cuáles son los Instrumentos de gestión para reducir los impactos de la contaminación del agua a nivel municipal?	60	60	20	0	40	0	20	0	20	20	22
d) ¿Cuáles son los instrumentos para el Intercambio de datos e información de la calidad del agua entre los municipios a nivel de microcuenca?	40	40	0	40	0	0	0	0	0	20	12

Promedio= 21.5%

Tabla 2.11 Calificaciones a las preguntas de los Instrumentos de gestión.

Ilustración 2.12 Fortalezas y debilidades en los instrumentos de gestión.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Hay monitoreo a nivel cuenca realizado por la CONAGUA.	El municipio no realiza monitoreo del agua a nivel fuente ni de las descargas, tampoco de sus plantas de tratamiento.
Hay un programa denominado Apartado Agua Limpia para apoyar al municipio en la desinfección del agua a nivel fuente. También la secretaría de salud interviene con el monitoreo de desinfección.	No se realiza de manera permanente la desinfección del agua a nivel fuente. A veces no hay reactivos para la desinfección. "En la supervisión de la desinfección de la pandemia se encontró que el 80 % de los abastecimientos no cloran."
La capacidad de diseño de las plantas de tratamiento instaladas en el	Las plantas no están operando correctamente, sólo hay 3 que operan y



municipio podría ser suficiente para lograr una cobertura del 100%	estas no proporcionan el tratamiento adecuado y devuelven el agua al río.
La información de la calidad del agua por cuenca es elaborada por la CONAGUA y es compartida en la página del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).	El municipio no cuenta con información local. Por lo que no comparte información.

La fortaleza principal del municipio en cuanto a los instrumentos de gestión son sus plantas de tratamiento, las cuales podrían tratar la mayoría del agua residual del municipio, sin embargo, todas operan con una gran deficiencia y algunas definitivamente ya no funcionan. Aún si el municipio lograra tratar el 100% de sus descargas, el esfuerzo se vería mermado por la contaminación río arriba y que recibe el municipio de Cuautla. Por otra parte, la falta de monitoreo y control tanto en las fuentes de agua potable como en las descargas municipales impiden obtener buenos resultados en el control de la contaminación del río (Tabla 2.12).

2.2.4. Financiamiento.

¿Cuánto es el Presupuesto municipal para inversión de infraestructura de recursos hídricos, en agua potable y alcantarillado (valor aproximado si se conoce)?

¿Cuánto es el Presupuesto municipal para el mantenimiento, protección y sostenibilidad de los elementos de GIRH?

¿Cuántos son los ingresos recaudados de gravámenes específicos del tratamiento de agua y de la emisión de contaminantes sobre los usuarios de agua a nivel de microcuenca o municipal?

Los ingresos que tiene el municipio por la recaudación de las cuotas de agua sólo alcanzan a cubrir algunas de sus necesidades, por lo hacen falta recursos para proyectos integrales y para dar seguimiento a estos proyectos (Entrevistado 1 y 2). El Sistema de agua tiene registradas unas 34,000 tomas domiciliarias, la mayoría tiene tandeo de 24 horas de



abastecimiento y 24 horas de cierre, sólo algunos usuarios en la zona centro tienen servicio las 24 horas. Del total de las tomas hay cerca de 6 mil usuarios que tienen cuota fija; la cantidad mínima que se paga es de \$137.00 mensuales y la más alta es de \$950 que corresponde a cuota comercial. Para aumentar la recaudación se está tratando de disminuir la cuota fija migrando a servicio medido, el contratiempo ha sido que no hay recursos para invertir en medidores (Entrevistado 3). En ocasiones se ha hecho uso de los programas federalizados, pero al menos en esta administración no ha habido el debido interés, ya que no se ha obtenido acceso a estos programas (Entrevistado 10).

El financiamiento tiene una muy baja calificación, en este tema se alcanza un porcentaje del 22.3 % en la encuesta (Tabla 2.13).

4 FINANCIAMIENTO	SOAPS PTAR	SOAPS PROYECTOS	SOAPS FINANZAS	SOAPS A. TÉCNICA	DIR PROT. AMB. DSPCYEG	REG. DE PA DSPCEG	ANP	CONAGUA CA	CONAGUA DT	OCB	%
a) ¿Cómo es el presupuesto municipal para inversión en infraestructura de los recursos hídricos, en agua potable y alcantarillado?	20	20	40	20	20	0	0	20	20	0	16
b) ¿Cómo es el presupuesto municipal para el mantenimiento, protección y sostenibilidad de la GIRH?	40	40	20	0	20	0	0	10	0	0	13
c) ¿Cómo son los ingresos recaudados de gravámenes específicos del tratamiento de agua y de la emisión de contaminantes sobre los usuarios de agua a nivel de microcuenca o municipal?	60	60	40	40	60	0	40	40	40	0	38

Promedio= 22.3%

Tabla 2.13 Calificaciones a las preguntas del Financiamiento.

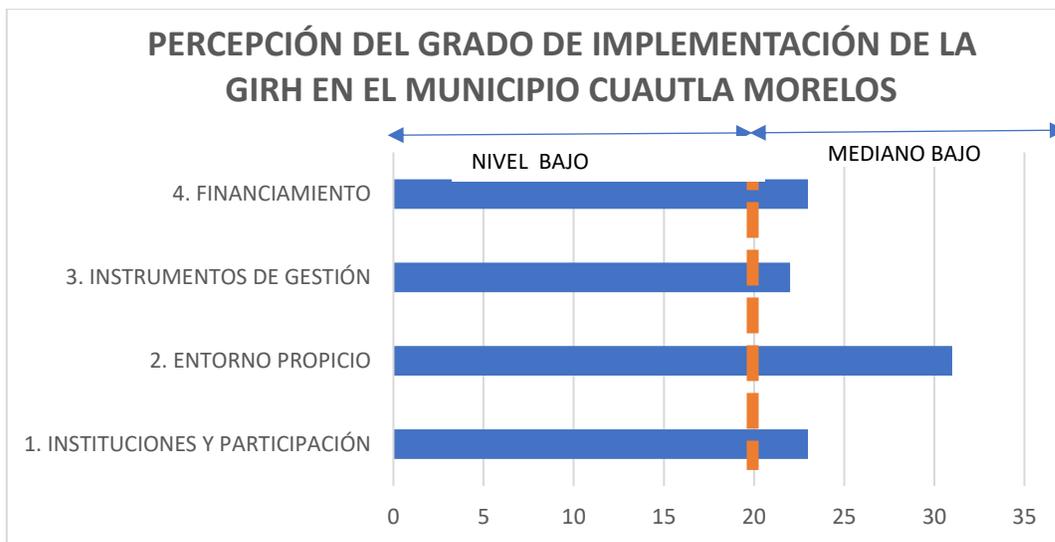
La fortaleza del municipio en el financiamiento es la recaudación que se obtiene por las cuotas de los servicios prestados del agua potable y alcantarillado, ninguno de los entrevistados proporcionó que cantidad logra recaudar. Otra fortaleza es la existencia de los programas Federales de los que pueden hacer uso para una gestión Integrada. La deficiencia en este rubro radica en que no se tiene un control adecuado en las finanzas y se considera que son insuficientes para la Gestión Integrada del agua.



(Tabla 2.14).

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Los programas federalizados como el APAZU han apoyado la creciente necesidad de agua potable y alcantarillado en el municipio.</p>	<p>No se desarrolla el programa hídrico a nivel municipal ni de microcuenca detectando las prioridades de inversión y subprogramas específicos de manera que contribuyan al saneamiento de las microcuencas.</p>
<p>2 de los 4 entrevistados del personal del municipio considera que los ingresos recaudados por el municipio son limitados y cubren solo algunas de las actividades de la Gestión del agua, mientras que los otros dos consideran que estos ingresos son limitados y no se ocupan para la Gestión del agua.</p>	<p>En el municipio no hay presupuesto que permita desarrollar metas a largo plazo para la GIRH ni para mantenimiento de los elementos de ésta.</p>

Tabla 2.14 Fortalezas y debilidades en el Financiamiento.



Gráfica 2.1 Percepción del grado de implementación de la GIRH en el municipio de Cuautla.





2.3 Percepción del Grado de implementación de la GIRH en el municipio de Cuautla.

En resumen, la percepción del nivel que se ha implementado la GIRH en el municipio es “Mediano Bajo”, el mayor porcentaje alcanzado es en el ambiente propicio rebasando apenas el 30% mientras que los otros rubros oscilan entre el 20 y el 25 %. El porcentaje más bajo está en los instrumentos de Gestión (Gráfica 2.1).







CAPÍTULO III



CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CUAUTLA

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

3.1.1 Ubicación de la cuenca.

La cuenca del río Cuautla pertenece a la región Hidrológica número IV del río Balsas. Esta región del Balsas tiene una extensión territorial continental de 118,268 km², su precipitación normal anual es de 947 mm (1981-2010). El escurrimiento natural medio superficial total es de 16,798 hm³/año. Esta cuenca cuenta con 15 subcuencas (CONAGUA, 2019-1).

Los datos de CONAGUA (2019-1), indican que la subcuenca del río Amacuzac (18F) forma parte de las 15 subcuencas del Balsas, tiene un área de 8,891.83 km² que corresponden al 7.52 % del área total del Balsas y dentro de ésta se localiza la microcuenca del Río Cuautla (18Fb) la cual tiene 1,177 km² que corresponden a un 13.24% de la subcuenca del Amacuzac y el 0.99% del Balsas (Fig3.1).



Figura 3.1 Mapa de localización de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2019.



Esta microcuenca tiene sus inicios en Atlautla Estado de México, con los escurrimientos de las precipitaciones pluviales de los volcanes, deshielos de los glaciares del Popocatepetl y del manantial Cuaxolotl en las faldas del volcán (Gobierno Municipal, 2011).

La cuenca del río Cuautla limita al norte y al oeste con la cuenca del río Yautepec, al este con la cuenca del río Nexapa y al sur con la cuenca del río Amacuzac Bajo (Fig. 3.2).



Figura 3.2 Colindancia de la Cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2019)

La cuenca tiene un área de 1,177 km², esta área está compartida entre Morelos y el estado de México, pero el 86% de su área se localiza en la parte oriental del estado de Morelos y el 14% es parte del estado de México. Esta área integra 18 municipios, 15 del Estado de Morelos y 3 del Estado de México (Tabla 3.1, Fig.3.3). Los municipios de Ayala, Cuautla y Yecapixtla son los municipios centrales y entre los tres ocupan casi la mitad de todo este



territorio (46%), por lo que representan una mayor importancia en las actividades de la cuenca. Contrariamente Jojutla, Temoac, Yautepec, Ozumba, Atlatlahucan y Zacualpan de Amilpas. Los seis juntos apenas aportan el 5 % del área de la cuenca.

CVEGEO	ESTADO	NOM_MUN	AREA MUNICIPAL (KM ²)	AREA MUNICIPIO EN CUENCA (KM ²)	% EN CUENCA
15015	Edo. Mex	Atlautla	166.899178	95.82	8.17
15034	Edo. Mex	Ecatzingo	52.922951	52.922951	4.51
15068	Edo. Mex	Ozumba	47.153883	15.448229	1.32
17002	Morelos	Atlatlahucan	79.011985	15.827634	1.35
17004	Morelos	Ayala	366.896989	264.014036	22.50
17006	Morelos	Cuautla	121.366339	103.979638	8.86
17010	Morelos	Jantetelco	101.874124	6.991209	0.60
17012	Morelos	Jojutla	148.482778	0.161513	0.01
17013	Morelos	Jonacatepec	89.987503	21.893062	1.87
17016	Morelos	Ocuituco	86.168956	86.152157	7.34
17019	Morelos	Tepalcingo	367.347543	87.847959	7.49
17022	Morelos	Tetela del Volcán	78.937255	38.744506	3.30
17024	Morelos	Tlaltizapán	237.532172	56.643059	4.83
17025	Morelos	Tlaquiltenango	542.153879	126.167721	10.75
17029	Morelos	Yautepec	178.812734	1.269556	0.11
17030	Morelos	Yecapixtla	172.462091	172.462091	14.70
17032	Morelos	Zacualpan de Amilpas	53.530451	17.121113	1.46
17033	Morelos	Temoac	36.935514	9.677686	0.82
Área Total			2,928.48	1,173.15	100.00

Tabla 3.1 Datos geográficos de los municipios en la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI, (2019)





Figura 3.3 Municipios de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI, 2019.

3.1.2 Edafología.

Conocer el tipo de suelo es importante debido a que las actividades humanas se basan en la capacidad de aprovechar los recursos naturales que se tienen y ya que el suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, es importante conocer las características que facilitan las actividades forestales, agrícolas, pecuarias, etc. Es importante resaltar que el suelo es un elemento dinámico y que está en constante evolución debido a que está expuesto a factores naturales como el viento, tipos de rocas existentes, vegetación, etc. (tabla 3.2, fig. 3.4), pero el análisis fisicoquímico, biológico y morfológico de los suelos nos permite determinar otros aspectos importantes como el drenaje, los nutrientes, la profundidad de las raíces de los vegetales y otros datos que van ligados con el uso del suelo (INEGI, 2004). En la Tabla 3.2 se resumen las características de los principales tipos de suelos que se encuentran en la cuenca en mención y en la figura 3.4 se muestran las regiones donde se ubican cada uno de ellos.



Tabla 3.2 Tipo de suelos. Elaboración propia con datos de FAO,2014

Andosol. tienen una o más capas con propiedades ándicas o vítricas con un espesor combinado de ya sea: a. ≥ 30 cm dentro de ≤ 100 cm de la superficie del suelo y que comienzan a ≤ 25 cm de la superficie del suelo; o b. $\geq 60\%$ de todo el espesor del suelo, si es roca continua, material duro técnico o una capa cementada o endurecida comienza entre > 25 y ≤ 50 cm de la superficie del suelo; y 2. no tienen un horizonte árgico, ferrálico, petroplíntico, pisoplíntico, plíntico o spódico, a menos que esté enterrado a más de 50 cm de la superficie del suelo mineral.

Castañosem. Son suelos de praderas secas, pardos oscuros ricos en materia orgánica; potencialmente ricos; la periódica falta de humedad del suelo es el principal obstáculo para lograr altos rendimientos. Para lograr estos, siempre es necesario el riego; deben tomarse ciertas precauciones para evitar la salinización secundaria. Para lograr buenos rendimientos, puede ser necesario aplicar fertilizantes fosfatados. Los granos pequeños y los cultivos de regadío como cereales y hortalizas son los cultivos principales que se desarrollan. La erosión del viento y del agua es un problema en Kastanozems especialmente en terrenos en barbecho.

Chernozem. Son suelos con una capa mineral superficial gruesa, negruzca rica en materia orgánica. Son clasificados entre los mejores suelos del mundo, utilizados para cultivos herbáceos. La preservación de la favorable estructura del suelo a través de una labranza en el mejor momento y la irrigación oportuna en bajas cantidades previenen la erosión hídrica y eólica. Se requiere la aplicación de fertilizantes fosfatados para obtener altos rendimientos. El trigo, la cebada y el maíz son los principales cultivos junto a otros cultivos alimenticios. La producción de maíz tiende a estancarse en los años más secos a menos que el cultivo sea irrigado adecuadamente.

Feozem. Estos suelos son muy parecidos a los Chernozems y Castañozems pero están lixiviados de manera más intensa. Suelos oscuros, ricos en materia orgánica. Son suelos porosos, fértiles y excelentes tierras de cultivo.





Se utilizan para la producción de soya y trigo (y otros granos pequeños). Los Phaeozems de la zona templada se siembran con trigo, cebada y verduras junto con otros cultivos. La erosión del viento y del agua son peligros graves. Grandes áreas de Phaeozems se utilizan para la cría y engorda de ganado en pastos mejorados.

Litosol. Son suelos muy delgados sobre roca continua y extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Son particularmente comunes en regiones montañosas. Son un recurso potencial para el pastoreo en temporada húmeda y como terrenos forestales. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosols, en particular en regiones de montaña en zonas templadas donde la presión del crecimiento de la población (turismo), la sobreexplotación y el aumento de la contaminación del medio ambiente conducen al deterioro de los bosques. Uno o unos pocos cultivos podrían ser desarrollados en dichas pendientes, pero a costa de una severa erosión. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos. Pueden causar sequía incluso en ambientes húmedos.

Regosol. Material no consolidado, generalmente de grano fino, son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. La baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de agua de riego; el riego por goteo o aspersión resuelve el problema, pero rara vez es económico. Son utilizados para pastoreo extensivo. Se encuentran plantados con cultivos de grano pequeño, remolacha azucarera y árboles frutales. Los Regosols en regiones montañosas son frágiles y es mejor conservarlos bajo bosque.

Rendzina. Son los suelos tipo Litosol, pero sobre rocas calizas.

Vertisol. Son suelos de arcillas pesadas con una alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman profundas y anchas grietas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo cual sucede en la mayoría de los años. permanecen sin usarse o sólo se utilizan para pastoreo extensivo, cortar madera, quema de carbón y similares. Estos suelos tienen gran potencial agrícola, pero con un manejo adecuado. Las características físicas



de estos suelos, y en particular, sus difíciles relaciones hídricas, causan problemas de manejo. Edificios y otras construcciones sobre Vertisols están en riesgo y los ingenieros tienen que tomar especiales precauciones para evitar daños.

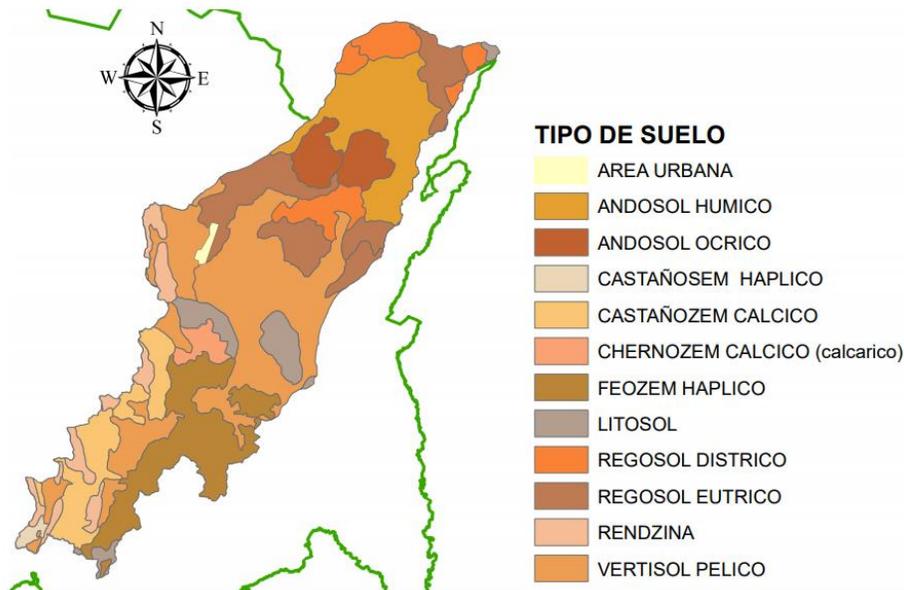


Figura 3.4 Tipo de Suelo de la cuenca. Elaboración propia con datos de CONABIO, 2008.

3.1.3 Clima.

El clima predominante en la cuenca es un 41.22% de tipo (A)C(w1) Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Le sigue el clima tipo Awo, con un área de influencia de 33.56 %; este clima es conocido como cálido subhúmedo, con una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. El clima C(w2) influye en un 11.90 % del área de la cuenca y se denomina templado subhúmedo, su temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío está entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. El (A)C(w2) conocido como



semicálido subhúmedo del grupo C tiene una menor cobertura llegando tan solo al 5.75%, su temperatura media anual mayor es de 18°C, y su temperatura del mes más frío menor de 18°C, la temperatura del mes más caliente es mayor de 22°C. Casi con la misma área de influencia, con una cobertura del 4.85% está el clima tipo Cb'(w2), este es Semi frío, subhúmedo, con verano fresco largo, con temperatura media anual entre 5°C y 12°C, la temperatura del mes más frío varía entre -3°C y 18°C, y la temperatura del mes más caliente es menor a los 22°C.

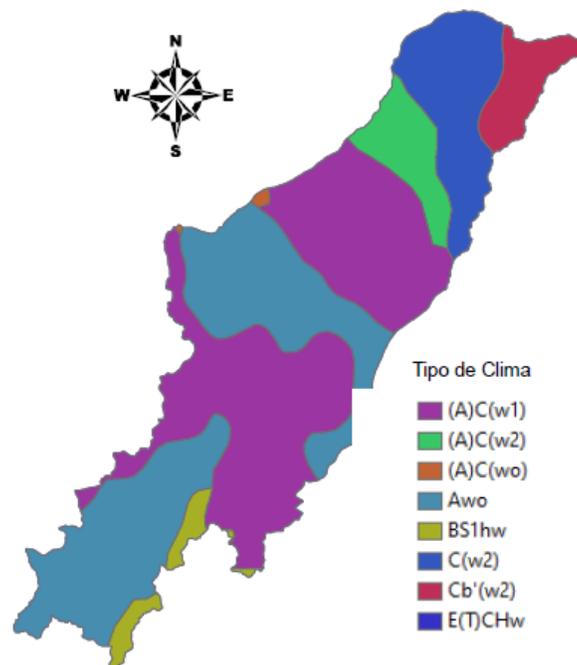


Figura 3.5 Tipo de Clima en la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI, 2019

Los últimos tres tipos de climas son el semiárido semicálido BS1hw con un 2.51%; el semi cálido subhúmedo (A)C(wo) que influye en un 0.21% del área y el clima tipo frío E(T)CHw con una proporción mínima del 0.01% localizada en la cima del volcán Popocatepetl (Fig.3.5).

3.1.4 Temperatura

La temperatura media de la cuenca es de 22.09°C, esta se determina por el método de las Isotermas, utilizando los datos de registro de las estaciones meteorológicas de la cuenca, (Tabla 3.3 y Fig. 3.6).



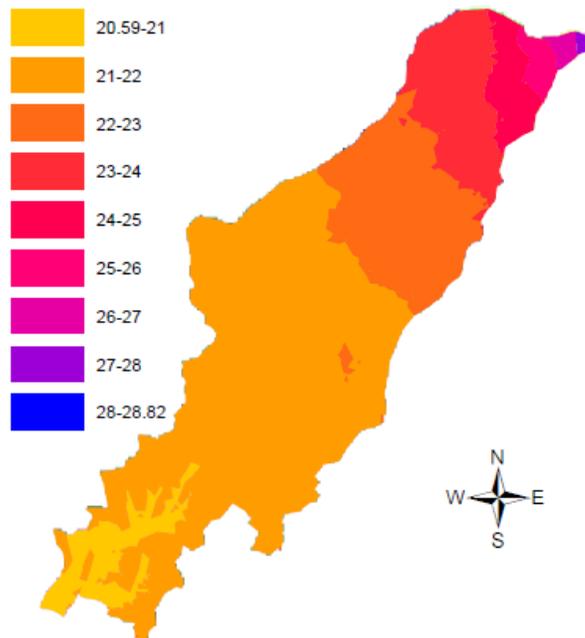
Tabla 3.3 Isotermas de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI,2019

ISOTERMA	Tm	AREA_KM ²	Tm A
20.59-21	20.795	73.129017	1520.71791
21-22	21.5	681.928447	14661.4616
22-23	22.5	215.657557	4852.29503
23-24	23.5	130.255893	3061.01349
24-25	24.5	47.323985	1159.43763
25-26	25.5	17.256933	440.051792
26-27	26.5	7.48293	198.297645
27-28	27.5	2.336367	64.2500925
28-28.82	28.41	0.657171	18.6702281
		1176.0283	25976.1954
Temperatura Media (°C)			22.09

Figura 3.6 Isotermas de temperatura media en la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI,2019.

De la misma forma, con los datos de las temperaturas promedio mínimas

**ISOTERMAS DE LAS
TEMPERATURAS MEDIAS °C**



registradas en las estaciones, encontramos que la temperatura mínima se localiza en la parte alta del Volcán Popocatepetl y es menor a los 11.5°C, mientras que la temperatura en la parte sur de la cuenca puede llegar a



bajar hasta los 14.19°C (Fig. 3.7).

En cuanto a la temperatura máxima, se localiza en la zona sur de la cuenca llegando a los 31°C promedio, mientras que en la parte más alta podría llegar a los 23°C (Fig. 3.8).

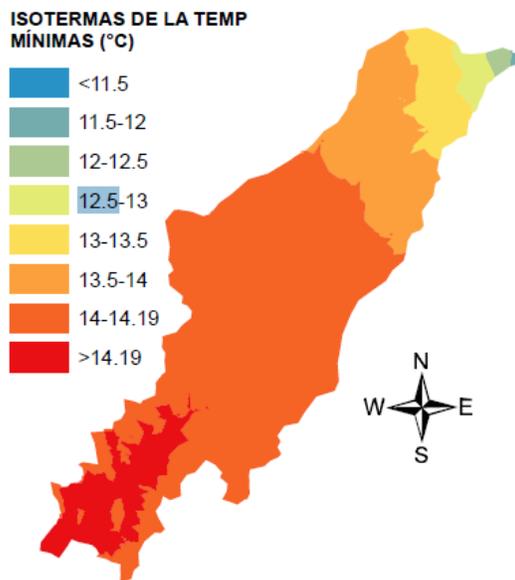


Figura 3.7 Isothermas de las temperaturas mínimas. Elaboración propia con datos de INEGI, 2019

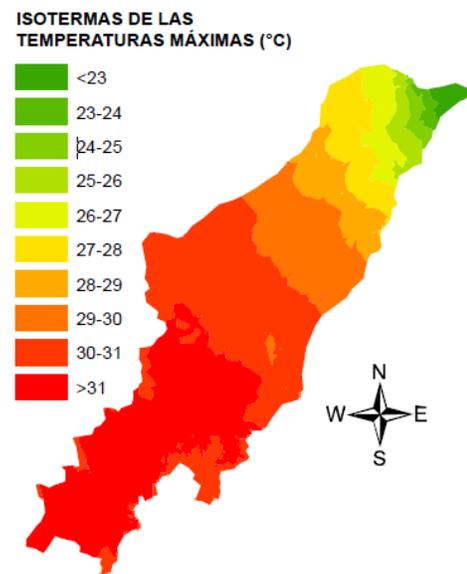


Figura 3.8 Isothermas de temperaturas máximas en la cuenca. Elaboración propia con datos de INEGI 2019.

3.1.5 Precipitación.

La precipitación media de la cuenca es de 1,031.22 mm, la cual fue calculada por el método del Polígono de Thiessen; éste método es sugerido en el documento técnico de la Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas, (2006) debido a su sencillez, pues obtiene el área de influencia de cada estación localizadas en el interior de la cuenca, así como las que tienen influencia en la periferia y utilizando el software de ARC MAP se efectúa una interpolación para obtener las áreas de influencia (Fig. 3.9, 3.10 y tabla 3.4) .



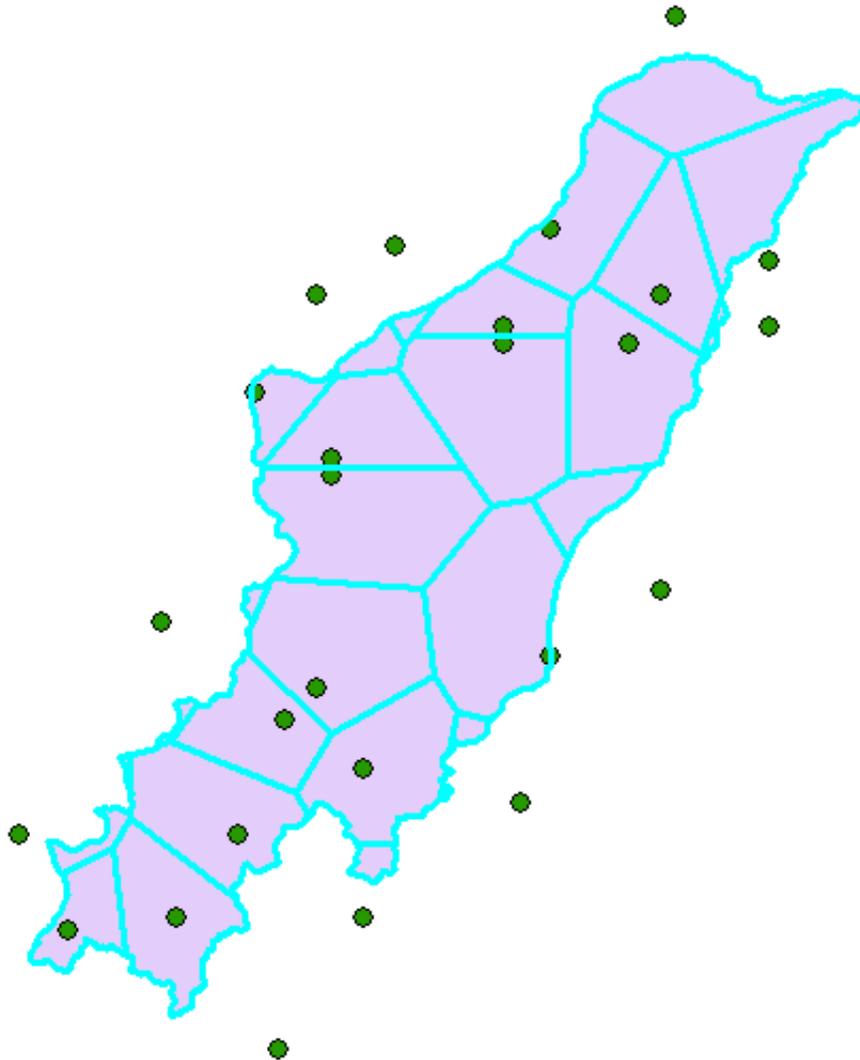


Figura 3.9 Polígonos de Thiessen de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia, en ARC MAP.



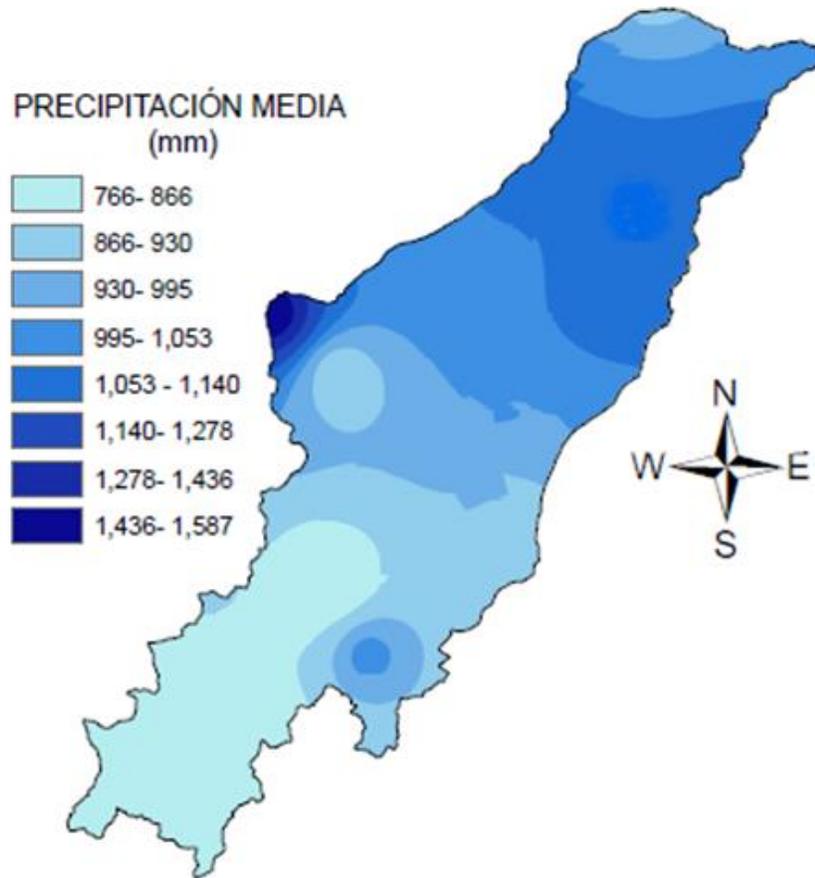


No	NOMBRE	PRECIPITACIÓN (mm)	AREA_KM2	AREA X PP
15103	SAN_PEDRO	869.31	55.498386	48,245.30
17001	ATLATLAHUCAN	970.93	3.590098	3,485.73
17003	CUAUTLA	907.64	101.278454	91,924.38
17005	CUAUTLA	868.49	56.7025	49,245.55
17012	OAXTEPEC	979.99	9.246517	9,061.49
17013	TEMILPA	900.38	4.5159	4,066.03
17015	TEPALcingo	877.88	4.528216	3,975.23
17021	TLACUALERA	1028.96	71.841929	73,922.47
17023	JONACATEPEC	884.32	99.015766	87,561.62
17024	YAUTEPEC	1587.86	18.179536	28,866.56
17038	NEXPA	782.79	28.399108	22,230.54
17043	YECAPIXTLA	1047.82	34.127726	35,759.71
17045	HUECAHUAXCO	1049.81	60.583726	63,601.40
17046	HUEYAPAN	1157.78	2.178627	2,522.37
17048	OCUITUCO	1129.53	83.95099	94,825.16
17054	MOYOTEPEC	766.26	93.712611	71,808.23
17056	SAN_PABLO	824.02	73.104072	60,239.22
17057	EL_LIMON	865.24	5.821712	5,037.18
17060	APOLONOCAN	1074.72	66.267412	71,218.91
17064	TECOMALCO	850.36	51.132958	43,481.42
17065	VALLE_DE_VAZQU	838.81	62.910159	52,769.67
17066	EL_VIGIA	1952.62	98.361472	192,062.58
17068	ACHICHIPIILCO	1123.5	62.134668	69,808.30
17074	HIGUERON	815.99	9.008008	7,350.44
17081	AMILcingo	988.96	20.945899	20,714.66
			1177.03645	1,213,784.16
	Precipitación Media Anual (mm):			1,031.22

Tabla 3.4 Precipitación en la cuenca del Río Cuautla, Elaboración propia con datos de CLICOM.



Figura 3.10 Precipitación media del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI 2019



3.1.6 Evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso en el cual se vaporiza a la atmósfera el agua líquida contenida en las superficies de ríos, lagos, caminos, vegetación, suelo, etc. y se suma la vaporización del agua contenida en los tejidos de las plantas por efectos de la radiación solar. (FAO, 2006) La evapotranspiración expresa la cantidad de agua perdida en una superficie cultivada, normalmente se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo y su valor varía conforme crece la planta cultivada, al inicio el valor de la evaporación del agua del suelo es más determinante, pero cuando la planta crece y aumenta la sombra, este disminuye y el valor de la transpiración aumenta. La mayor evapotranspiración ocurre en la zona



oriental central de la cuenca, en los municipios de Yautepec, Cuautla Atlatlahucan y Yecapixtla (Fig.3.11, Tabla 3.5)

No.Est.	NOMBRE	P (mm/año)	T Prom (°C)	L	ET (mm/año)
17003	CUAUTLA	907.64	23.02	1485.43838	804.34
17005	CUAUTLA	868.49	20.85	1274.52338	743.54
17021	TLACUALERA	1028.96	13.26	747.945276	615.74
17038	NEXPA	782.79	24.59	1658.09301	738.72
17043	YECAPIXTLA	1047.82	20.14	1211.60131	816.24
17045	HUECAHUAXCO	1049.81	17.47	1003.34299	743.30
17048	OCUITUCO	1129.53	19.00	1117.81809	814.94
17052	YECAPIXTLA	1020.07	21.19	1305.48256	829.97
17054	MOYOTEPEC	766.26	22.94	1477.0148	708.67
17056	SAN_PABLO	824.02	25.14	1723.14832	775.63
17066	EL_VIGIA	1952.62	16.85	960.173132	870.15
17068	ACHICHIPIILCO	1123.5	22.28	1410.40229	906.95
17024	YAUTEPEC	1587.86	21.64	1347.8481	1049.78
17064	TECOMALCO	850.36	22.70	1452.78043	762.84
17065	VALLE_DE_VAZQUEZ	838.81	24.86	1689.40413	783.38
15252	15252 ATLAUTLA	979.26	14.185	797.336189	631.01
Evapotranspiración Media ETm:					787.20

Tabla 3.5 Evaporación en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CLICOM, 2021

La evapotranspiración de acuerdo con UNESCO (2006) viene dada por la ecuación: $ETm = (\text{Superficie de la cuenca}) (ET)$

$T =$ Temperatura media anual, $L = 300 + 25T + 0.005T^3$

$P =$ Precipitación media anual, $ET =$ Evapotranspiración real

$ETm =$ Evapotranspiración media

La cual es:

$ETm = (1177.04 \text{ km}^2) (0.00078720 \text{ km}) = 0.92656589 \text{ km}^3/\text{año}.$



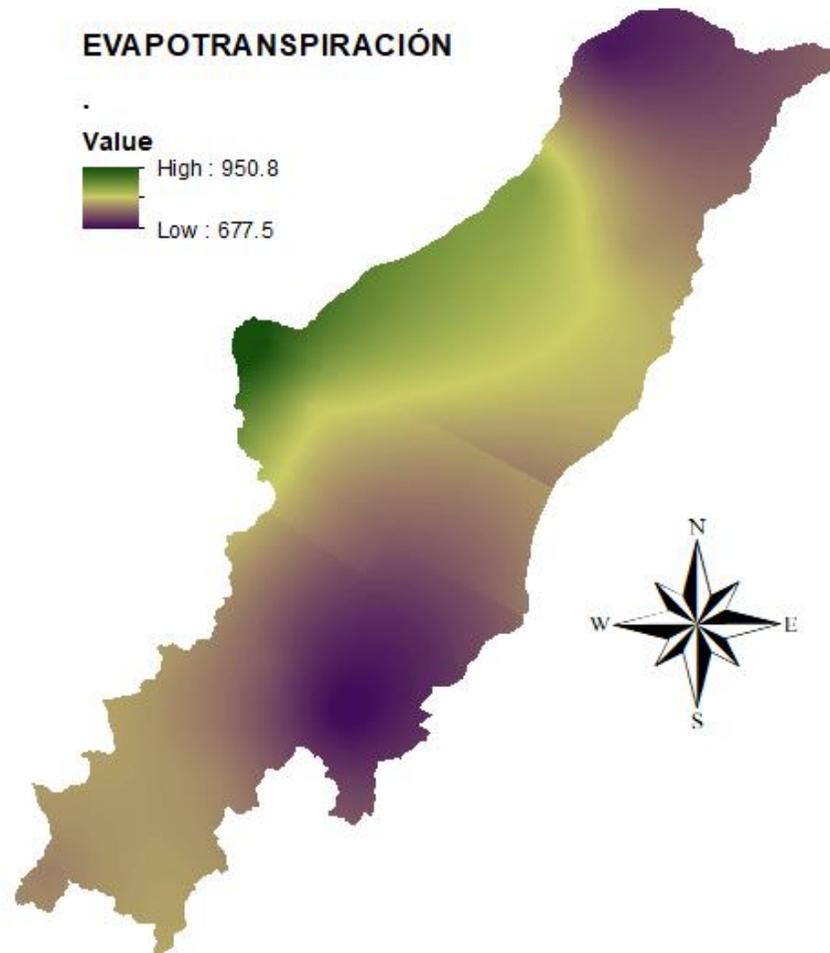


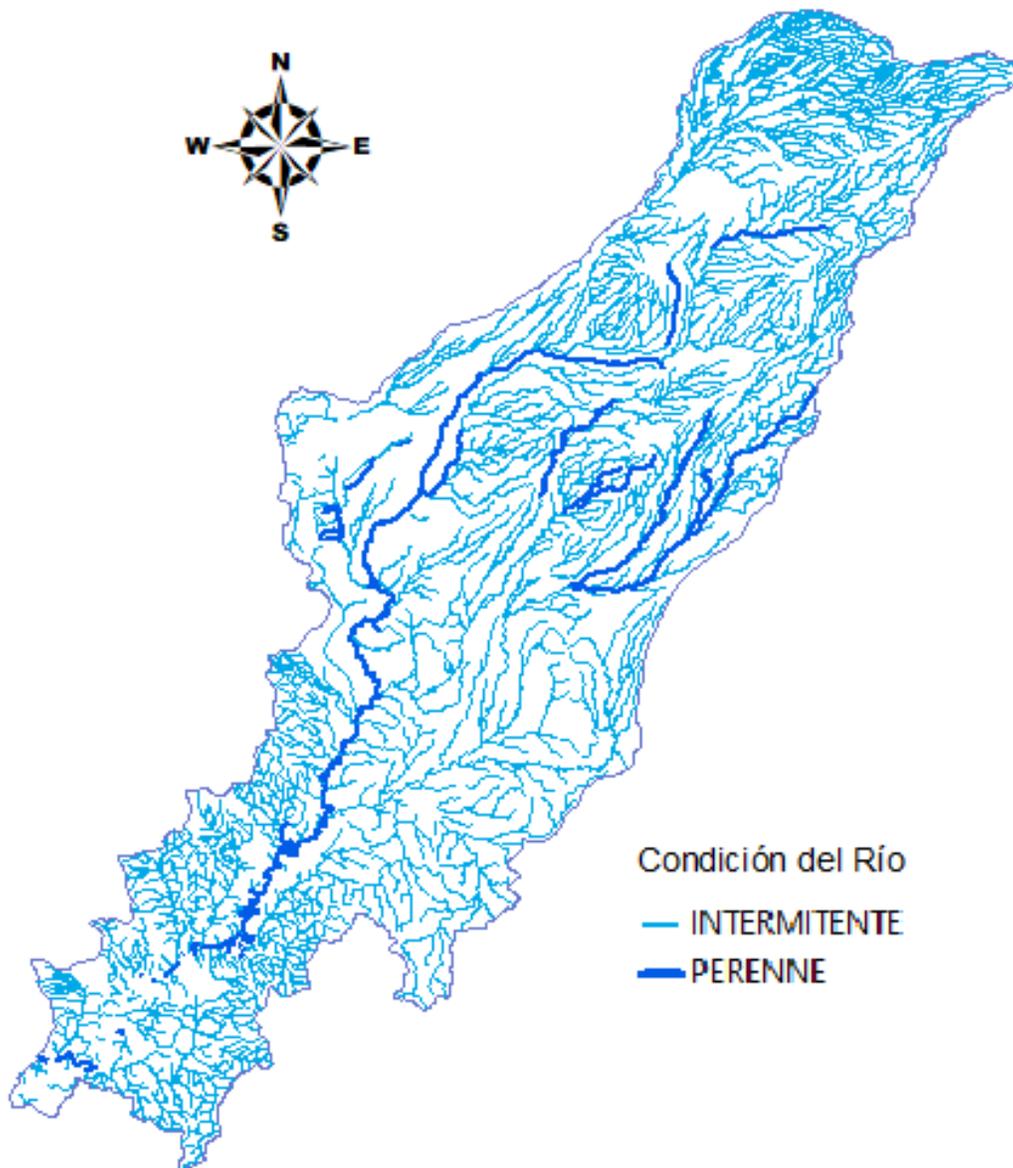
Figura 3.11 Evapotranspiración en la cuenca del río Cuahtla. Elaboración propia con base en CLICOM, 2020

3.1.7 Hidrografía

La cuenca inicia con los escurrimientos del volcán Popocatepetl, principalmente de las cañadas de Yancuecole y Huitlastoc que suministran los escurrimientos del volcán a las barrancas de Gachupingo, Tecamacapa, Tezozonco y Nexapa. Su volumen es engrosado por varios afluentes provenientes de algunos manantiales como Santa Inés, La Rosa, La Mora, San Cristóbal, Agua Dulce, El Almeal, el Axocoche (Fig. 3.12); su dirección es de norte al suroeste hasta unirse con el río Amacuzac por lo que pertenece al tipo de cuencas exorreicas. (SIATL,2020) Por el tamaño de la cuenca se puede clasificar como intermedia-grande (Campos, 1992).



Figura 3.12 Corrientes perenes e intermitentes del río Cuautla. Elaboración propia con base en SIATL, 2020



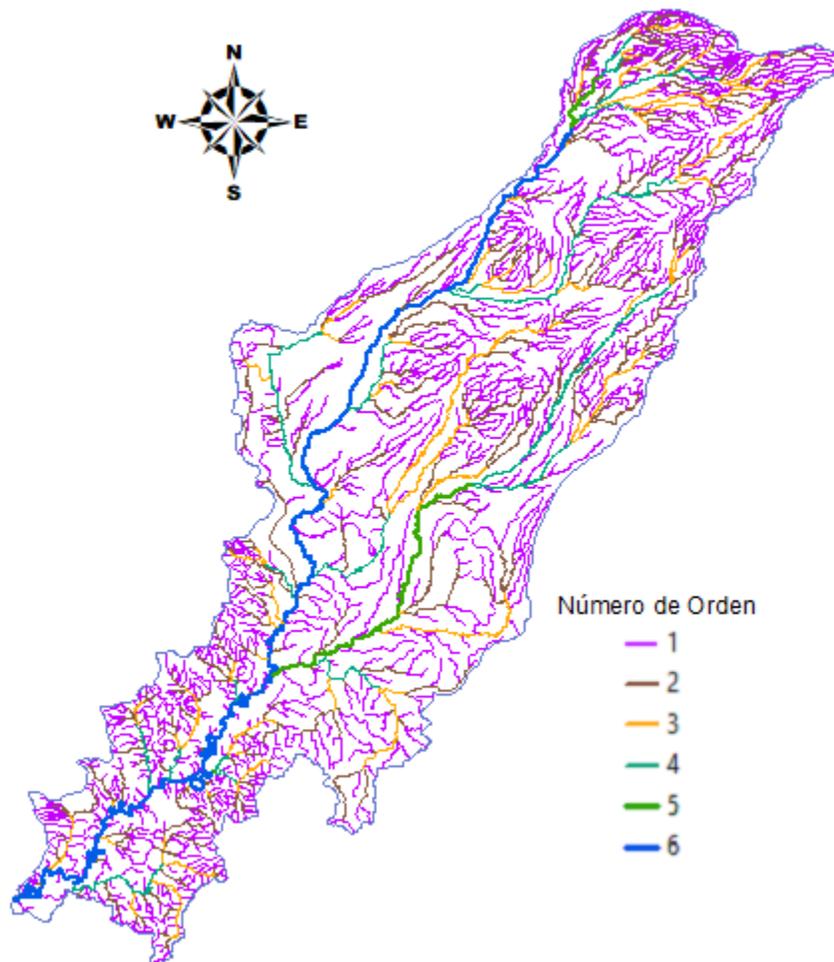
3.1.7.1 Orden de la cuenca.

El río Cuautla presenta en la salida de la cuenca un orden 6 (Fig. 3.13). La clasificación de Horton, indica que el orden de la cuenca es el mismo que



el orden del río principal en su salida. (Horton,1945)

Figura 3.13 Orden de la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de SIATL.



3.1.7.2 Densidad de corrientes

La densidad de corriente es el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área, y se calcula con la ecuación siguiente:

$$Dc = \frac{Nc}{A} = \frac{2391}{1,177.04} = 2.03 \text{ corrientes/Km}^2$$

Donde:

Nc = número de corrientes perennes e intermitentes

A = área de la cuenca

La cuenca tiene un recorrido superficial total de 2,415.5694 km, de los cuales 2,190.3869 km son intermitentes (2,232 corrientes) y 179.5862 km



son perenes (158 corrientes). La mayoría de las corrientes de la cuenca del río Cuautla son en su mayor parte intermitentes en el norte (zona montañosa) y perennes desde la parte norte-centro, pero al final, en la salida se vuelve intermitente nuevamente.

3.1.7.3 Densidad de drenaje

Definida como la longitud de corrientes por unidad de área y se calcula:

$$Dd = \frac{Lc}{A} = \frac{2415.56935}{1177.04} = 2.05 \text{ km} / \text{km}^2$$

Donde: Lc=Longitud total de las corrientes y A= área de cuenca

El valor resultante corresponde a una corriente bien drenada ya que está entre 0.2 y 3.5 km/km². (Strahler, 1964)

3.1.7.4 Pendiente media de la cuenca y propiedades de la corriente principal

Este parámetro proporciona una de las características principales del relieve de la cuenca porque permite hacer comparaciones con otras cuencas en el nivel de erosión que presentan en la superficie, lo cual nos ayuda a predecir qué impacto pueden tener en su momento las crecidas sobre determinada zona de la cuenca. Actualmente se cuenta con modelos informáticos de hidrología que automatizan la extracción de valores de la red de drenaje con sus características, lo cual facilita la obtención de estos valores. La elevación de la corriente principal se localiza a 5,330 metros sobre el nivel del mar, mientras que su elevación media está a 761 metros. La longitud de la corriente principal consta de 132,332 metros y su pendiente media es del 16.38% (Tabla 3.6). (SIATL, 2020)

Tabla 3.6 Índice morfométrico del cauce principal. Elaboración propia con datos de SIATL, 2020.

PARÁMETRO	RESULTADOS
Pendiente Media Cuenca (%)	16.38
Elevación Máxima Corriente Principal(m)	5330
Elevación Mínima Corriente Principal (m)	761
Longitud de Corriente Principal (m)	132322
Pendiente media de Corriente Principal (%)	3.452
Sinuosidad de Corriente Principal	1.65988038



Tiempo de concentración (min)	624.17
Elevación Media (m)	3045

3.2 Características socioeconómicas de la cuenca.

3.2.1 Población.

La población en la cuenca la calculamos de la intersección del área de la cuenca con las áreas de cada municipio y consideramos los valores de la densidad de población municipal (Tabla 3.7) con los datos del censo del 2020 (INEGI, 2020).

Tabla 3.7 Población en la cuenca del río Cuautla, Elaboración propia con datos del INEGI, (2020)

CLAVE	NOM_MUN	AREA MUNICIPAL (km ²)	AREA MUNICIPIO EN CUENCA (km ²)	% EN CUENCA	POBLACIÓN TOTAL MUNICIPAL (Hab)	DENSIDAD (Hab/km ²)	POBLACIÓN EN LA CUENCA (Hab)
15015	Atlautla	166.899178	95.82	8.17	31,900	191	18,315
15034	Ecatzingo	52.922951	52.922951	4.51	10,827	205	10,827
15068	Ozumba	47.153883	15.448229	1.32	30,785	653	10,086
17002	Atlatlahucan	79.011985	15.827634	1.35	25,232	319	5,054
17004	Ayala	366.896989	264.014036	22.5	89,834	245	64,643
17006	Cuautla	121.366339	103.979638	8.86	187,118	1,542	160,312
17010	Jantetelco	101.874124	6.991209	0.6	18,402	181	1,263
17012	Jojutla	148.482778	0.161513	0.01	57,682	388	63
17013	Jonacatepec	89.987503	21.893062	1.87	16,694	186	4,061
17016	Ocuituco	86.168956	86.152157	7.34	19,219	223	19,215
17019	Tepalcingo	367.347543	87.847959	7.49	28,122	77	6,725
17022	Tetela del Volcán	78.937255	38.744506	3.3	14,853	188	7,290
17024	Tlaltizapán	237.532172	56.643059	4.83	52,399	221	12,495
17025	Tlaquiltenango	542.153879	126.167721	10.75	33,789	62	7,863
17029	Yautepec	178.812734	1.269556	0.11	105,780	592	751
17030	Yecapixtla	172.462091	172.462091	14.7	56,083	325	56,083
17032	Zacualpan de Amilpas	53.530451	17.121113	1.46	9,965	186	3,187
17033	Temoac	36.935514	9.677686	0.82	16,574	449	4,343
Área Total		2,928.48	1,173.15	100	805,258	334.63	392,577



El desarrollo regional presenta graves problemas en nuestro país, ya que el crecimiento de las ciudades ocurre en zonas que tienen poca disponibilidad de agua y no en las que tienen alta disponibilidad. El crecimiento desmedido de todas las zonas urbanas ha traído como consecuencia la sobreexplotación de los acuíferos y de las aguas subterráneas. El crecimiento poblacional en la cuenca en los últimos 10 años ha sido del 16.2%. De esta población, el 62.62% tiene edades entre los 15 y los 65 años, el 29.45% tienen menos de 15 años y el 6.31% tiene más de 64 años (Gráfica 3.14). (SIATL, 2020)

Distribución de población por edad en la cuenca (%)

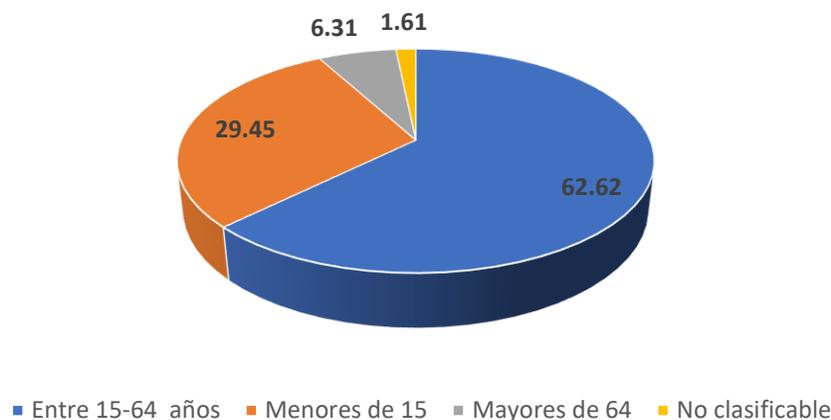


Figura 3.14 Distribución de la población por edad en la cuenca del Rio Cuautla, Elaboración propia con base a SIATL, 2020

3.2.2 Vivienda

Las viviendas habitadas en la cuenca constituyen el 74.62% mientras que el 14.45% corresponde a viviendas no habitadas.



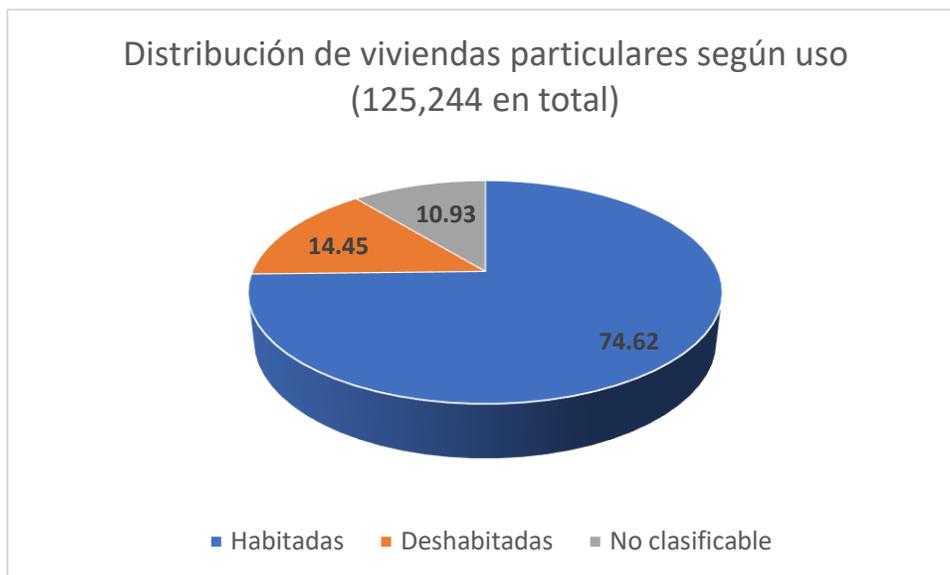


Figura 3.15 Distribución de viviendas particulares según su uso e la cuenca del Río Cautla. Elaboración propia con base a SIATL, 2020

3.2.3 Servicios.

Del total de las viviendas de la cuenca el 84.78% tienen agua entubada, el 91.41% tienen drenaje y el 97.65% tiene luz eléctrica. El 79.48% tienen ambos servicios, luz eléctrica y agua entubada. (SIATL, 2021)

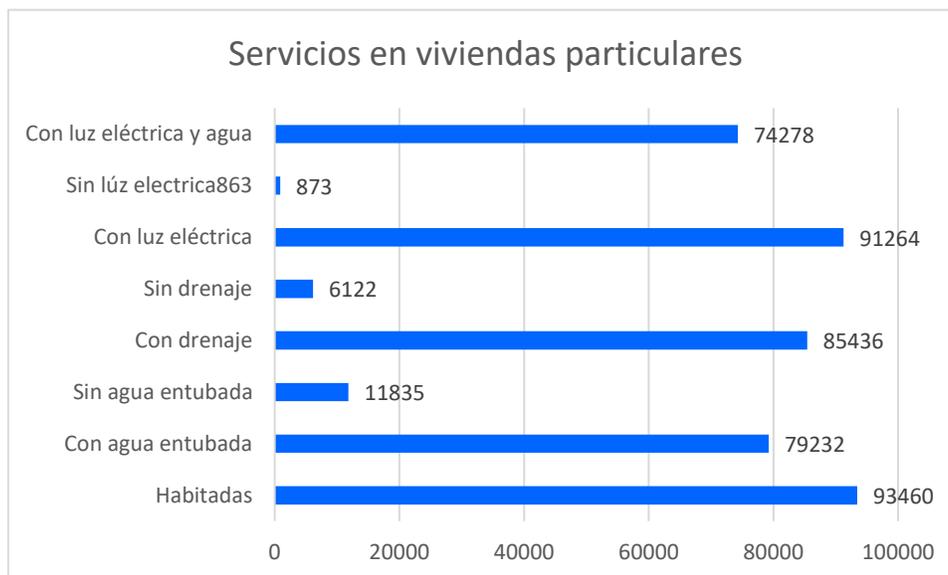


Figura 3.16 Cobertura de los servicios en viviendas de la cuenca del río Cautla. Elaboración propia con datos de Siatl, 2020



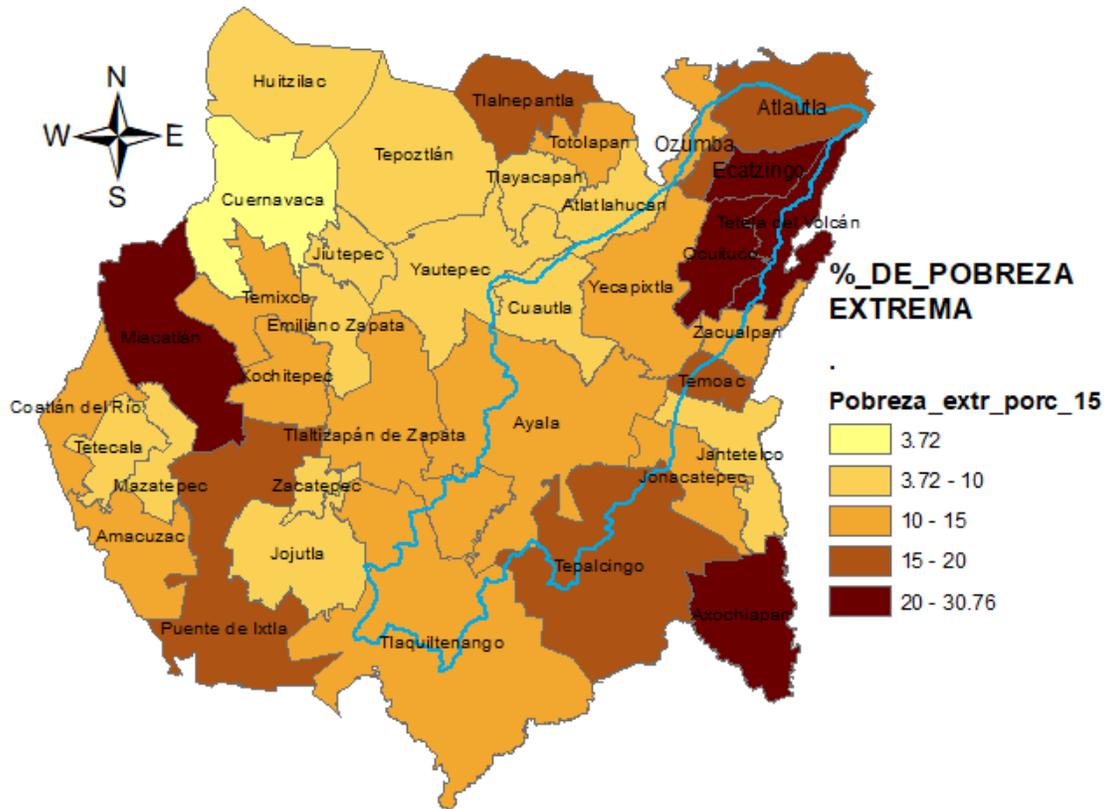
3.2.4 Pobreza

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), ha establecido dos formas de evaluar a la población municipal. La primera es la situación de Pobreza, en la cual se incluyen a las personas que presentan al menos de una carencia social (acceso a servicios de salud, calidad y espacio de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación), o bien, si su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que satisfacen sus necesidades básicas. En la cuenca en estudio, los 3 municipios del estado de México presentan un porcentaje alto de pobreza, entre el 80% y el 100%; lo mismo que los dos municipios que colindan con los anteriores, Tetela del volcán y Ocuituco. Yecapixtla, Zacualpan y Tepalcingo se encuentran en el rango de entre el 60% y el 80% de pobreza, el resto se ubica en un porcentaje entre el 40% y 60%. (CONEVAL, 2015)

La segunda clasificación es la pobreza extrema, en la cual se incluyen a las personas que tienen más de tres carencias sociales de seis evaluadas, o bien que sus ingresos no alcancen a cubrir ni siquiera los alimentos que componen la canasta básica. Esta clasificación varía un poco, colocando a Ecatzingo, Tetela y Ocuituco como los más afectados por la pobreza extrema con un porcentaje entre el 20% y 30% de su población, seguido de Atlautla, Tepalcingo y Temoac con un 15% al 20%, los demás municipios tienen entre 10% y 15% de su población en extrema pobreza, exceptuando a Cuautla que su población con pobreza extrema es del 6.94% (Fig. 3.17).



Figura 3.17 Porcentaje de pobreza extrema en municipios de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONEVAL (2015)



3.2.5 Usos del agua

3.2.5.1 Uso del agua superficial.

El principal usuario de las aguas superficiales es el módulo General Eufemio Zapata Salazar A.C. incluido en el Distrito de Riego No.16 con un volumen total concesionado de 247.530 hm³, seguido de la Asociación de usuarios del canal de Tenango con un volumen de 7.755 hm³. En la cuenca se tiene el registro de un total de 146 usuarios distribuidos en los diferentes usos como lo muestra la tabla 3.8. (CONAGUA, 2021)



Tabla 3.8 Volumen concesionado de aguas superficiales, cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021).

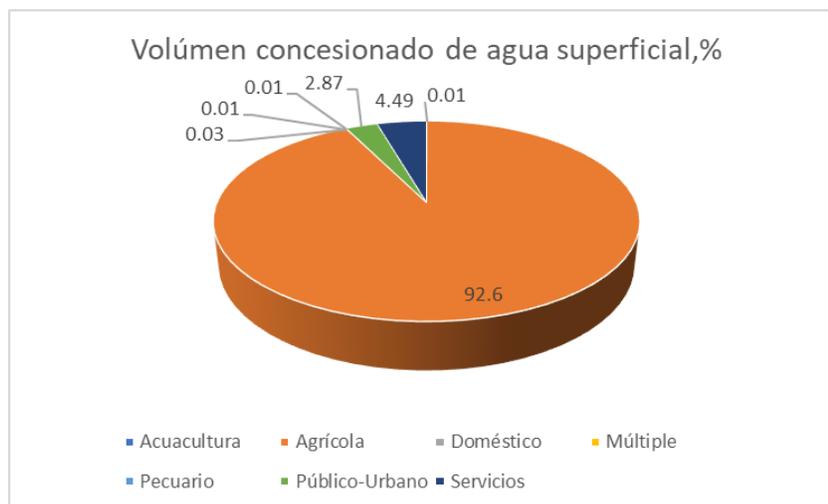
Uso agua superficial	Volumen Hm ³	%
Acuacultura	0.0212	0.01
Agrícola	275.371106	91.61
Doméstico	0.011826	0.00
Múltiple	0.194789074	0.06
Pecuario	0.02212284	0.01
Público-Urbano	10.52127278	3.50
Servicios	14.44320038	4.81
Total	300.5855171	100.00

El volumen concesionado de aguas superficiales se puede agrupar, (UNESCO, 2006) por lo que el total es de 300.58 hm³/año (Tabla 3.9). No se tiene registro que el sector industrial utilice el agua superficial.

Tabla 3.9 Volumen agrupado de aguas superficiales, Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2021)

Doméstico	Industrial	Agropecuario	Total
25.17108823	0	275.4144288	300.5855171

Figura 3.18 Volumen concesionado de agua superficial en la cuenca del río Cuautla, Elaboración propia con datos del CONAGUA, (2021)



3.2.5.2 Usos del agua subterránea.

Casi el 40% del volumen del agua subterránea es utilizada por el uso agrícola, el 48% es para el uso público urbano y el 10.67% para uso industrial. Los demás usos tienen un porcentaje mínimo en la cuenca.

Figura 3.19 Volumen concesionado de aguas subterránea en la cuenca del río Cuautla, elaboración propia con datos de CONAGUA (2021)

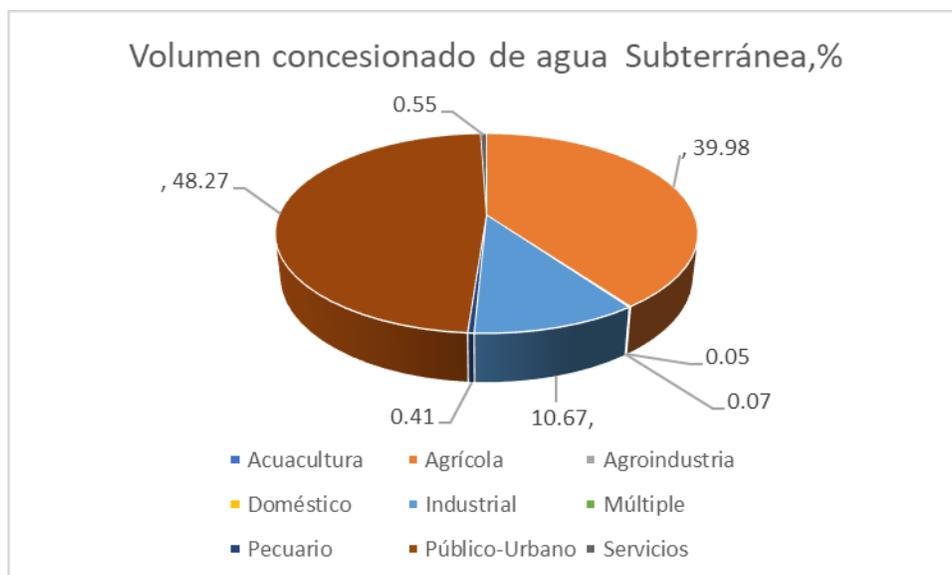


Tabla 3.10 Volumen y porcentaje de los diversos usos de agua Subterránea en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021).

Uso del agua	Volúmen Hm ³	%
Acuacultura	0	0.00
Agrícola	16.78	39.98
Agroindustria	0.02	0.05
Doméstico	0.03	0.07
Industrial	4.48	10.67
Múltiple	0	0.00
Pecuario	0.17	0.41
Público-Urbano	20.26	48.27
Servicios	0.23	0.55
Total	41.97	100.00



El volumen total agrupado de aguas subterráneas es de 41.97 hm³.

Tabla 3.11 Volumen agrupado de agua subterránea en la cuenca del río Cuautla, Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021)

Doméstico	Industrial	Agropecuario	Total hm ³
20.52	4.48	16.97	41.97

Los títulos de agua subterránea se enumeran en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Títulos de aguas subterráneas en la cuenca. Elaboración Propia con datos de CONAGUA (2021)

Acuífero	Títulos	Volumen Hm ³	%
Cuautla Yautepec	529	41.77	99.54
Tepalcingo-Axochiapan	2	0.04	0.1
Zacatepec	1	0.15	0.36
Total	532	41.96	100

3.2.5.3 Usos agrupados totales.

Finalmente, la suma de los volúmenes de las concesiones de agua subterránea y superficial agrupados en la cuenca del río Cuautla son 45.69 hm³ del uso doméstico (13.34%), 4.48 hm³ del uso industrial (1.3%) y 292.38 hm³ el uso agropecuario (85.35%), por lo que el total es de 342.56 hm³ (Tabla3.13).

Tabla 3.13 Volumen concesionado superficial y subterráneo en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021)

	Doméstico	Industrial	Agropecuario	Total hm ³ /año
Subterráneas	20.52	4.48	16.97	41.97
Superficiales	25.17	0.00	275.41	300.59
Totales hm³/año	45.69	4.48	292.38	342.56



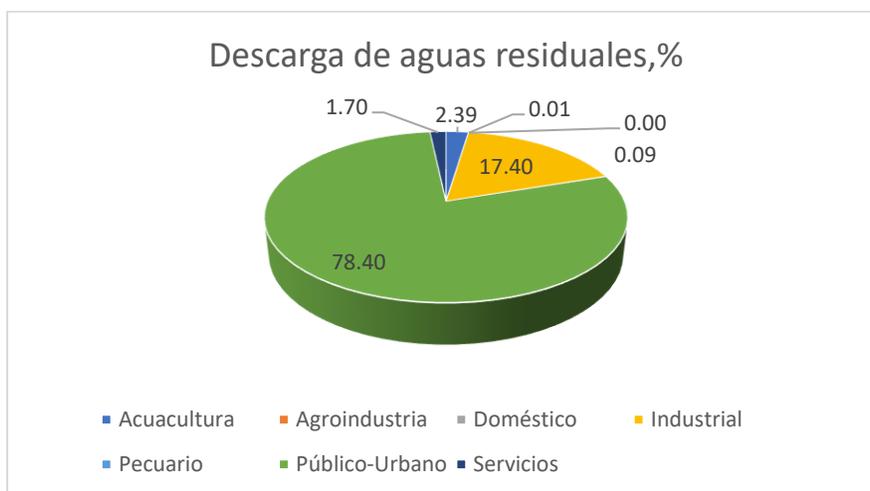
3.2.5.4 Descarga de aguas residuales

El uso público-urbano tiene el mayor número de títulos de descargas de agua residual, sus descargas constituyen el mayor volumen de agua residual en la cuenca, con 78.4% del total y 22.3 hm³/año, La descarga de agua industrial tiene un 17.4% con un volumen de 4.9 hm³/año. La agroindustria sólo representa un 0.01% (Tabla 3.14 y Fig. 3.20).

Tabla 3.14 Volumen y porcentaje de aguas residuales emitidas por los diferentes usos en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021).

Uso del agua	No.deTítulos	Volúmen Hm ³	%
Acuacultura	23	680,100.80	2.39
Agroindustria	1	2,754.00	0.01
Doméstico	1	88.00	0.00
Industrial	20	4,953,701.55	17.40
Pecuario	24	24,775.59	0.09
Público-Urbano	25	22,316,350.73	78.40
Servicios	25	485,231.99	1.70
Total	111	28,463,002.66	100.00

Figura 3.20 Porcentaje de los volúmenes de agua residual por uso en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2021)



El volumen agrupado de aguas residuales indica que el uso doméstico representa el 80% del volumen total con 22.8 hm³/año, el agua residual industrial representa el 17.4% con 4.96 hm³/año y el volumen agropecuario es mínimo con un 2.6% y un volumen de 0.70 hm³, (Tabla 3.15).



Tabla 3.15 Volumen agrupado de aguas residuales en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2021)

Doméstico	Industrial	Agropecuario	Total hm ³ /año
22,801,670.72	4,953,701.55	707,630.39	28,463,002.66

3.3 Tratamiento de agua.

Las cifras oficiales indican que en el 2012 la cuenca contaba con una cobertura en alcantarillado del 90.5%, (CONAGUA, 2012) por lo que se puede considerar un gran reto para el municipio lograr llegar al 100%, eliminar las descargas de agua residual al río y consecuentemente el tratamiento de estas aguas. Las plantas de tratamiento activas que se enumeran en el inventario nacional son básicamente las de los cuatro municipios cuya área territorial tiene mayor participación en la cuenca, Ayala, Cuautla, Yecapixtla y Ocuituco; mientras que los 3 municipios del estado de México que participan en la cuenca no registran ninguna planta de tratamiento. Las 10 plantas de tratamiento de la cuenca suman un caudal instalado de 864.5 l/seg pero se tratan sólo 501.3 l/seg (CONAGUA, 2019). El caudal de aguas residuales que se genera considerando los permisos de descarga domésticos es de 22.80167072 hm³ o 723.04 l/seg, por lo que el caudal que se tiene instalado pareciera ser suficiente para tratar esta agua.

Municipio	Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Cuerpo Receptor o Reuso
Ayala	Ciudad Ayala	Fraccionamiento Paseos de Ayala 2	Aerobio	10	1	Barranca sin nombre
Ayala	Loma Bonita	Loma Bonita 2	Anaerobio	1	0.3	Sin Información
Ayala	San Pedro Apatlaco	San Pedro Apatlaco	Dual	25	8	Canal de riego
Cuautla	Tepepa	Tepepa)	Aerobio	50	5	Barranca sin nombre
Cuautla	Calderón	Calderón	Lodos Activados	40	35	Cuautla
Cuautla	Cuautla	19 de Febrero	Lodos Activados	7.5	5	Barranca Atlatlahucan
Cuautla	Cuautla	Cuautla	Filtros Biológicos o Rociadores o percoladores	630	400	Río Cuautla



Cuautla	Cuautla	Norponiente	Anaerobio	42	8	Canal de riego (Casasano)
Cuautla	Cuautla	Santa Inés	Lodos Activados	18	28	Afluente al río Cuautla
Cuautla	Cuautla	Unidad habitacional Piedra Blanca	Filtros Biológicos o Rociadores o Percoladores	6	6	Río Cuautla
Yecapixtla	Yecapixtla	Yecapixtla	Aerobio	25	4	Barranca sin nombre
Ocuituco	Ocuituco	Ocuituco	Lodos Activados	10	1	Barranca sin nombre
Totales				864.5	501.3	

Tabla 3.16 Inventario de Plantas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2019)

3.4 Calidad del agua superficial.

La Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) asigna un código de 5 colores para los 8 indicadores de calidad del agua registrados y establece un semáforo que califica de forma general al sitio (Tabla 3.17). (CONAGUA, 2019 b)

Tabla 3.17 Clasificación de los indicadores de calidad del agua. Fuente: Conagua (2019b).

CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS SUPERFICIALES									
CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS LÓTICOS									
INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA				CALIFICACIÓN, CÓDIGO DE COLORES Y ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA DEL INDICADOR			SEMAFORO		
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO		INCUMPLIMIENTO	COLOR DEL SEMÁFORO, EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR		
				EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE		CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
				AZUL	VERDE	AMARILLO	NARANJA	ROJO	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, 5 DÍAS	DBO_TOT	DBO	mg/L	DBO≤3	3<DBO≤6	6<DBO≤30	30<DBO≤120	DBO>120	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO_TOT	DQO	mg/L	DQO≤10	10<DQO≤20	20<DQO≤40	40<DQO≤200	DQO>200	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	SST	mg/L	SST≤25	25<SST≤75	75<SST≤150	150<SST≤400	SST>400	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	COLI_FEC	CF	NMP/100 mL	CF≤100	100<CF≤200	200<CF≤1000	1000<CF≤10000	CF>10000	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	E_COLI	EC	NMP/100 mL	EC≤200	250<EC≤500	500<EC≤1000	1000<EC≤10000	EC>10000	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTUO	OD_%	OD	%	70<OD≤110	90<OD≤70 Y 110<OD≤120	30<OD≤50 Y 120<OD≤130	10<OD≤30 Y 130<OD≤150	OD≤10 Y OD>150	AMARILLO
				NO TÓXICO	TOXICIDAD BAJA		TOXICIDAD MODERADA	TOXICIDAD ALTA	
TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA, 48 h	TOX_D_48_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1≤TA<1.33		1.33<TA< 5	TA>= 5	ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISHERI, 15 min	TOX_V_15_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1≤TA<1.33		1.33<TA< 5	TA>= 5	ROJO
CUMPLE CON TODOS LOS INDICADORES									VERDE

Mediante estas calificaciones asignadas, la calidad del agua en la parte norte de la cuenca va de excelente a buena calidad, pero cuando llega a la población de Yecapixtla, cambia a fuertemente contaminada, calificación dada por los parámetros DQO, Coliformes Fecales y Escherichia Coli. Del lado oriente, baja el dren de la barranca Santa María; el punto antes de la



descarga de la empresa textil Burlington está en verde y el punto posterior a ella está en Rojo y continua así hasta que se une y se diluye con los manantiales de Cuautla, de ahí en adelante el río permanece con contaminación bacteriana hasta la parte sur de la cuenca. Los sitios monitoreados en la cuenca son once y los resultados se reportan en el SINA (Sistema Nacional de Información del Agua) (Tabla 3.18, Fig. 3.21).

Tabla 3.18 Sitios de Monitoreo en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2019b)

ID	CLAVE	NOMBRE	MUNICIPIO	COLOR	CONTAMINANTES
1	OCBAL2799	RÍO CUAUTLA-YECAPIXTLA	Yecapixtla	ROJO	DQO,COL_FEC,E_CO LI
2	OCBAL2800	BARRANCA SANTA MARÍA	Yecapixtla	ROJO	DQO,COL_FEC,E_CO LI
3	OCBAL2801	BURLINGTON YECAPIXTLA, S.A. DE C.V., AGUAS ARRIBA	Yecapixtla	VERDE	NO
4	OCBAL2802	BURLINGTON YECAPIXTLA, S.A. DE C.V., AGUAS ABAJO	Yecapixtla	ROJO	DQO
5	OCBAL2803	RÍO CUAUTLA, AGUAS ARRIBA PTAR CUAUTLA	Cuautla	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
6	OCBAL2804M 1	RÍO CUAUTLA, ABAJO PTAR CUAUTLA	Ayala	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
7	OCBAL2806	RÍO CUAUTLA AYALA	Ayala	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
8	OCBAL2808	RÍO CUAUTLA-PAPAYOS	Ayala	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
9	OCBAL2811	RÍO CUAUTLA-SAN VICENTE	Ayala	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
10	OCBAL2812	RÍO CUAUTLA-CHINAMECA	Ayala	AMARILL O	COL_FEC,E_COLI
11	OCBAL2815	RÍO CUAUTLA- TLAQUILTENANGO	Tlaquiltenang o	AMARILL O	COL_FEC



Figura 3.21 Calidad del agua en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021)



3.5 Uso de suelo.

En un área de 1,177 km² se distribuyen 27 diferentes usos de suelo. El uso que ocupa el mayor porcentaje es el de agricultura de temporal anual con 456.97 km² seguida del área de agricultura de riego anual y semipermanente con 140.93 km². En tercer lugar, se encuentra la región de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, con un área de 181.09 km² y el cuarto lugar es ocupado por el uso Urbano construido con 85.7 km² (Tabla 3.19 y fig. 3.22).



USO DE SUELO	SUMA DE ÁREAS (Km ²)
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	45.862096
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y PERMANENTE	0.772135
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	140.939239
AGRICULTURA DE RIEGO PERMANENTE	0.991238
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	4.279746
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	456.970244
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE	55.781798
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y SEMIPERMANENTE	1.003053
AGUA	0.574815
BOSQUE DE ENCINO	0.857528
BOSQUE DE ENCINO-PINO	12.904306
BOSQUE DE OYAMEL	13.696225
BOSQUE DE PINO	27.850378
BOSQUE DE PINO-ENCINO	1.428026
PASTIZAL INDUCIDO	33.203636
PRADERA DE ALTA MONTAÑA	3.655566
SIN VEGETACIÓN APARENTE	8.395667
URBANO CONSTRUIDO	85.689144
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO	10.889886
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO	0.539581
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO	6.442281
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	43.060995
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	17.622301
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO	4.719042
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO	9.426866
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO	4.49221
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	181.098495
Total general	1173.146497

Tabla 3.19 Área ocupada por los distintos usos de suelo en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONABIO (2008)



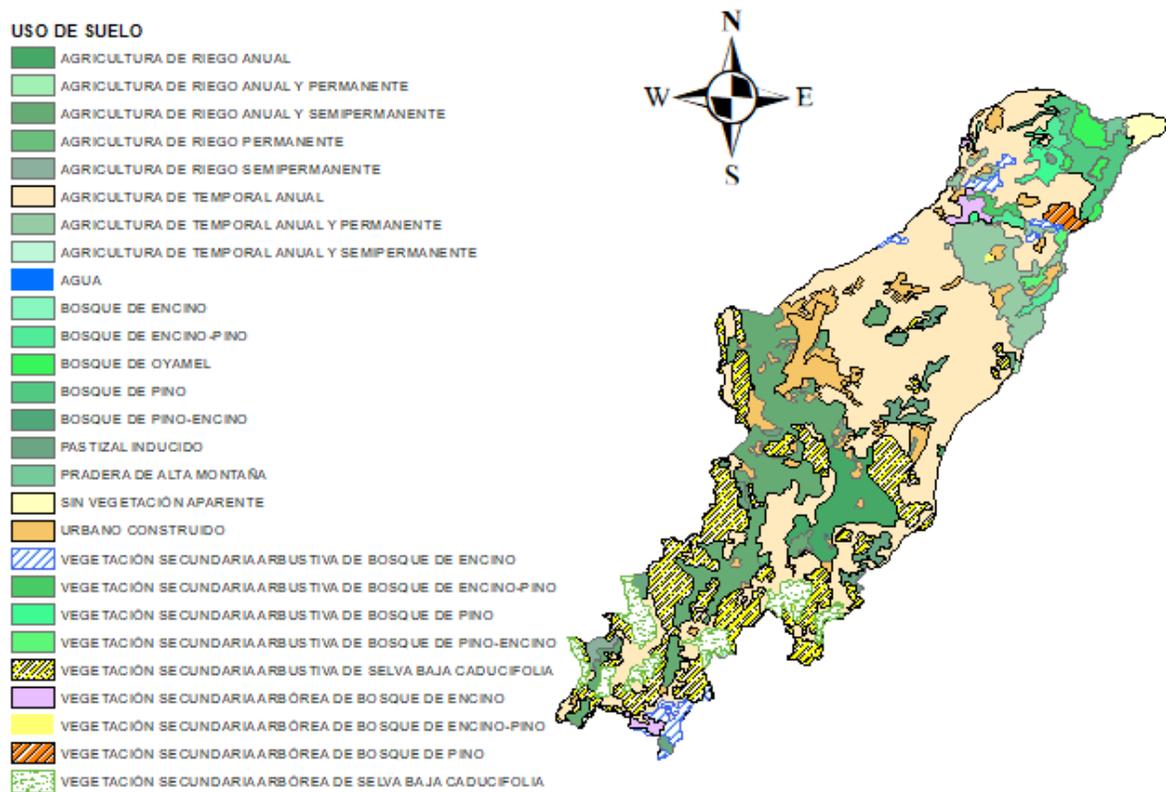


Figura 3.22 Uso de suelo en la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONABIO (2008)

3.6 Organización Agrícola en la cuenca del río Cuautla.

El estado de Morelos tiene una superficie total regada de 23,007 hectáreas (CONAGUA, 2021). La superficie ocupada por los Distritos de Riego en el estado es de 3.48% y a las Unidades de Riego les corresponde un 4.78%.

Como se puede apreciar en la figura 3.23, el Distrito de Riego 16 (DR16) se estableció en gran parte de la cuenca del río Cuautla y abarca el 14.5% de la superficie de la cuenca mientras que las Unidades de Riego (UR) sólo ocupan el 4.12% de ella.



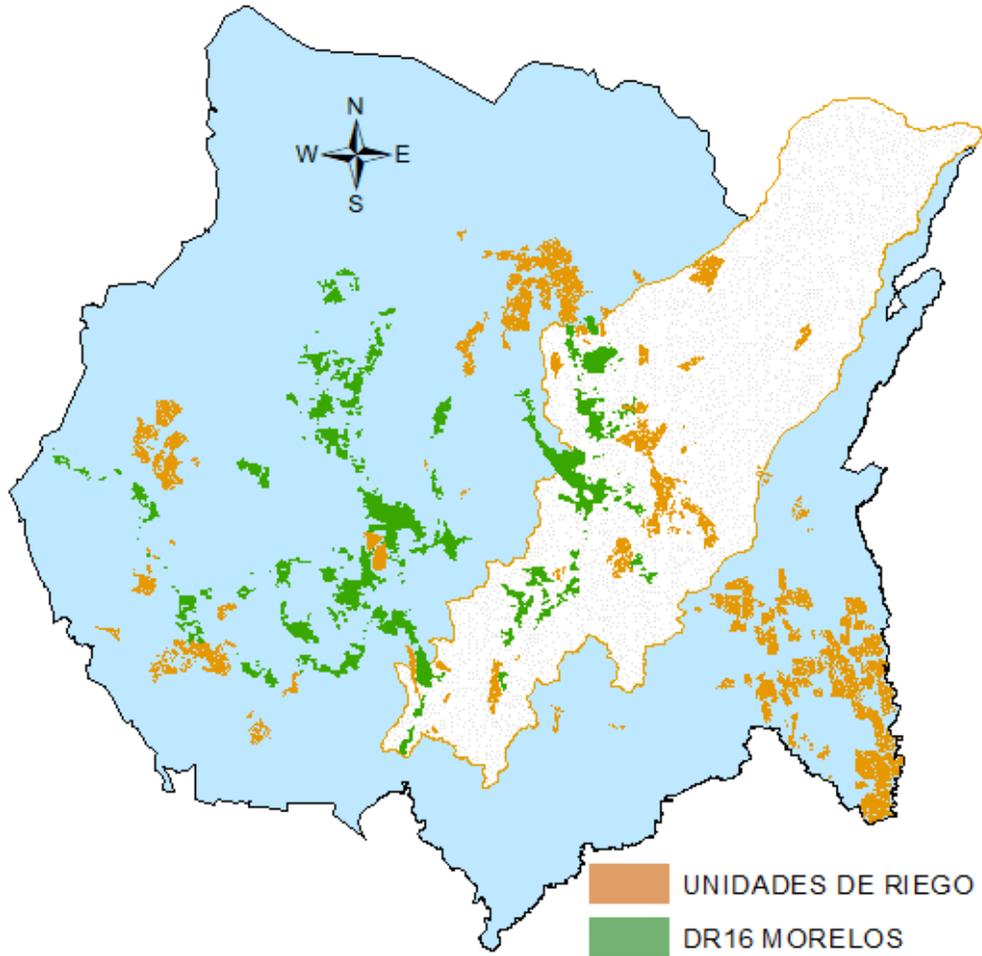


Figura 3.23. Unidades y Distritos de Riego en Morelos y la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos extraídos de: CONAGUA,2021.

El

60.23% del territorio de la cuenca es ocupado por el sector agrícola, del cual se tiene un área del 16.4% de cultivos de riego y un 43.79% de temporal (Fig.3.24) Los 192.84 Km² de siembra de riego hacen uso del agua superficial del Río Cuautla con un volumen de 292.38 hm³/año (Fig. 3.24).



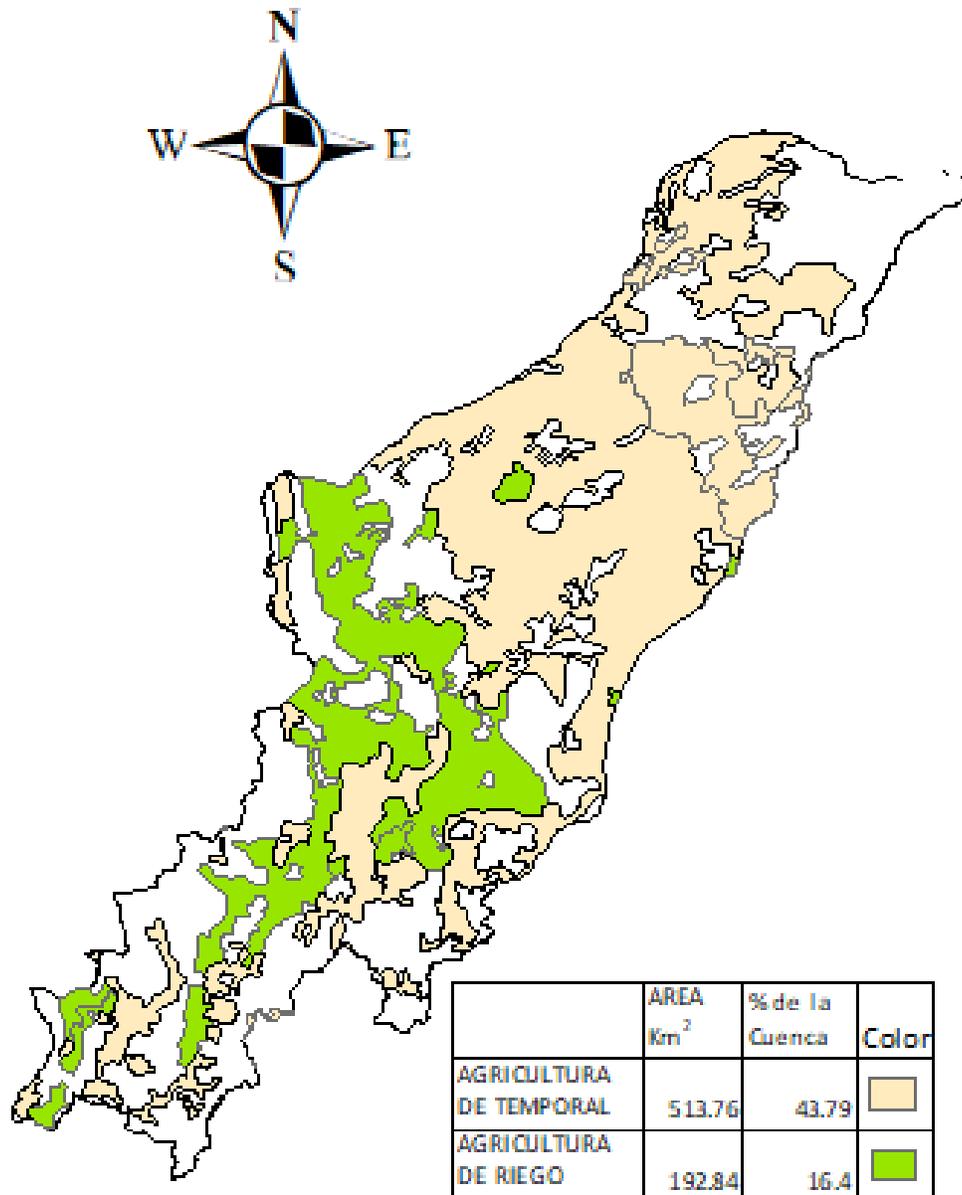


Figura 3.24 Agricultura de temporal y de riego en la cuenca del río Cuautla

(CONABIO, 2008). Los campos de riego hacen uso del agua superficial del Río Cuautla con un volumen de 292.38 hm³/año y algunos de los actores que participan en la cuenca en este uso son: ASURCO (Asociación de Usuarios del Río Cuautla), ejidatarios, propietarios y los ingenios azucareros. (Pimentel y Palerm, 1998)





Las áreas de siembra que están distribuidas en ejidos tienen la posesión del derecho de riego y comparten infraestructura común “mediante canales generales, canales laterales y ramales”. (Avalos y Palerm, 2003) Los ejidos se agrupan en Asambleas, las cuales agrupan a los ejidos que usan el mismo canal general. Se tiene conocimiento que la Asociación de Usuarios, integra 30 ejidos y 12 propiedades rurales.

La Asociación de usuarios del río Cuautla es un actor importante en el manejo del agua en la cuenca. Desde 1953 la cuenca del Cuautla se integró al DR016, anteriormente la administración estaba a cargo de las juntas de agua. En 1994 se transfiere el DR a los usuarios, constituyéndose la Asociación de Usuarios de Riego. De esta forma los usuarios adoptan la responsabilidad de la distribución, mantenimiento y conservación de la red secundaria y el DR sólo se encarga del control de las “obras de cabecera” y de la definición de los aspectos normativos. (Avalos y Palerm, 2003)

3.7 Cultivos en la cuenca del río Cuautla.

Los cultivos a lo largo de la cuenca varían de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar, la temperatura y la precipitación. En la parte alta de la cuenca encontramos cultivos como, peral, durazno, tejocote, capulín, nuez de castilla, limón, higuera y aguacate, cultivos que soportan las temperaturas bajas del invierno y las condiciones de humedad. De la misma manera se cultivan cereales como la avena, cebada forrajera y maíz, con rendimientos regulares. Además, se siembran hortalizas como el jitomate y cebolla que ofrecen rendimientos regulares y que son sembrados a pequeña escala ayudados con el riego. (Gómez, 2015)

En la parte media de la cuenca, a la altura del municipio de Yecapixtla y Cuautla, los cultivos que figuran son: El limón, sandía, guayabo, ciruela roja, guamúchil, higo durazno y nuez. Entre los cereales están el maíz y el sorgo



con buenos rendimientos; además de la caña de azúcar y las plantas ornamentales y especialmente en la zona de manantiales, en el municipio de Cuautla, se cultiva el berro, aunque esta hortaliza no figura en las estadísticas estatales, sin embargo, su producción se remonta a la década de 1940 (Medellín et al, 2020). Las hortalizas cultivadas son: el jitomate, tomate, chile, jícama camote y pepino. Mucho del cereal sembrado es de temporal, no así los frutales y las hortalizas que utilizan el riego.

Por último, al sur de la cuenca se cultiva el maíz, la caña, el arroz, cacahuete, sorgo, jícama y frijol, así como pastos llaneros; en cuanto a hortalizas se cultiva el jitomate y la cebolla.

En el periodo del 2017-2018 mediante una ponderación de los cultivos de cada municipio se calculó una producción de 386,951.50 toneladas en la cuenca (tabla 3.20), (CONAGUA, 2019 c).

Tabla 3.20 PRODUCCIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO CUAUTLA. Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2019 c

Estadística agrícola estatal por municipio, Año agrícola 2017-2018							Ponderación por municipio
Ciclo agrícola	Municipio	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)	FACTOR DE CUENCA	Producción del municipio(t)	Producción de la Cuenca (t)
Total general		17,163.61	16,988.41	2,722.70		1,139,992.24	386,951.50
Otoño - Invierno		5,820.00	5,820.00	361.69		114,368.23	56,247.69
	Atlatlahuacan	107.90	107.90	42.87	0.2003	4,625.24	926.53
	Ayala	2,316.95	2,316.95	19.66	0.7196	45,550.67	32,777.64
	Cuautla	568.54	568.54	22.56	0.8567	12,826.21	10,988.75
	Jantetelco	200.60	200.60	12.82	0.0686	2,570.69	176.42
	Jojutla	376.31	376.31	9.96	0.0011	3,748.93	4.08
	Jonacatepec	863.40	863.40	16.81	0.2433	14,513.56	3,531.00
	Temoac	9.20	9.20	15.41	0.2620	141.74	37.14
	Tepalcingo	789.41	789.41	20.31	0.2391	16,030.00	3,833.43
	Tetela del Volcán	19.80	19.80	83.22	0.4908	1,647.78	808.77
	Tlaltizapán de Zapata	93.00	93.00	8.03	0.2385	746.70	178.06
	Tlaquiltenango	148.64	148.64	13.05	0.2327	1,939.68	451.39
	Yautepec	268.6	268.6	27.59	0.0071	7410.59	52.61
	Yecapixtla	45.10	45.10	53.63	1.0000	2,418.57	2,418.57



Estadística agrícola estatal por municipio, Año agrícola 2017-2018							Ponderación por municipio
Ciclo agrícola	Municipio	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)	FACTOR DE CUENCA	Producción del municipio(t)	Producción de la Cuenca (t)
	Zacualpan	12.55	12.55	15.77	0.3198	197.87	63.29
Primavera - Verano		8,141.11	8,141.11	922.13		205,897.62	88,201.27
	Atlatlahucan	38.00	38.00	50.12	0.2003	1,904.54	381.52
	Ayala	2,739.50	2,739.50	20.44	0.7196	56,000.28	40,297.03
	Cuautla	782.46	782.46	26.19	0.8567	20,494.46	17,558.46
	Jantetelco	718.00	718.00	20.52	0.0686	14,734.50	1,011.17
	Jojutla	519.70	519.70	35.38	0.0011	18,389.01	20.00
	Jonacatepec	673.00	673.00	19.37	0.2433	13,038.70	3,172.19
	Ocuituco	15.50	15.50	198.68	1.0000	3,079.50	3,079.50
	Temoac	73.00	73.00	108.38	0.2620	7,912.02	2,073.07
	Tepalcingo	1,128.58	1,128.58	26.84	0.2391	30,294.11	7,244.57
	Tetela del Volcán	25.00	25.00	57.32	0.4908	1,433.00	703.35
	Tlaltizapán de Zapata	466.17	466.17	15.86	0.2385	7,391.30	1,762.56
	Tlaquiltenango	452.00	452.00	14.49	0.2327	6,549.43	1,524.16
	Yautepec	401.7	401.7	22.4	0.0071	8999.42	63.90
	Yecapixtla	35.50	35.50	177.90	1.0000	6,315.50	6,315.50
	Zacualpan	73.00	73.00	128.24	0.3198	9,361.85	2,994.28
Perennes		3,203	3,027	1,439		819,726	242,503
	Atlatlahucan	2.5	2.00	10.6	0.2003	21.20	4.25
	Ayala	845.17	842.17	210.95	0.7196	177,657.44	127,839.85
	Cuautla	273.51	269.01	294.33	0.8567	79,178.16	67,835.25
	Jantetelco	325.3	250.60	92.66	0.0686	23,220.70	1,593.54
	Jojutla	334.67	334.17	259.97	0.0011	86,875.20	94.50
	Jonacatepec	105.6	76.60	24.49	0.2433	1,876.00	456.41
	Temoac	9.1	9.10	16.2	0.2620	147.39	38.62
	Tepalcingo	318.62	275.12	90.17	0.2391	24,806.00	5,932.14
	Tetela del Volcán	161	161.00	8.17	0.4908	1,315.92	645.89
	Tlaltizapán de Zapata	526.06	524.06	280.56	0.2385	147,031.46	35,061.83
	Tlaquiltenango	41.97	39.97	24.26	0.2327	969.69	225.66
	Yautepec	2 486.30	2 430.00	113.11	0.0071	274,855.10	1,951.45
	Yecapixtla	71.5	70.50	5.35	1.0000	376.90	376.90
	Zacualpan	187.5	173.00	8.06	0.3198	1,395.23	446.25



3.8 Baja eficiencia en el riego en la cuenca del río Cuautla.

En las Estadísticas agrícolas de las Unidades de Riego correspondientes al año agrícola 2017-2018 se enlistan los cultivos de cada municipio y por organismo de cuenca. Considerando el volumen necesario de agua por cultivo que señala UNESCO (2006) para cada tipo de planta y haciendo una ponderación por el área de cada municipio que participa en la cuenca del río Cuautla, se obtiene que el área sembrada es de 16,063.42 hectáreas donde se utilizó un volumen de agua de 34.162 hm³ que produjeron 350,393.52 toneladas de productos, los cuales aportaron un beneficio monetario de \$937,014,805.02 ese año agrícola (Tabla 3.21). La eficiencia calculada de esta forma sería de 10.26 kg/m³. Pero tomando en cuenta que la concesión de agua para el uso agrícola de la cuenca es de 292.38 hm³. La eficiencia sólo llega a 1.2 kg/m³ por año. Tomando en cuenta los volúmenes de agua concesionado, así como los volúmenes por cultivo sugerido en la tabla, la eficiencia del método de riego utilizado apenas llega al 11.68%, valor extremadamente bajo comparado al valor teórico por surcos que es de 35%.

Tabla 3.21 Estimación del volumen de agua requerido por tipo de cultivo en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2019c).

No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO, 2006) m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
				16,063.42	7,370.82		34,162,725.29	350,393.52	937,014,805.02
1	AGUACATE	Tetela del Volcán	4900	157.00	77.06	0.49	377,592.92	639.04	7,593,627.48
		Yecapixtla	4900	17.00	17.00	1.00	83,300.00	140.59	1,743,304.75
		Zacualpan	4900	105.00	33.58	0.32	164,557.04	244.34	2,847,199.12
2	ALBAHACA	Ayala	5700	15.30	11.01	0.72	62,755.12	88.08	447,323.77
		Jonacatepec	5700	3.50	0.85	0.24	4,853.64	6.81	30,997.74
3	ALFALFA VERDE	Ayala	5700	33.50	24.11	0.72	137,405.00	2,049.02	1,807,688.11
		Jojutla	5700	7.00	0.01	0.00	43.40	0.71	602.27
		Jonacatepec	5700	8.60	2.09	0.24	11,926.08	178.89	159,189.87
		Tepalcingo	5700	2.50	0.60	0.24	3,407.76	51.30	45,272.65
		Tlaltizapán de Zapata	5700	6.00	1.43	0.24	8,155.50	131.63	111,665.22





No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO ,2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
4	ARROZ PALAY	Ayala	3600	6.23	4.48	0.72	16,138.88	28.43	167,149.25
		Cuautla	3600	87.72	75.15	0.86	270,552.26	503.49	3,219,044.00
		Jojutla	3600	7.07	0.01	0.00	27.69	0.04	256.57
		Tlaltizapán de Zapata	3600	2.83	0.67	0.24	2,429.48	3.57	23,725.25
5	CACAHUATE	Jantetelco	5400	42.00	2.88	0.07	15,564.37	6.92	112,755.19
		Temoac	5400	6.00	1.57	0.26	8,489.31	2.99	44,804.69
		Tlaltizapán de Zapata	5400	11.00	2.62	0.24	14,164.81	5.01	54,083.81
6	CAFÉ CEREZA	Temoac	4900	2.60	0.68	0.26	3,338.08	1.00	4,253.83
		Yecapixtla	4900	20.00	20.00	1.00	98,000.00	26.55	111,510.00
		Zacualpan	4900	4.00	1.28	0.32	6,268.84	1.69	7,109.63
7	CALABACITA	Atlatlahucan	5700	25.50	5.11	0.20	29,116.43	78.19	313,107.92
		Ayala	5700	271.01	195.02	0.72	1,111,585.93	2,795.79	10,193,241.79
		Cuautla	5700	64.79	55.51	0.86	316,397.38	1,018.90	1,214,668.51
		Jantetelco	5700	61.70	4.23	0.07	24,135.06	58.88	230,195.34
		Jonacatepec	5700	25.00	6.08	0.24	34,668.83	92.69	544,712.43
		Temoac	5700	4.50	1.18	0.26	6,720.70	16.51	66,145.83
		Tepalcingo	5700	84.10	20.11	0.24	114,637.15	314.49	1,301,243.79
		Tlaquiltenango	5700	10.15	2.36	0.23	13,463.77	39.34	131,130.56
		Yecapixtla	5700	8.00	8.00	1.00	45,600.00	110.80	342,950.38
		Zacualpan	5700	16.20	5.18	0.32	29,533.91	64.38	238,692.70
8	CAMOTE	Jantetelco	5700	21.50	1.48	0.07	8,410.11	15.43	83,464.86
		Yecapixtla	5700	7.00	7.00	1.00	39,900.00	77.00	355,944.05
9	CAÑA DE AZUCAR	Ayala	5700	436.46	314.07	0.72	1,790,202.55	121,423.68	111,048,024.81
		Cuautla	5700	196.61	168.44	0.86	960,131.04	66,898.92	63,348,594.82
		Jantetelco	5700	270.00	18.53	0.07	105,615.34	1,549.23	1,498,106.30
		Jojutla	5700	252.60	0.27	0.00	1,566.17	91.99	32,527.13
		Jonacatepec	5700	32.00	7.79	0.24	44,376.10	102.67	99,341.94
		Tepalcingo	5700	73.36	17.54	0.24	99,997.40	5,059.57	4,534,033.98
10	CEBOLLA	Ayala	5700	593.09	426.78	0.72	2,432,642.70	12,113.03	38,713,594.36
		Cuautla	5700	143.17	122.66	0.86	699,160.57	3,571.37	13,500,999.65
		Jantetelco	5700	43.00	2.95	0.07	16,820.22	81.80	447,177.11
		Jonacatepec	5700	134.00	32.60	0.24	185,824.92	887.77	3,989,359.84
		Temoac	5700	13.00	3.41	0.26	19,415.37	85.89	462,483.48
		Tepalcingo	5700	257.55	61.59	0.24	351,067.76	1,801.60	6,593,682.67
		Tlaltizapán de Zapata	5700	15.24	3.63	0.24	20,714.96	92.27	356,899.95
		Tlaquiltenango	5700	28.74	6.69	0.23	38,123.02	199.90	617,952.30





No	Cultivo	Municipio	(UNESCO ,2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
		Zacualpan	5700	9.30	2.97	0.32	16,954.65	72.90	402,111.46
11	CHICHARO	Tetela del Volcán	5400	8.50	4.17	0.49	22,528.94	15.65	104,435.25
12	CHILACAYOTE	Tetela del Volcán	5400	17.00	8.34	0.49	45,057.88	97.20	363,589.93
		Zacualpan		4.30	1.38	0.32	0.00	17.08	73,705.96
13	CHILE VERDE	Atlatlahucan	5400	9.50	1.90	0.20	10,276.39	13.82	71,744.40
		Ayala	5400	4.00	2.88	0.72	15,543.06	123.77	1,119,676.04
		Tepalcingo	5400	5.50	1.32	0.24	7,102.50	56.69	572,553.23
		Yecapixtla	5400	5.50	5.50	1.00	29,700.00	41.00	357,624.96
14	CILANTRO	Ayala	5400	55.50	39.94	0.72	215,660.01	621.36	3,259,358.28
		Cuautla	5400	9.90	8.48	0.86	45,801.43	152.04	921,681.32
15	EJOTE	Atlatlahucan	5400	3.00	0.60	0.20	3,245.17	6.37	15,729.89
		Ayala	5400	761.20	547.75	0.72	2,957,844.97	6,167.28	62,275,517.12
		Cuautla	5400	122.31	104.79	0.86	565,855.80	1,177.26	11,598,343.13
		Jantetelco	5400	160.50	11.01	0.07	59,478.11	110.96	983,481.12
		Jonacatepec	5400	142.00	34.55	0.24	186,554.79	348.25	3,116,468.48
		Temoac	5400	2.00	0.52	0.26	2,829.77	4.82	28,486.37
		Tepalcingo	5400	167.84	40.14	0.24	216,742.34	458.61	4,629,479.88
		Zacualpan	5400	4.00	1.28	0.32	6,908.52	9.60	77,912.72
16	FRIJOL	Atlatlahucan	5400	3.10	0.62	0.20	3,353.35	0.81	10,741.07
		Jantetelco	5400	26.50	1.82	0.07	9,820.37	2.80	32,628.20
		Jonacatepec	5400	15.20	3.70	0.24	19,969.25	5.73	74,881.26
		Temoac	5400	3.50	0.92	0.26	4,952.10	1.39	14,138.37
		Yecapixtla	5400	2.10	2.10	1.00	11,340.00	2.31	24,862.07
17	GIRASOL	Atlatlahucan	5700	1.50	0.30	0.20	1,712.73	0.85	101,543.66
18	GLADIOLA	Atlatlahucan	5700	7.50	1.50	0.20	8,563.65	76.29	416,624.10
		Ayala	5700	109.50	78.79	0.72	449,129.77	4,371.11	25,413,430.87
		Cuautla	5700	180.00	154.21	0.86	879,017.28	8,651.76	45,030,494.48
19	GRANADA	Zacualpan	4900	16.00	5.12	0.32	25,075.36	26.39	211,093.58
20	GUAJE	Ayala	4900	150.51	108.30	0.72	530,694.15	1,606.40	6,501,439.85
		Cuautla	4900	18.08	15.49	0.86	75,900.49	197.23	805,142.53
		Jojutla	4900	3.33	0.00	0.00	17.75	0.05	179.13
		Tepalcingo	4900	8.94	2.14	0.24	10,475.82	22.84	90,987.63
		Tlaltizapán de Zapata	4900	16.17	3.86	0.24	18,894.28	58.87	202,440.80
		Tlaquiltenango	4900	7.61	1.77	0.23	8,677.74	22.18	75,759.64
21	GUAYABA	Tlaltizapán de Zapata	4900	3.00	0.72	0.24	3,505.43	6.80	40,777.48



No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO ,2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
22	HIGO	Ayala	4900	150.00	107.94	0.72	528,895.91	733.98	27,103,216.45
		Cuautla	4900	22.00	18.85	0.86	92,356.79	124.40	4,445,188.23
		Jantetelco	4900	16.00	1.10	0.07	5,380.27	7.47	260,756.67
		Jojutla	4900	18.00	0.02	0.00	95.94	0.12	4,243.88
		Jonacatepec	4900	9.00	2.19	0.24	10,729.09	13.23	470,912.14
		Tepalcingo	4900	132.00	31.57	0.24	154,676.58	192.51	7,001,817.60
		Tlaltizapán de Zapata	4900	3.00	0.72	0.24	3,505.43	4.44	159,995.55
		Yecapixtla	4900	30.00	30.00	1.00	147,000.00	168.00	5,871,240.48
23	JAMAICA	Cuautla	5700	9.00	7.71	0.86	43,950.86	7.40	353,097.65
24	JATROPHA	Ayala	5700	6.00	4.32	0.72	24,609.85	17.27	51,893.63
25	JICAMA	Ayala	5700	62.26	44.80	0.72	255,368.21	1,469.86	7,557,226.58
		Cuautla	5700	12.86	11.02	0.86	62,800.90	363.04	1,735,392.24
		Jojutla	5700	62.26	0.07	0.00	386.02	2.15	10,177.30
		Tepalcingo	5700	14.21	3.40	0.24	19,369.73	113.51	602,925.08
		Tlaltizapán de Zapata	5700	200.49	47.81	0.24	272,515.89	1,290.82	5,856,161.71
		Tlaquiltenango	5700	164.62	38.31	0.23	218,365.06	1,052.27	4,805,509.35
26	LIMÓN	Atlatlahucan	4900	2.50	0.50	0.20	2,453.91	4.25	32,063.12
		Cuautla	4900	9.35	8.01	0.86	39,251.63	68.38	207,922.92
		Jantetelco	4900	28.70	1.97	0.07	9,650.87	6.36	30,408.19
		Jojutla	4900	5.43	0.01	0.00	28.94	0.07	306.39
		Jonacatepec	4900	10.00	2.43	0.24	11,921.21	25.06	118,401.92
		Tlaltizapán de Zapata	4900	60.35	14.39	0.24	70,517.61	165.71	1,227,278.65
		Tlaquiltenango	4900	0.60	0.14	0.23	684.18	1.64	6,558.48
		Yecapixtla	4900	4.50	4.50	1.00	22,050.00	41.76	244,152.76
27	LITCHI	Cuautla	5700	7.50	6.43	0.86	36,625.72	39.41	273,640.70
28	MAIZ GRANO	Ayala	3600	2,895.00	2,083.20	0.72	7,499,528.11	40,093.55	84,878,442.12
		Cuautla	3600	419.50	359.40	0.86	1,293,851.74	5,643.83	11,223,095.88
		Jantetelco	3600	253.00	17.36	0.07	62,504.52	319.11	513,857.56
		Jojutla	3600	205.00	0.22	0.00	802.76	1.10	3,644.93
		Jonacatepec	3600	957.20	232.88	0.24	838,357.97	3,847.22	8,518,752.10
		Temoac	3600	18.20	4.77	0.26	17,167.27	13.84	47,144.14
		Tepalcingo	3600	1,113.80	266.36	0.24	958,879.98	4,645.30	9,965,226.86
		Tlaltizapán de Zapata	3600	292.00	69.63	0.24	250,674.18	291.98	1,058,276.81
		Tlaquiltenango	3600	349.00	81.22	0.23	292,384.01	349.10	1,260,504.85
		Yecapixtla	3600	4.00	4.00	1.00	14,400.00	15.16	51,101.02





No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO ,2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
		Zacualpan	3600	10.60	3.39	0.32	12,205.05	13.27	47,745.89
29	MANDARINA	Cuautla	4900	5.40	4.63	0.86	22,669.39	74.02	214,665.27
		Jantetelco	4900	3.00	0.21	0.07	1,008.80	3.25	9,758.61
30	MANGO	Jojutla	4900	5.31	0.01	0.00	28.30	0.08	7.50
		Jonacatepec	4900	35.00	8.52	0.24	41,724.24	127.73	485,363.60
		Tlaltizapán de Zapata	4900	26.24	6.26	0.24	30,660.85	94.36	40,130.44
		Zacualpan	4900	5.00	1.60	0.32	7,836.05	8.81	97,318.72
31	NARANJA	Ayala	4900	23.00	16.55	0.72	81,097.37	335.33	1,275,105.16
		Jojutla	4900	38.00	0.04	0.00	202.54	1.17	2,360.66
		Tepalcingo	4900	64.80	15.50	0.24	75,932.14	245.12	1,045,374.69
		Tlaltizapán de Zapata	4900	12.00	2.86	0.24	14,021.73	78.98	149,684.39
		Tlaquiltenango	4900	16.00	3.72	0.23	18,244.91	102.39	207,458.23
32	NARDO	Ayala	5700	11.00	7.92	0.72	45,118.06	602.28	1,957,913.69
		Tepalcingo	5700	92.00	22.00	0.24	125,405.68	1,593.63	5,639,634.41
33	NOCHEBUENA	Cuautla	5700	16.00	13.71	0.86	78,134.87	730.90	21,449,806.65
34	NUEZ	Temoac	4900	4.00	1.05	0.26	5,135.51	3.54	103,491.38
		Tetela del Volcán	4900	4.00	1.96	0.49	9,620.20	6.85	197,315.37
		Zacualpan	4900	4.00	1.28	0.32	6,268.84	4.22	120,993.86
35	OCRA (ANGUO GOMBO)	Jojutla	5700	352.02	0.38	0.00	2,182.60	4.27	21,477.52
36	PÁPALO	Ayala	5700	68.00	48.93	0.72	278,911.64	733.98	1,960,653.40
		Tlaltizapán de Zapata	5700	2.00	0.48	0.24	2,718.50	6.32	17,441.31
37	PAPAYA	Cuautla	4900	10.07	8.63	0.86	42,274.22	230.28	1,709,854.00
		Tepalcingo	4900	13.71	3.28	0.24	16,065.27	129.55	949,066.53
		Tlaltizapán de Zapata	4900	21.09	5.03	0.24	24,643.19	154.16	620,588.67
		Tlaquiltenango	4900	8.63	2.01	0.23	9,840.85	62.17	264,754.02
38	PASTOS Y PRADERAS	Ayala	5700	3.70	2.66	0.72	15,176.07	35.68	28,502.78
39	PEPINO	Atlatlahucan	5700	53.50	10.72	0.20	61,087.40	190.27	971,943.11
		Ayala	5700	79.06	56.89	0.72	324,275.80	2,193.28	9,883,609.66
		Cuautla	5700	24.23	20.76	0.86	118,325.49	1,090.83	5,102,922.67
		Jantetelco	5700	71.10	4.88	0.07	27,812.04	192.38	923,821.10
		Jonacatepec	5700	76.50	18.61	0.24	106,086.62	376.61	1,831,073.39
		Ocuituco	5700	6.50	6.50	1.00	37,050.00	1,072.50	4,858,746.75
		Temoac	5700	10.00	2.62	0.26	14,934.90	432.33	1,953,067.15
		Tepalcingo	5700	53.60	12.82	0.24	73,062.44	852.30	4,611,686.19



No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO ,2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
		Tetela del Volcán	5700	5.50	2.70	0.49	15,387.41	404.78	1,889,927.68
		Yecapixtla	5700	8.00	8.00	1.00	45,600.00	465.30	2,224,292.20
		Zacualpan	5700	9.00	2.88	0.32	16,407.73	489.35	2,637,325.57
40	PLÁTANO	Tepalcingo	4900	11.30	2.70	0.24	13,241.25	81.07	280,828.31
41	RABANO	Cuautla	5700	9.00	7.71	0.86	43,950.86	146.50	1,025,520.15
		Tetela del Volcán	5700	5.30	2.60	0.49	14,827.87	67.32	540,589.48
42	ROSA	Temoac	5700	2.50	0.66	0.26	3,733.72	34.08	170,187.64
		Zacualpan	5700	2.00	0.64	0.32	3,646.16	33.28	163,170.65
43	SÁBILA	Ayala	5700	42.00	30.22	0.72	172,268.95	1,638.50	6,184,363.00
		Cuautla	5700	4.50	3.86	0.86	21,975.43	202.62	732,536.28
		Jantetelco	5700	7.60	0.52	0.07	2,972.88	27.23	104,598.32
		Jojutla	5700	5.00	0.01	0.00	31.00	0.31	1,536.73
		Tepalcingo	5700	12.00	2.87	0.24	16,357.26	150.18	546,139.69
		Tlaquiltenango	5700	1.00	0.23	0.23	1,326.48	13.03	64,527.30
44	SANDÍA	Tlaquiltenango	4900	6.00	1.40	0.23	6,841.84	25.55	111,152.00
45	SORGO FORRAJERO VERDE	Jojutla	3600	250.00	0.27	0.00	978.98	11.80	5,382.25
		Tlaquiltenango	3600	6.00	1.40	0.23	5,026.66	55.85	47,194.74
46	SORGO GRANO	Ayala	3600	110.10	79.23	0.72	285,215.21	406.49	1,347,512.83
		Cuautla	3600	33.70	28.87	0.86	103,939.94	148.16	491,437.71
		Jantetelco	3600	130.00	8.92	0.07	32,116.95	49.96	171,729.46
		Jojutla	3600	6.00	0.01	0.00	23.50	0.04	128.85
		Jonacatepec	3600	130.00	31.63	0.24	113,859.73	173.95	604,818.47
		Tepalcingo	3600	81.64	19.52	0.24	70,284.58	102.78	350,534.15
		Tlaltizapán de Zapata	3600	32.95	7.86	0.24	28,286.69	36.12	158,696.90
		Tlaquiltenango	3600	32.21	7.50	0.23	26,984.78	37.45	161,276.76
47	TAMARINDO	Jonacatepec	5700	11.00	2.68	0.24	15,254.28	8.83	30,026.77
		Tlaltizapán de Zapata	5700	4.00	0.95	0.24	5,437.00	3.82	14,001.62
48	TOMATE ROJO	Atlatlahucan	5700	39.50	7.91	0.20	45,101.91	933.58	7,495,627.74
		Ayala	5700	13.93	10.02	0.72	57,135.87	1,248.92	11,111,576.33
		Cuautla	5700	9.62	8.24	0.86	46,978.59	2,725.73	27,025,644.56
		Jantetelco	5700	32.00	2.20	0.07	12,517.37	281.28	2,648,086.92
		Jojutla	5700	12.61	0.01	0.00	78.18	4.66	50,652.25
		Jonacatepec	5700	33.00	8.03	0.24	45,762.85	893.12	8,662,428.83
		Ocuituco	5700	9.00	9.00	1.00	51,300.00	2,007.00	20,021,390.46
		Temoac	5700	25.00	6.55	0.26	37,337.24	1,552.44	16,760,813.87





No.	Cultivo	Municipio	(UNESCO, 2006)m ³ /ha/año*	Superficie sembrada MUNICIPIOS (ha)	Superficie sembrada CUENCA (ha)	Factor de cuenca	Volúmen a emplear m ³ /año	Producción en la cuenca (t)	PMR EN LA CUENCA (\$/t)
		Tepalcingo	5700	35.17	8.41	0.24	47,940.41	1,076.73	10,599,296.75
		Tetela del Volcán	5700	8.50	4.17	0.49	23,780.55	927.17	6,314,566.29
		Tlaltizapán de Zapata	5700	2.65	0.63	0.24	3,602.01	214.54	2,321,440.87
		Tlaquiltenango	5700	2.65	0.62	0.23	3,515.17	210.30	2,264,543.76
		Yecapixtla	5700	46.00	46.00	1.00	262,200.00	8,022.50	61,793,787.60
		Zacualpan	5700	32.15	10.28	0.32	58,612.05	2,391.00	27,142,123.28
49	TOMATE VERDE	Atlatlahucan	5700	2.80	0.56	0.20	3,197.10	7.85	47,263.38
		Ayala	5700	1.26	0.91	0.72	5,168.07	17.47	49,754.62
		Cuautla	5700	4.19	3.59	0.86	20,461.57	65.92	244,737.36
		Jantetelco	5700	64.30	4.41	0.07	25,152.10	60.83	384,586.89
		Jojutla	5700	1.05	0.00	0.00	6.51	0.02	135.48
		Jonacatepec	5700	20.00	4.87	0.24	27,735.06	71.04	426,655.45
		Tepalcingo	5700	12.58	3.01	0.24	17,147.86	62.37	323,091.95
		Tlaquiltenango	5700	1.26	0.29	0.23	1,671.36	5.79	32,268.76
50	TORONJA POMELO	Tlaltizapán de Zapata	4900	4.00	0.95	0.24	4,673.91	24.80	64,480.88
51	VERDOLAGA	Cuautla	5700	205.00	175.63	0.86	1,001,103.01	2,550.09	8,599,829.99
52	XEMPOALXO CHITL	Jantetelco	5700	13.00	0.89	0.07	5,085.18	7.23	57,810.50





CAPITULO IV



DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CUAUTLA

4.1 Disponibilidad de agua subterránea.

La disponibilidad del agua subterránea es calculada mediante un balance conforme a la NOM-011-CONAGUA-2015, la última actualización de estos datos fue publicada en diciembre del 2020 (DOF, 2015). Conocer la disponibilidad de los acuíferos nos permite establecer las pautas para la resolución de conflictos entre los diversos usuarios, así como sustentar la autorización de nuevos permisos de explotación, uso o aprovechamiento del recurso. La cuenca en estudio prácticamente se ubica en el acuífero Cuautla-Yautepec, este acuífero se encuentra sujeto a las disposiciones de 5 decretos de veda, 3 en el estado de Morelos y 2 del estado de México, dos de estas vedas son del tipo III en las que se permiten extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros. En la parte norte y sur del acuífero la veda es de tipo II en la que los aprovechamientos sólo pueden ser para uso doméstico y de abrevadero. En una pequeña área de la parte norte en el Estado de México aplica una veda de tipo I la cual permite extracciones para uso doméstico con el riesgo de poner en peligro los mantos acuíferos.

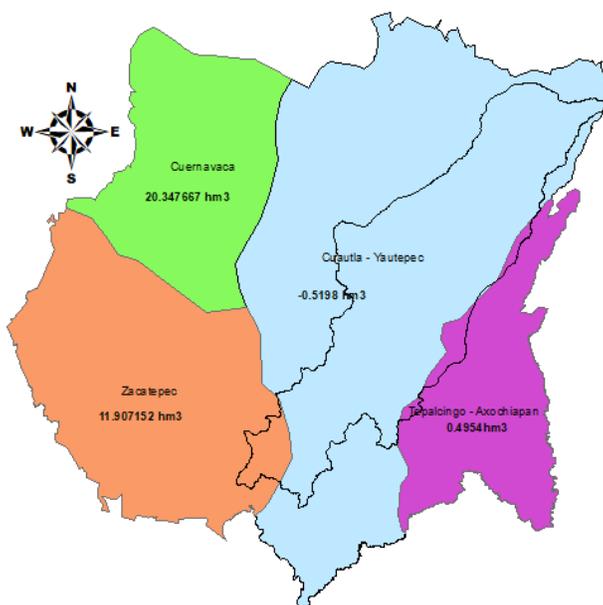


Figura 4.1 Disponibilidad de acuíferos en Morelos. Elaboración propia con datos de CONAGUA 2020



En la determinación de la disponibilidad del 2013 el acuífero tenía una disponibilidad de 8.844375 hm^3 , pero en diciembre del 2020 el Diario Oficial de la Federación registró un déficit de -0.5198 hm^3 , es decir, a 7 años de tener disponibilidad, ahora no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de $519,800 \text{ m}^3$ anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero (DOF, 2020).

4.2 Disponibilidad de agua superficial.

El equilibrio ecológico de los recursos hídricos poco a poco se ha venido desvirtuando debido a las modificaciones que las actividades antropogénicas han venido provocando en el ciclo hidrológico. El otorgar concesiones de volúmenes que excedan el escurrimiento natural de una cuenca trae como consecuencia escasez y con ello diversos conflictos entre los distintos usuarios (DOF, 2002). Para una adecuada gestión por cuencas, es fundamental la determinación de la disponibilidad media anual del recurso, de manera que se efectúe una distribución equitativa y su uso eficiente; la norma NOM-011-CONAGUA-2015, que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, ha estandarizado este procedimiento.

4.2.1 Volumen medio anual de escurrimiento natural.

Primeramente, se utiliza un método indirecto para calcular el escurrimiento natural ya que no se cuenta con estaciones hidrométricas cercanas a la salida de la cuenca, este método se llama “precipitación-escurrimiento” (UNESCO, 2006).

La precipitación media anual de la cuenca se obtuvo con un valor $1,031.22 \text{ mm}$, la cual fue calculada por el método del Polígono de Thiessen en el apartado 3.1.5. El área de la cuenca es de $1,177 \text{ km}^2$.

El coeficiente de escurrimiento se determina en base al volumen de



precipitación anual y al tipo y uso del suelo (UNESCO, 2006), (Tabla 4.1).

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO						TOTALES
	A(km ²)	K	B(km ²)	K	C(km ²)	K	
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL			8.633496	0.27	37.369824	0.3	46.00332
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y PERMANENTE	0.75263	0.24	0.022146	0.27			0.774776
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	2.057588	0.24	23.717217	0.27	115.510844	0.3	141.285649
AGRICULTURA DE RIEGO PERMANENTE			0.723702	0.27	0.270443	0.3	0.994145
AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE			0.743659	0.27	3.547671	0.3	4.29133
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	74.40846	0.24	244.549835	0.27	139.572514	0.3	458.530807
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE	0.094118	0.24	55.893052	0.27			55.98717
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y SEMIPERMANENTE			1.00575	0.27			1.00575
AGUA			0.19359	0.27	0.382933	0.3	0.576523
BOSQUE DE ENCINO	0.753644	0.17	0.107283	0.26		0.28	0.860927
BOSQUE DE ENCINO-PINO	2.043189	0.17	10.910651	0.26		0.28	12.95384
BOSQUE DE OYAMEL	12.68814	0.17	1.062564	0.26		0.28	13.750703
BOSQUE DE PINO	21.02272	0.17	6.937917	0.26		0.28	27.96064
BOSQUE DE PINO-ENCINO	1.433786	0.17					1.433786
PASTIZAL INDUCIDO	0.023187	0.2	22.722758	0.24	10.563404	0.3	33.309349
PRADERA DE ALTA MONTAÑA	2.782601	0.18	0.887671	0.24			3.670272
SIN VEGETACIÓN APARENTE	2.64709	0.27	5.782409	0.3			8.429499
URBANO CONSTRUIDO	24.2645	0.26	21.623064	0.29	40.195384	0.32	86.082949
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO	0.810123	0.17	10.116681	0.26			10.926804
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO			0.541576	0.26			0.541576
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO	0.362286	0.17	6.104508	0.26			6.466794
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA			27.711583	0.26	15.467859	0.28	43.179442
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO			17.676969	0.26			17.676969
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-PINO			4.737094	0.26			4.737094
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO	0.017462	0.17	9.446326	0.26			9.463788
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO			4.508803	0.26			4.508803
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOL	1.547999	0.17	146.179092	0.26	33.906669	0.28	181.63376
TOTALES	147.7095		632.539396		396.787545		1177.03647
VALOR DE K PROMEDIO						0.25	

Tabla 4.1 Coeficiente de escurrimiento por tipo de suelo. Elaboración propia con base en UNESCO,2006

Ya que el valor de K es mayor a 0.15 calculamos con la ecuación:

$$C_e = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

$$C_e = \frac{0.25(1031.22 - 250)}{2000} + \frac{(0.25 - 0.15)}{1.5} = 0.1643$$

Y con este coeficiente obtenemos el volumen anual de escurrimiento con la fórmula:

$$\text{VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA(Vae)} = \text{PRECIPITACIÓN ANUAL DE LA CUENCA} * \text{ÁREA DE LA CUENCA} * \text{COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO}$$



De esta forma: **Vae = 199.42 hm³**

4.2.2 Volumen anual de retornos

El segundo dato necesario es el Volumen Anual de Retornos. El volumen concesionado de aguas superficiales de acuerdo con la tabla 3.8 es de 300.5855171 hm³ y de acuerdo con la NOM-011-CONAGUA-2015, se consideran los porcentajes de retornos de la tabla.

PORCENTAJES RECOMENDADOS DE RETORNOS CON RELACIÓN AL RANGO DE DIFERENTES USOS		
USOS	% RANGO	% RETORNO
Agrícola	10-30	20
Público Urbano	70-80	75
Industrial	50-60	55
Doméstico	70-80	75
Pecuario	10-30	15
Acuacultura	95-100	100
Generación de energía eléctrica	95-100	100

Tabla 4.2 Volumen anual de retornos. Fuente: NOM-011-CONAGUA-2015

Por lo que el volumen de retornos de la cuenca es de 73.97 hm³.

Uso del agua	volumen hm ³	% de Retorno	volumen de Retornos hm ³
Acuacultura	0.0212	100	0.0212
Agrícola	275.371106	20	55.0742212
Doméstico	0.011826	75	0.0088695
Múltiple	0.194789074	75	0.146091806
Pecuario	0.02212284	15	0.003318426
Público-Urbano	10.52127278	75	7.890954585
Servicios	14.44320038	75	10.83240029
Total	300.5855171		73.9770558

Tabla 4.3 Volumen de retornos. Elaboración propia.

4.2.3 Volumen anual de importaciones.

El tercer dato requerido es el Volumen anual de importaciones. Estos volúmenes son aquellos que se transfieren a la cuenca en estudio, para el



caso en estudio se toma en cuenta el volumen de los manantiales que hay en el área. Se consideran 9 manantiales: Santa Inés, Casasano, La Huancha, Santa Rosa, La Mora, Agua Dulce, San Cristóbal, El Almeal y el Axocoche, con un volumen total de 84.84 hm³.

Manantial	Canal	Volumen concesionado hm ³
Santa Inés	Santa Inés	10.9
Escurrecimientos del manantial Casasano		27.94
La Huancha	La Huancha	0.72
Santa Rosa	Santa Rosa	0.24
La Mora	La Mora	1.24
Agua Dulce	Agua Dulce	17.93
San Cristóbal	San Cristóbal	1.96
El Almeal	Xochitengo	9.81
El Axocoche	El Axocoche	14.1
	Total	84.84

Tabla 4.4 Volumen concesionado de los manantiales (Exportaciones). Elaboración propia con datos de REPDA (2020)

4.2.4 Volumen anual de extracción de agua superficial.

El cuarto volumen por calcular es la extracción del agua superficial. La NOM-011-CONAGUA especifica que la extracción se integra por todos los volúmenes asignados o concesionados de aguas superficiales por la Comisión, así como los volúmenes anuales correspondientes a las reservas, el caudal ecológico y las zonas reglamentadas. En la tabla 3.8 de los diferentes usos tenemos un total de 300.5855171 hm³.

4.2.5 Determinación del volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo.

De la norma NOM-011-CNA-2000, el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo se determina mediante la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l}
 \text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DE LA CUENCA HACIA AGUAS ABAJO} \\
 \text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DESDE LA CUENCA AGUAS ARRIBA} \\
 \text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL} \\
 \text{VOLUMEN ANUAL DE RETORNOS}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 = \\
 + \\
 + \\
 +
 \end{array}$$





$$\begin{array}{rcl}
 + & \text{VOLUMEN ANUAL DE IMPORTACIONES} & - & \text{VOLUMEN ANUAL DE EXPORTACIONES} & - & \text{VOLUMEN ANUAL DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUPERFICIAL} \\
 & & & & & \\
 - & \text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE EVAPORACIÓN EN EMBALSES} & - & \text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN EMBALSES} & &
 \end{array}$$

Para obtener el volumen medio anual de escurrimiento se considera toda la cuenca, se hace la consideración de que el volumen de almacenamiento no tiene variación y el volumen medio anual de evaporación de los embalses de la presa el Gigante y Palo Alto son 0.07092, 0.28216 hm³ respectivamente.

VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DE LA CUENCA HACIA AGUAS ABAJO = 199.42+73.98+84.84-300.58-0.07092-0.28216= 56.66 hm³

4.2.6 Determinación de la disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica

Se determina en el cauce principal en la salida de la cuenca hidrológica, usando la expresión:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA HIDROLÓGICA (DMA) = **VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DE LA CUENCA HACIA AGUAS ABAJO (VMA)** - **VOLUMEN ANUAL ACTUAL COMPROMETIDO AGUAS ABAJO (VAAC)**





Por lo que:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA = 56.66 hm³- 56.66 hm³ = 0
SUPERFICIAL EN LA CUENCA
HIDROLÓGICA (DMA)





CAPITULO V



PROYECCIONES

5.1 Proyección de la Población

La proyección de la población de la cuenca del río Cuautla es una estimación hipotética de como pudiera incrementar la población en el periodo de tiempo que se quiere analizar, en este caso se propone proyectar a cincuenta años, desde el último dato de censo poblacional que fue en el 2020 hasta el año 2070 (Gráfica 5.1). Debido a que hay un marcado interés en los años 2030 y 2050 por las metas propuestas de la Agenda 2030 y los estudios proyectados a mitad de siglo, se han seleccionado esos dos años como puntos de referencia. La proyección de la población es importante debido a que se ha constituido como un instrumento importante en la planeación tanto del país como de las entidades federativas (García, 2013), también es fundamental para poder establecer una planeación adecuada de los recursos de la cuenca.

Tabla 5.1 Proyección de la población de la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI (2020)

CVEGEO	ESTADO	NOM_MUN	r	Población en la cuenca (2020)	PROYECCION DE LA POBLACIÓN	
					Año 2030 Habts.	Año 250 Habts.
15015	Edo. Mex	Atlautla	1.44	18315	21120	28085
15034	Edo. Mex	Ecatzingo	1.46	10827	12512	16709
15068	Edo. Mex	Ozumba	1.24	10086	11412	14611
17002	Morelos	Atlatlahucan	2.93	5054	6750	12036
17004	Morelos	Ayala	1.31	64643	73633	95538
17006	Morelos	Cuautla	0.66	160312	171210	195280
17010	Morelos	Jantetelco	12.54	1263	4116	43725
17012	Morelos	Jojutla	0.46	63	66	72
17013	Morelos	Jonacatepec	1.35	4061	4643	6067
17016	Morelos	Ocuituco	1.32	19215	21906	28472
17019	Morelos	Tepalcingo	1.04	6725	7462	9186
17022	Morelos	Tetela del Volcán	-2.50	7290	5658	3408
17024	Morelos	Tlaltizapán	0.70	12495	13395	15392
17025	Morelos	Tlaquiltenango	0.69	7863	8426	9674
17029	Morelos	Yautepec	0.78	751	812	949
17030	Morelos	Yecapixtla	1.82	56083	67194	96458



17032	Morelos	Zacualpan de Amilpas	0.93	3187	3495	4203
17033	Morelos	Temoac	1.25	4343	4916	6300
Totales (Habitantes)				392,577	438,725	586,164

Para obtener el crecimiento de la población en la cuenca se utiliza el método geométrico (CNA,1988). Mediante la ecuación: $r = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{1/n} - 1$

Donde: Pf = Población futura (hab.)

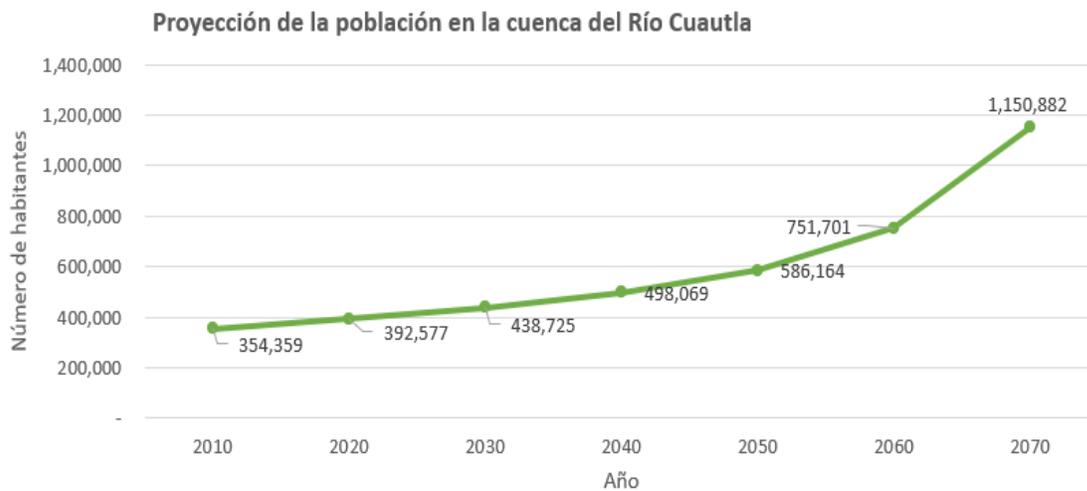
Pa = Población actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento anual (hab/año) obtenida de dos periodos anteriores

n = Años a proyectar

Los informes de población presentados por el INEGI indican que del 2010 al 2020 la población creció un 10.7% (Tabla 5.1), El municipio de Cuautla en el 2020 reportó 187,118 habitantes (INEGI,2020).

Gráfica 5.1 Proyección de la población en la cuenca del río Cuautla. Elaboración propia con datos de INEGI, (2020).



5.2 Proyección de la demanda del Uso Doméstico

Para la estimación de los volúmenes consumidos se utiliza la tabla de dotaciones para la estimación de los volúmenes de acuerdo con el tamaño



de la población y la temperatura media del lugar. (UNESCO, 2006)

Tabla 5.2 Dotación por habitante y por el tipo de clima. Fuente: UNESCO, 2006

Dotaciones en litros/hab/día			
Población con agua entubada, número de habitantes	Clima Cálido	Clima Templado	Clima Frío
De 2,500 o menos	125	100	75
De 2,500 a 15,000	175	150	125
De 5,000 a 30,000	200	175	150
de 30,000 a 70,000	225	200	175
De 70,000 a 150,000	275	250	225
De 150,000 a 500,000	350	300	250
De 500,000 o más	400	350	300

Para ello tomamos en cuenta primeramente los datos de población y clima de cada municipio para seleccionar el valor de la dotación que le corresponde y con este valor calculamos a la población incluida en la cuenca, de esta forma se tiene que la dotación para la población (demanda) de la cuenca deberá ser de 76,480,116.50 hm³ (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Demanda de agua en la población de la cuenca. Elaboración propia en base a UNESCO, 2006

CVEGEO	ESTADO	NOM_MUN	Población en la cuenca (2020)	DOTACION l/hab/día	Demanda en la cuenca l/día
15015	Edo.Mex	Atlautla	18,314.85	175	3,205,099.12
15034	Edo.Mex	Ecatzingo	10,827.00	125	1,353,375.00
15068	Edo.Mex	Ozumba	10,085.57	175	1,764,974.53
17002	Morelos	Atlatlahucan	5,054.46	175	884,530.37
17004	Morelos	Ayala	64,643.31	275	17,776,911.08
17006	Morelos	Cuautla	160,311.85	175	28,054,573.13
17010	Morelos	Jantetelco	1,262.85	200	252,570.96
17012	Morelos	Jojutla	62.74	225	14,117.38
17013	Morelos	Jonacatepec	4,061.48	200	812,296.74
17016	Morelos	Ocuituco	19,215.25	150	2,882,287.98
17019	Morelos	Tepalcingo	6,725.13	200	1,345,026.17
17022	Morelos	Tetela del Volcán	7,290.25	125	911,280.97
17024	Morelos	Tlaltizapán	12,495.32	225	2,811,446.19
17025	Morelos	Tlaquiltenango	7,863.23	225	1,769,226.95



17029	Morelos	Yautepec	751.03	250	187,757.37
17030	Morelos	Yecapixtla	56,083.00	200	11,216,600.00
17032	Morelos	Zacualpan de Amilpas	3,187.19	150	478,078.98
17033	Morelos	Temoac	4,342.65	175	759,963.55
			392,577.17	Total:	76,480,116.50

Los volúmenes concesionados por la CONAGUA para la cuenca registrados en el Registro Público de Derechos de Agua son un total de 342.56 hm³ (tabla 5.4).

Tabla 5.4 Volumen concesionado en la cuenca. Elaboración propia con datos de REPDA, 2020

	Público-Urbano	Industrial	Agrícola	Varios	Total
Superficial	24.98	-	275.37	0.24	300.59
Subterránea	20.52	4.50	16.78	0.17	41.97
Totales	45.69	4.50	292.15	0.41	342.56

Y los volúmenes concesionados en la cuenca para los usos agrupados se muestran en la tabla 5.5.

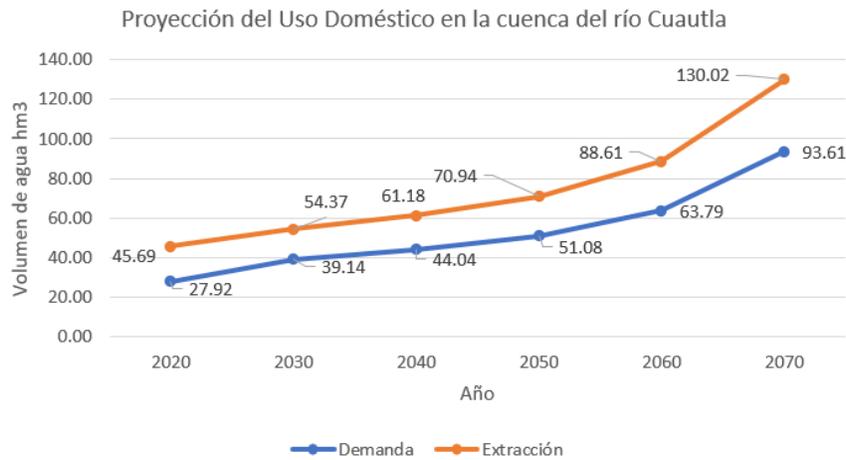
Tabla 5.5 Usos agrupados de agua en la cuenca. Elaboración propia en base a REPDA, 2020.

	Domestico	Industrial	Agropecuario	Total hm ³ /año
Subterráneas	20.52	4.48	16.97	41.97
Superficiales	25.17	0.00	275.41	300.59
Totales hm³/año	45.69	4.48	292.38	342.56

Mientras que la población en los próximos 50 años puede crecer 2.3 veces su tamaño actual, los volúmenes de la demanda incrementan un poco menos, a razón de un 1.8 veces el volumen requerido actualmente y 2.4 veces considerando los volúmenes suministrados con los excedentes de suministro actuales (Gráfica 5.2).



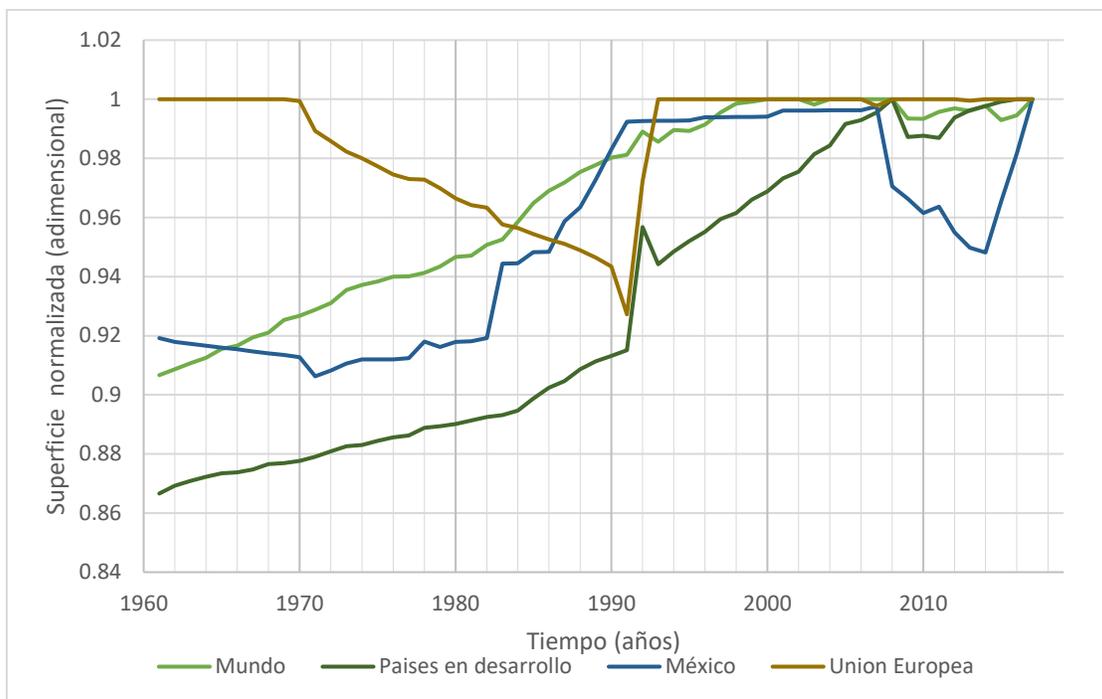
Gráfica 5.2 Proyección del uso doméstico en la cuenca del río Cuautla. Elaboración Propia con datos de REPDA, 2020



5.3 Proyección de la demanda Agropecuaria.

La FAO (2009) estima que para el 2050 la superficie cultivada en los países en desarrollo habrá crecido un 12% y que la producción agrícola deberá alcanzar un aumento del 70%. (FAO, 2009), sin embargo, de acuerdo con Howell (Terri A., 2006) y lo que se observa en Gráfica 5.3, la superficie agrícola mundial no se ha incrementado desde el año 2000, lo cual puede significar que estamos en el límite de expansión de las superficies de cultivo. Por tanto, las opciones que tenemos para lograr “Hambre cero” son incrementar el rendimiento de cultivos y la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.





Gráfica 5.3 Evolución de las superficies de cultivo del año 1962-2017. Se muestran valores normalizados con respecto a la máxima superficie de cultivo de cada categoría. Fuente FAOSTAT (2019)

Si se toma en cuenta la consideración de la FAO, donde la proyección es lineal, el incremento de la producción sería de 1.75 % anual.

El volumen de agua agrupado para la agricultura de la cuenca es de 292.38 hm³, El área de la cuenca para cultivo del DR16 y las UR de la cuenca suman un total de 102.291753 km², con el incremento anual considerado en el área de riego considerado, se calculan los volúmenes necesarios para esa nueva área.

Tabla 5.6 Proyección de la demanda agropecuaria. Elaboración propia en base a FAO, (2009).

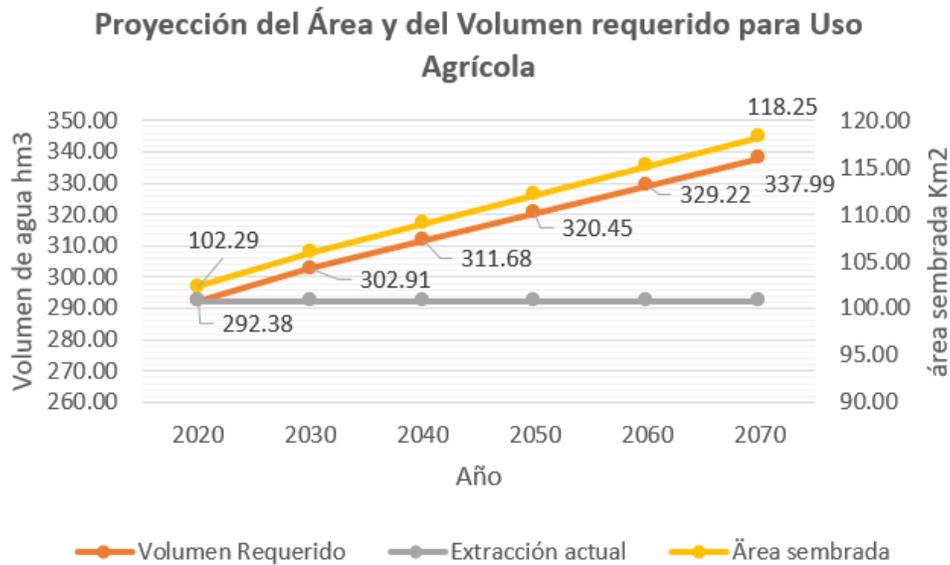
AÑO	2020	2030	2040	2050	2060	2070
SUPERFICIE SEMBRADA km²	102.29	105.97	109.04	112.11	115.18	118.25
VOLUMEN REQUERIDO hm³	292.38	302.91	311.68	320.45	329.22	337.99
EXTRACCIÓN hm³	292.38	292.38	292.38	292.38	292.38	292.38

El área sembrada en 50 años podría ser de 118.25 Km² mientras que el volumen requerido para el uso agropecuario llegaría a los 337.99 hm³ por



año.

Gráfica 5.4 Proyección del área y volumen de agua requeridos para uso agrícola. Elaboración propia.

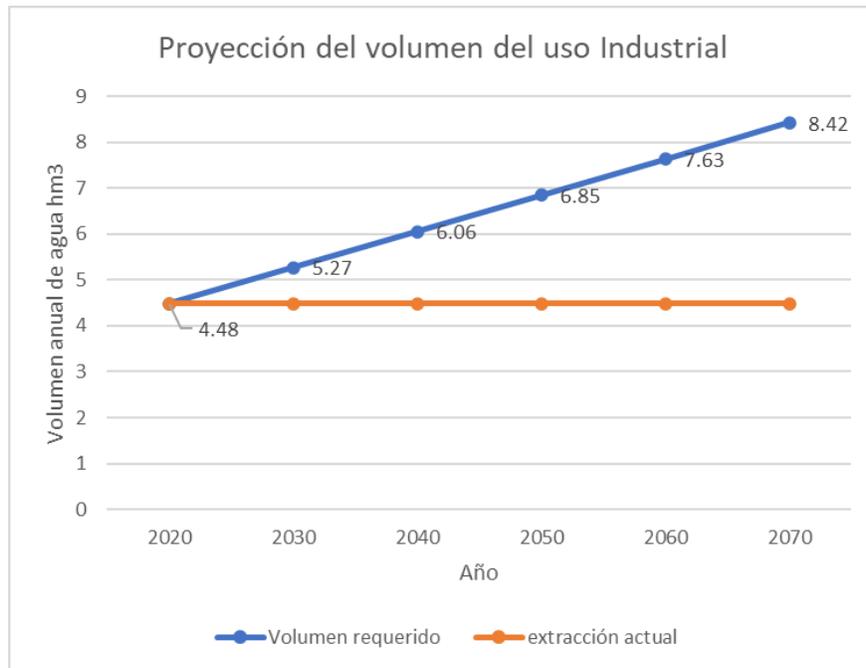


5.4 Proyección del Uso Industrial.

Actualmente, el sector industrial tiene concesionado el 1.3% del volumen de agua que se utiliza en la cuenca. En un estudio realizado por Calderón y Sánchez (2012), se analizó el crecimiento del sector Industrial en el país, del año 1982 al 2010 y exponen que el crecimiento de dicho sector ha fluctuado enormemente durante esos 29 años, de manera que agrupando en 4 subperiodos se tuvieron los siguientes porcentajes de crecimiento: de 1982-1987 creció el 0.59%, de 1988 a 1993 el porcentaje fue de 3.44%; de 1994 al 2000 fue el mayor crecimiento con un 3.92% y del 2001 al 2010 el crecimiento fue de -0.21% (Calderón y Sánchez, 2012). Considerando lo anterior y promediando estos cuatro periodos se tiene un crecimiento promedio anual del 1.76%, por lo que haciendo esta consideración el incremento en el uso del recurso se proyectará hasta 8.42 hm³ en el 2070 (Gráfica 5.4).



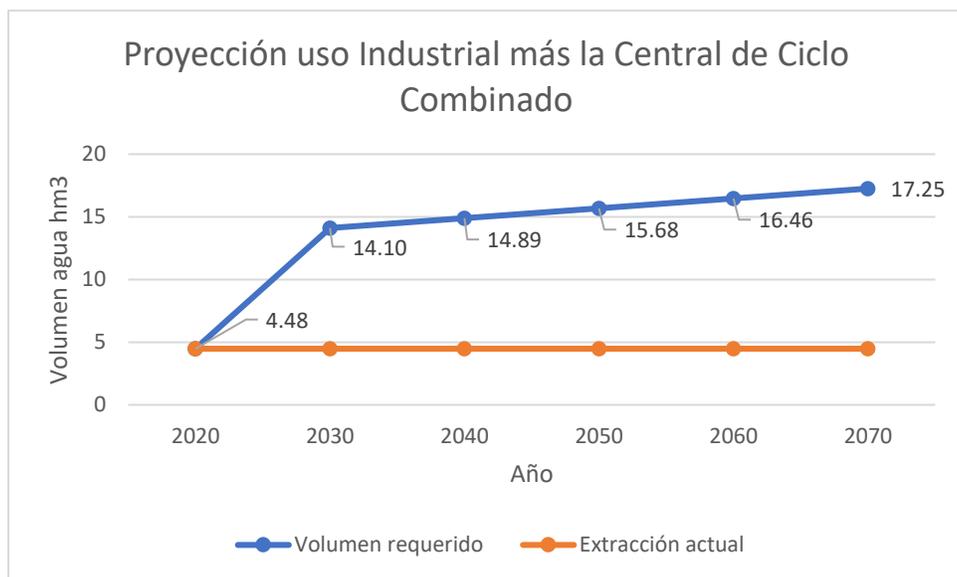
Gráfica 5.5 Proyección del volumen utilizado en la Industria. Elaboración propia.



El aumento que se proyecta en este uso es del 87.9% en 50 años, si el porcentaje de crecimiento es el supuesto; sin embargo, en este cálculo se debe incluir el volumen de agua que utilizará la termoeléctrica ya instalada en Huexca, ya que está próxima a iniciar operaciones y aun cuando el agua que utilizará provendrá de la descarga de la Planta de Tratamiento de agua residual Cuautla, el volumen que hasta el momento descarga la planta es utilizada actualmente aguas abajo para la agricultura y su uso será modificado, por lo que el volumen máximo previsto que utilizará esta planta de Ciclo Combinado será de 280 l/seg (8.830080 hm³/año).



Gráfica 5.6 Proyección del volumen de uso industrial incluyendo la CCC. Elaboración propia

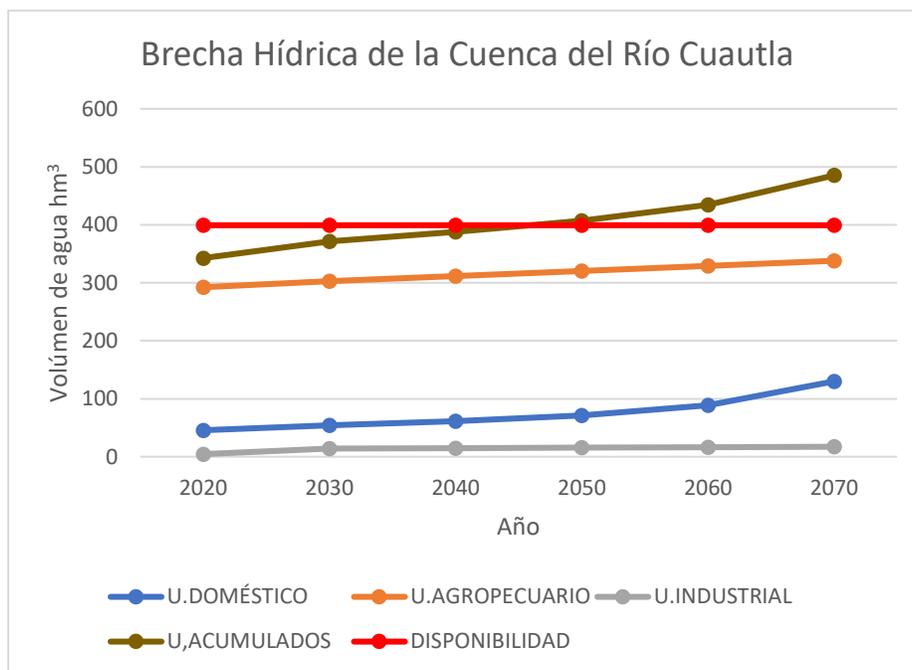


5.5 Proyección de la demanda de los diferentes usos en la cuenca.

En el año 2020, la demanda de los diferentes usos fue de 342.55 hm³ resultando una brecha favorable de 56.66 hm³, Haciendo las proyecciones de cada uso, se estima que al año 2030, la demanda podría alcanzar los 371.37 hm³ y la brecha se reduciría a 27.84 hm³. Con esta tendencia, en el año 2046 la brecha pasaría de ser positiva a negativa por lo que en el año 2050 tendría un valor de -7.86 hm³, en el 2060 sería de -35.08 hm³ y en el 2070, en el eje negativo tendría un valor de -86.05 hm³. Es necesario por lo tanto que para cubrir los volúmenes requeridos futuros de la cuenca se tomen acciones y se realicen proyectos que permitan disminuir las pérdidas del agua potable en el uso doméstico; se mejore la eficiencia en el uso agropecuario, así como reutilizar el agua en la industria.



Gráfica 5.7 Brecha hídrica de la cuenca del Río Cuautla. Elaboración propia.



5.6 Proyección de la emisión de aguas residuales en el municipio Cuautla.

Considerando el volumen concesionado al municipio para uso doméstico que es de: 26,173,777.55 m³ anuales y tomando en cuenta el volumen de retorno del 75% (DOF, 2015)

Vol. retorno Cuautla=26,173,777.55 x 0.75= 19,630,333.20 m³ anuales

Vol. retorno Cuautla = 622.47 l/s de (como agua residual).

El incremento de la población ocasionará un aumento en la descarga de agua residual por lo que se espera un crecimiento en los volúmenes de la descarga si se incrementa el volumen de suministro:

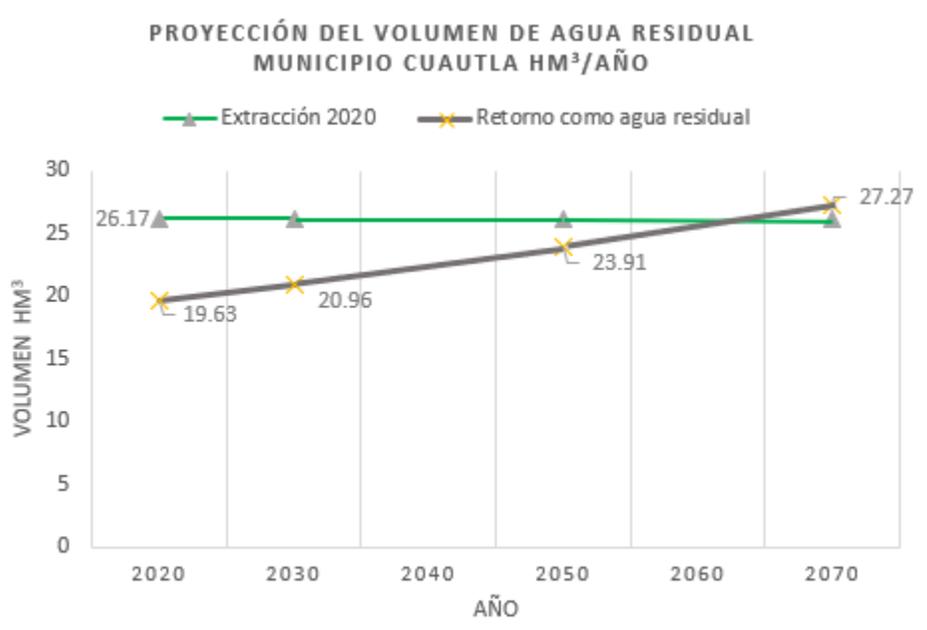
Tabla 5.7 Proyección de las descargas de aguas residuales. Elaboración propia.

AÑO	2020	2030	2050	2070
POBLACIÓN	160,312	171,210	195,280	222,734
Retorno como agua residual hm³/año	19.63	20.96	23.91	27.27
Retorno como agua residual l/seg	622.46	664.64	758.18	864.73
% de incremento proyectado		6.78	21.8	38.92



El porcentaje que incrementará el volumen de agua residual en el 2030 es del 6.78%, el 21.8% para el 2050 y un 38.92% para el 2070. Por lo que, si este fuera el comportamiento del incremento, en el año 2065 la cantidad de agua residual producida igualaría al volumen de abastecimiento del 2020.

Gráfica 5.8 Proyección del volumen de agua residual del Municipio de Cuautla. Elaboración propia.



5.7 Tratamiento

La capacidad instalada para tratar el agua en las plantas de agua residual es de 793.5 l/seg pero se tratan solo 487 l/seg, es decir, el volumen que llega a las plantas es del 78.2% del agua residual (tabla 5.8), el resto se descarga en el río lo que significa que se queda sin tratamiento 135.46 l/seg = 4,269,974.4 m³/año.



Tabla 5.8 Plantas de tratamiento de Cuautla (Elaboración propia con datos de CONAGUA, (2019 a).

Municipio	Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Cuerpo Receptor o Reuso
Cuautla	Tepepa	Tepepa)	Aerobio	50	5	Barranca sin nombre
Cuautla	Calderón	Calderón	Lodos Activados	40	35	Cuautla
Cuautla	Cuautla	19 de Febrero	Lodos Activados	7.5	5	Barranca Atlatlahucan
Cuautla	Cuautla	Cuautla	Filtros Biológicos o Rociadores o percoladores	630	400	Río Cuautla
Cuautla	Cuautla	No rponiente	Anaerobio	42	8	Canal de riego (Casasano)
Cuautla	Cuautla	Santa Inés	Lodos Activados	18	28	Afluente al río Cuautla
Cuautla	Cuautla	Unidad habitacional Piedra Blanca	Filtros Biológicos o Rociadores o Percoladores	6	6	Río Cuautla
Totales				793.5	487	

Este último dato es coherente con el volumen reportado en el estudio elaborado por CEAMA número MOR-CEAMA-SSEAS-DGPEP-2010-APAZU-271 (CEAMA,2014). En dicho estudio se analiza un tramo del río de 8.3 Km de longitud iniciando a partir de la carretera federal número 115 Cuautla-Oaxtepec y terminando aguas abajo aproximadamente a 1 Km de la PTAR de la ciudad de Cuautla. Al hacer el recorrido se encontraron 44 descargas con un promedio de 1.62 l/seg lo cual arrojaba un volumen total de 115 l/seg de aguas residuales.

En un recorrido en la parte norte de la ciudad, en el 2020, se detectaron otras 7 descargas, una de ellas con un volumen considerable 5 l/seg, son las de la colonia salvador Esquer, la cual vista desde una distancia de más de 100 metros se asemeja a una hermosa cascada, pero cuando se ve de unos cuantos metros, se contempla un desafío a la comunidad tanto por el aspecto grisáceo como por el desagradable olor.

5.8 Tendencia de la calidad del agua:

Como consecuencia de las descargas de agua residual directas tanto del municipio de Yecapixtla como de Cuautla, la calidad del agua en el río ha venido en detrimento, los análisis de laboratorio muestran alta contaminación en bacterias coliformes, así como en Escherichia coli.



5.8.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en los puntos de monitoreo.

Los 11 sitios muestreados de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua nos dan la información de cómo ha prevalecido la contaminación desde el año 2012 (ANEXO 2). Los valores van aumentando en contaminación bacteriana, así como en DQO. Si no se realizan acciones que aminoren el menoscabo del río, consecuentemente el río puede llegar a convertirse en una barranca con el paso de los años, como ha ocurrido con el río Apatlaco y muchos otros ríos de la república Mexicana, ya que cada litro de agua residual contamina 8 litros más de agua y como consecuencia de la contaminación se ha perdido cerca del 20% de las especies que viven en los cuerpos de agua dulce (FEA,2006).

La Demanda química de Oxígeno, nos indica cuanta materia orgánica e inorgánica tiene una muestra, ya que el oxígeno se consume cuando a la muestra se le agrega dicromato de potasio en un medio ácido, (IMTA, 2009). La NOM-001-SEMARNAT-2006 establece como límite 150 mg/L en el agua de los ríos que son usadas en riego agrícola (SEMARNAT, 2006); quiere decir que, valores entre el rango de 40-149 mg/L podrían ser considerados aceptables o dentro de rango de la norma, aun así, la calificación considerada por la CONAGUA los clasifica como contaminados, por lo que se observa que los límites permisibles de la NOM-001 no son adecuadamente estrictos. Seis de los once sitios presentan contaminación por DQO desde el 2012 y siete presentan alto grado de contaminación por Coliformes Fecales y por Escherichia Coli. Debido a que el mayor peso que se le da a la contaminación bacteriana es el semáforo amarillo hace que 4 de los sitios que no son considerados rojos por la DQO, se clasifiquen amarillos por la alta contaminación bacteriana.



Tabla 5.9 Calificación de los sitios de monitoreo. Elaboración propia con base a CONAGUA 2019 b

SITIO DE MUESTREO	DATOS PROMEDIO 2012-2019									SEMÁFORO
	DBO TOTAL (mg/L)	DQO TOTAL (mg/L)	SST (mg/L)	COL FEC (NMP/100mL)	E. coli (NMP/100mL)	%SATURACIÓN DE OD (SUPERFICIAL)	TOX DM 48 h (UT)	TOX Vf 15 min (UT)		
OCBAL2802	18.3	78.5	18.69	578	660	57.1	1.07	0.9	0.9	DQO
OCBAL2801	10.3	34.8	13.67	1,058	1,058	52.2	0.9	0.9	0.9	COL, FEC; E. COLI
OCBAL2799	26.2	70.2	30.06	17,513	18,443	53.9	0.9	0.9	0.9	DQO, COL, FEC, E. COLI
OCBAL2800	18.7	53.3	19.69	15,433	13,548	52.2	0.9	1.25	0.9	DQO, COL, FEC, E. COLI
OCBAL2803	11.0	23.4	25.12	28,689	28,689	68.6	0.9	0.9	0.9	COL, FEC, E. COLI
OCBAL2804M1	16.7	41.8	25.99	31,870	31,870	69.0	0.9	1.4125	0.9	DQO, COL, FEC, E. COLI, Tox. Vf
OCBAL2806	13.9	32.6	26.85	32,635	33,848	46.6	0.9	0.9	0.9	COL, FEC, E. COLI
OCBAL2808	15.3	50.5	60.89	35,219	35,219	54.4	1.04	1.4	0.9	DQO, COL, FEC, E. COLI, Tox. Vf
OCBAL2811	10.7	25.5	43.56	11,758	11,758	63.9	0.9	0.9	0.9	COL, FEC, E. COLI
OCBAL2812	12.1	23.2	31.50	9,272	9,272	66.6	0.9	0.9	0.9	COL, FEC, E. COLI
OCBAL2815	2.9	45.2	25.87	8,598	555	126.4	0.9	0.9	0.9	DQO, COL, FEC

El sitio OCBAL280 presenta indicios de contaminación de coliformes fecales y de E. Coli, mientras que el sitio OCBAL2802 está contaminado con materia orgánica oxidable (DQO). Esta contaminación es consistente con la descarga de la empresa textil, Burlington Yecapixtla S.A. de C.V.; este tipo de industrias genera grandes cantidades de aguas residuales altamente coloreadas y constituidas por compuestos difícilmente biodegradables. El color es el primer signo contaminante que se observa en sus aguas residuales, provocando reducción de la transparencia y disminución del oxígeno disuelto, lo que dificulta la función fotosintética de las plantas, que se corrobora al encontrar poca vegetación acuática aguas abajo del sitio. El sitio OCBAL2800 (Barranca Sta. María) que se encuentra aguas abajo a 6.5 km aproximadamente, presenta la misma contaminación en DQO y además en Coliformes fecales y Escherichia Coli debido a la descarga de las colonias Los Tulipanes y Los Girasoles.

El sitio RIO CUAUTLA – YECAPIXTLA (OCBAL2799), a pesar de ser el punto más alto río arriba, presenta una fuerte contaminación bacteriana y contaminación en materia orgánica oxidable. Esto es consistente con la presencia de aguas residuales domésticas de los poblados de Xochitlán y Yecapixtla al norte, seguido de las colonias Los Cerritos, San Francisco, Los



Chichicastles y 12 de diciembre del municipio de Cuautla.

Debido a los signos de contaminación que presenta, debieran seleccionarse nuevos puntos de monitoreo kilómetros arriba, de manera que podamos determinar los puntos del cambio del agua limpia al agua contaminada.

Aun cuando el sitio OCBAL2806, RIO CUAUTLA–AYALA es cercano al sitio abajo de la PTAR Cuautla, muestra una ligera disminución en la DQO que le permite salir del semáforo rojo y quedarse en el amarillo. Es conocido que la autodepuración de los cuerpos lóticos permite disminuir la DQO en este tipo de ríos, considerando que del punto aguas abajo de la PTAR al punto OCBAL2806 hay aproximadamente 2500 metros, lo que permite una mínima disminución en la DQO. Este sitio recibe descargas municipales desde la parte noroeste de Cuautla comenzando desde el poblado de Casasano y recorriendo de norte a sur los municipios de Cuautlixco y Emiliano Zapata, hasta llegar al punto de muestreo.

Los datos del porcentaje de oxígeno disuelto van aumentando hacia la parte sur, ya que también disminuyen las descargas a partir del sitio RIO CUAUTLA-AYALA.

En el sitio Cuautla Papayos muestra una tendencia a una alta contaminación por coliformes fecales y E. Coli a pesar de que hay depuración del mismo río no logra bajar el rango de contaminación, más aún muestra un incremento en la DQO así como en el grado de toxicidad en *Vibrio fisheri*.

Hay indicativos de que el aumento de la toxicidad pueda venir del agua de desecho del ingenio Casasano debido a que los ingenios utilizan grandes cantidades de agua en sus procesos y muy pocas veces son tratadas para su descontaminación por lo que las vierten en los ríos o arroyos cercanos a la industria provocando un gran efecto de contaminación para las comunidades cercanas (FEA, 2006). Además, los agroquímicos y



herbicidas utilizados por los agricultores de la región, como el selectivo de cultivos de maíz y sorgo, utilizado en siembras del municipio de Ayala (Expreso de Morelos, 2018) pueden inclusive aumentar el nivel de toxicidad como se llega a observar en los sitios de la parte sur de la cuenca.

5.8.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la PTAR Cuautla.

La planta de tratamiento Cuautla debiera remover al menos algunos de los parámetros indicadores de contaminación, sin embargo, esto no es así; ambos sitios RIO CUAUTLA ARRIBA PTAR CUAUTLA OCBAL2803 y RIO CUAUTLA ABAJO PTAR CUAUTLA OCBAL2804M1 presentan fuerte contaminación de coliformes fecales y de E. Coli, más aún, aguas abajo de la PTAR se duplica el valor de la carga orgánica químicamente oxidable y aumenta la toxicidad en *Vibrio fisheri*. Este incremento de la contaminación en todos los parámetros indica que la PTAR no presenta una buena remoción en esos parámetros. En análisis recientes realizados en el influente y efluente de la planta, encontramos que la DBO se remueve en un 63.5%, las grasas y aceites un 68.3% los SST un 88.2%, en cuanto a la desinfección, el sistema no alcanza a reducir los niveles para cumplir con la norma para descargar al río. Un segundo parámetro que no cumplen con la norma es el de grasas y aceites, además del pH que es de 4.7 (Tabla 5.10).

Tabla 5.10 Resultados de análisis de la PTAR Cuautla. En base a CONAGUA, (2020)

PARÁMETRO	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	DESCARGA IND.TEMOLA	LIM. MAX. PERMISIBLE NOM-001-SEMARNAT-1996
COL.FECALES (Num. másProb. /100 ml)	>24,000,000	11,000	24,000	1,000
DBO (mg/L)	161	58.75	281	150
DQO (mg/L)		96.27		N.A.
GRASAS Y A. (mg/L)	65.4	20.7	44	15
SST (mg/L)	136	16	208	150
As (mg/L)	<0.005	<0.005	0.0097	0.4
CIANURO (mg/L)	<0.02	<0.002	0.075	3
CND (µS/cm)	824	848	1799	N.A.



La descarga de Industrias Temola, tiene una conductividad muy elevada originada por las sales orgánicas e inorgánicas que están disueltas y que se utilizan en los distintos procesos del curtido (SEMARNAT, 1999). Los procesos con los que consta la PTAR CUAUTLA no son los adecuados para dar un tratamiento al agua proveniente de la curtidora por lo que el agua proveniente de la empresa no ingresa al tren de tratamiento desde un inicio y lo hace en el sedimentador secundario y posiblemente este volumen de agua en ocasiones sólo pase por el bypass del sedimentador para posteriormente descargar al río.

Figura 5.1 Descargas de la PTAR CUAUTLA. Elaboración propia con Imágen de Google maps.



En un muestreo hecho en el 2020 se puede observar el incremento en ambos parámetros tanto en DQO como en Coliformes Fecales (Tabla 5.11).



Tabla 5.11 Resultados del 2020, puntos de monitoreo. Con base a CONAGUA, (2020).

ESTACIÓN	DATOS AÑO 2020			
	DBO TOTAL (mg/L)	DQO TOTAL (mg/L)	SST (mg/L)	COL FEC (NMP/100mL)
OCBAL2802				
OCBAL2801				
OCBAL2799	39.2	249.8	74	>2,400,000
OCBAL2800	<2	117.1	14	28,000
OCBAL2803	2.9	24.1	<10	110,000
OCBAL2804M1				
OCBAL2806	7.1	31.2	12	150,000
OCBAL2808	20.4	85.9	116	72,400,000
OCBAL2811				
OCBAL2812	3.6	7.8	40	15,000,000
OCBAL2815				

5.8.3 Resultados del análisis biológico por el método BMWP en los sitios de monitoreo.

La importancia de contar con una evaluación de la calidad del agua en base a indicadores biológicos es que los macroinvertebrados bentónicos (MIB) son excelentes indicadores tanto de la integridad ecológica de los cuerpos lóticos, como de la calidad del agua. El índice utilizado para este monitoreo es el Biological Monitoring Working Party (BMWP), este método es ampliamente utilizado en muchos países de Europa y es excelente por su practicidad y sencillez. El método utiliza un puntaje que va del 1 al 10 para calificar la sensibilidad de cada una de las familias de MIB, las familias más sensibles tendrán una calificación de 10 mientras que las menos sensibles será de 1. Se deben tabular los valores de los organismos encontrados y sumarlos, la suma de estos valores de cada punto de monitoreo se clasifica de acuerdo con la tabla 5.12, para valores encontrados menores de 15 se califica como sitio fuertemente contaminado, para valores mayores de 100 se obtendría un sitio con excelente calidad (CONAGUA, 2004):



Tabla 5.12 Escala de valores de calidad del agua para el método BMWP. Fuente CONAGUA (2004)

CALIDAD DEL AGUA	BMWP
Aguas Limpías	>100
Aguas con signo de contaminación	61-100
Aguas Contaminadas	36-60
Aguas muy contaminadas	15-35
Aguas fuertemente contaminadas	<15

Los resultados de este análisis en los puntos de monitoreo de la cuenca del río Cuautla indican que la mayor afectación a los organismos macroinvertebrados se encuentra en el tramo del río que recorre el municipio de Cuautla y en la parte norte de Ayala. Se encontraron cinco sitios calificados como muy contaminados, mientras que en el sitio OCBAL 2811 hay un decremento de contaminación posicionándolo como agua contaminada. Finalmente, en la parte sur de la cuenca se revierte la calificación en aguas con signos de contaminación.

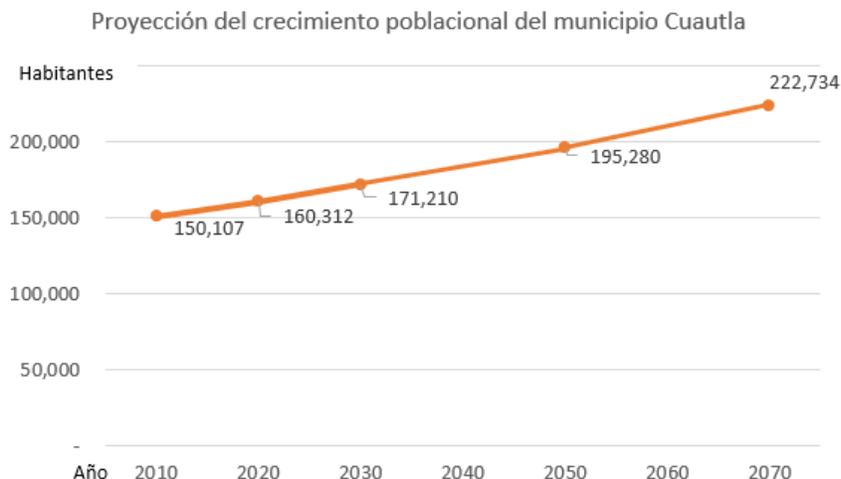
Tabla 5.13 Resultados del análisis biológico mediante el BMWP. Con datos de CONAGUA (2020)

SITIO	Cuautla-Yecapixtla	Barranca Sta. María	Arriba PTAR	Abajo PTAR	Ayala	Papayos	San Vicente	Chinameca	Tlaquitenango
CLAVE	OCBAL7799	OCBAL7799	OCBAL2803	OCBAL2804	OCBAL2806	OCBAL2808	OCBAL 2811	OCBAL2812	OCBAL2815
BMWP	53.5	16	18	16.5	20	69.8	54.8	87.25	61.3

5.9 Proyección de la población y de los recursos hídricos en el Municipio de Cuautla.

El municipio de Cuautla es el municipio de mayor relevancia en la subcuenca del río Cuautla. El registro del censo del 2020 arroja una población de 160,312 habitantes (ponderado sólo al área correspondiente a la cuenca). El crecimiento poblacional nos indica que en 30 años habrá crecido a 195,280 habitantes y en el 2070 llegarán a 222,734 habitantes (gráfica 5.8).





Gráfica 5.9 Proyección de la población Municipio Cuautla. Elaboración propia con base a datos de INEGI (2020).

La Conagua tiene registrados 25.08 hm³ en las concesiones de los diferentes usos de agua superficial en el municipio Cuautla.

USO	Volumen de agua superficial m ³ /año
AGRICOLA	7,755,760.00
PUBLICO URBANO	3,954,371.02
SERVICIOS	13,371,264.00
TOTAL	25,081,395.02
hm ³	25.08

Tabla 5.14 Usos del agua superficial. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020).

Y los volúmenes de agua subterránea equivalen a 20.24 hm³/año.

USO	Volumen de agua subterránea m ³ /año
AGRICOLA	9,545,985.13
DIFERENTES USOS	28,128.00
DOMESTICO	4,834.75
INDUSTRIAL	1,843,493.40
PECUARIO	2,190.00
PUBLICO URBANO	8,582,947.68
SERVICIOS	232,232.10
TOTAL	20,239,811.06
hm ³ /año	20.24

Tabla 5.15 Usos del agua subterránea. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)

Agrupados los volúmenes de aguas subterránea de acuerdo con UNESCO, (2006), se tienen 9,548,175.13 m³ de agua para uso agrícola y 8,848,142.53 m³ de agua para uso doméstico y 1,843,493.4 m³ de agua para uso industrial.



USO	Volumen concesionado aguas subterráneas m ³ /Año
AGRICOLA	9,548,175.13
DOMESTICO	8,848,142.53
INDUSTRIAL	1,843,493.4
	20,239,811.06

Tabla 5.16 Usos agrupados agua subterránea. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)

El total del volumen concesionado subterráneo y superficial es de 45.32 hm³/año.

	Público-Urbano	Industrial	Agrícola	Volumen Total Concesionado m ³ /año
Superficial	17,325,635.02	0	7,755,760.00	25,081,395.02
Subterránea	8,848,142.53	1,843,493.40	9,548,175.13	20,239,811.06
Totales	26,173,777.55	1,843,493.40	17,303,935.13	45,321,206.08
	hm ³ /año			45.32

Tabla 5.17 Agua subterránea y superficial en Cuautla. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)

Considerando la demanda con una dotación de 250 l/hab/día de agua potable (PIGOO, 2018), en esta área es de 14.63 hm³.

Población en el municipio (2020)	DOTACION l/hab/día	Demanda en el municipio l/día
160,311.85	250	40,077,961.62
Total:		40,077,961.62
m³/día		40,077.96
m³/año		14,628,455.99
hm³/año		14.63

Tabla 5.18 Demanda de agua. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)

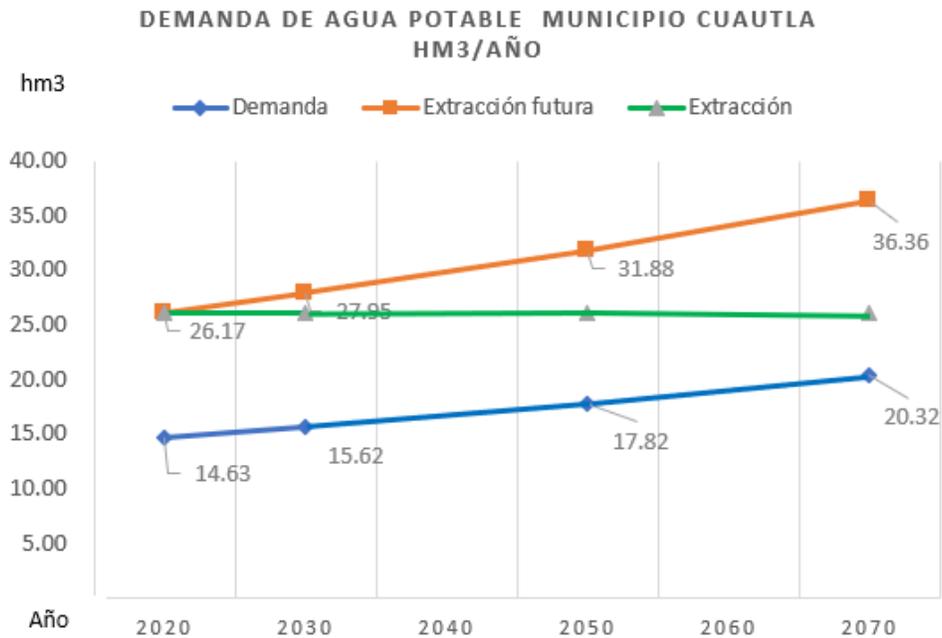
Y si proyectamos la población, la demanda para los años 2030, 2050 y 2070 será de 15.62, 17.82 y 20.32 hm³/año respectivamente.

AÑO	2020	2030	2050	2070
POBLACIÓN	160,312	171,210	195,280	222,734
DEMANDA hm ³ /año	14.63	15.62	17.82	20.32
Extracción futura hm ³ /año	26.17	27.95	31.88	36.36
Volumen concesionado hm ³ /año	26.17	26.17	26.17	26.17
% uso	0.56	% desperdicio		0.44

Tabla 5.19 Proyección de la población y la demanda. Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)



El municipio tiene un volumen total concesionado de 26,173,777.55 m³ anuales para uso doméstico mientras que la proyección de la demanda es de 14,628,455.99 m³/año lo que nos indica que hay un 44% de pérdidas en el volumen del agua suministrado (Gráfica 5.9).



Gráfica 5.10 Proyección de la demanda en el municipio Elaboración propia con base a datos del REPDA (2020)







CAPITULO VI



LINEAS DE ACCIÓN PROPUESTAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Las respuestas obtenidas en los cuestionarios analizados en el capítulo II arrojan una percepción del grado de implementación de la GIRH en la cuenca del río Cuautla, cuyo resultado tiene una calificación de “medio bajo” con valores menores al 30%. Las mayores deficiencias y debilidades se localizan en los instrumentos de gestión por falta de recursos y en el financiamiento. A su vez en el estudio de la proyección de la demanda de los diferentes usos en la cuenca (inciso 5.5) se observó que es urgente establecer un programa que ayude a disminuir las pérdidas del agua doméstica, en el uso agropecuario y reutilizar el agua. La falta de recursos es primordial para que el municipio pueda proyectar y llevar a cabo las obras necesarias de infraestructura y mantenimiento en el tratamiento de las aguas residuales; sin recursos no se puede sustentar ninguna acción.

Por lo anterior se proponen 6 acciones que indudablemente ayudarán a mejorar el uso apropiado del agua y sus recursos económicos, también impulsarán a evitar el deterioro de la calidad del río. Estas acciones darán resultados a nivel cuenca, en la medida en que se implementen en los demás municipios. El primero y segundo punto propone reducir las pérdidas de los volúmenes de agua en el municipio como un inicio para aumentar la eficiencia de este recurso. La finalidad es generar una mayor solvencia para el municipio, de forma tal que efectúe los trabajos que sean necesarios en el tratamiento de las aguas residuales, ya que “en el municipio no hay presupuesto que permita desarrollar metas a largo plazo para la GIRH ni para mantenimiento de los elementos de ésta” (Inciso 2.2.4). En un tercer punto se propone un programa de Educación ambiental que concientice e involucre a aquella población que dispone sus aguas residuales directamente al río, pues “La mayor parte de la población no tiene interés en el cuidado ambiental del Río, los



asentamientos humanos en la rivera, los tiraderos de basura y las descargas directas al río lo corroboran” (inciso 2.2.3). El cuarto punto es una acción encaminada a mejorar la coordinación entre el municipio y la Conagua, para que en base a la ley existente se encauce a la población a la protección del río de cualquier tipo de descargas que afecten y produzcan efectos negativos en él, ya que “se ha diluido el interés” de las instituciones en este problema. Los problemas de la cuenca ya no se tratan en el Comité (inciso 2.2.1), por lo que se sugiere apoyarse en la coordinación actual existente entre municipio e instituciones para actuar a favor de la conservación del río. En el quinto punto se plantea un programa para ayudar a disminuir las descargas de agua residual al río partiendo de que “el municipio debería aplicar la NOM-002-SEMARNAT-1996 que aplica para las descargas municipales, pero no lo hace” (inciso 2.2.3). Y por último se plantea y se evalúa la posibilidad del tratamiento de las descargas de agua previas a su vertimiento como respuesta a: “Las plantas no están operando correctamente, sólo hay 3 que operan y estas no proporcionan el tratamiento adecuado y devuelven el agua al río” (inciso 2.2.3).

6.1 Implementar un programa de ahorro de pérdidas de agua en el municipio a mediano y largo plazo.

El adecuado manejo de nuestros recursos depende mucho del cambio de paradigma para gestionar el agua en conformidad a las necesidades de la cuenca. Es necesario que la gestión a nivel de cuenca se impregne en el nivel municipal, no solamente en las instituciones federales o estatales. La planeación municipal para el manejo del recurso hídrico en el municipio de Cuautla debe tomar en consideración la visión de cuenca. En el capítulo IV y capítulo V nos dimos cuenta de que los datos de la disponibilidad existente y las proyecciones en los distintos usos indican que no es posible seguir extrayendo agua subterránea para el abastecimiento doméstico sin afectar o poner en riesgo el acuífero, por lo que se propone un programa



urgente y necesario para recuperar los volúmenes que se están perdiendo. El objetivo general de este programa es establecer la estrategia a seguir para el uso eficiente del agua, de manera que se logre reducir las pérdidas de agua potable. Este programa debe establecer las acciones y/o proyectos que sean necesarios para disminuir el agua no contabilizada de un 44% al 17% en un periodo de 9 años, esto corresponde a 3 periodos de gobierno municipal y corresponden a una disminución del 9% por periodo. Algunos de los beneficios alcanzados serían:

1. Ahorrar agua a nivel usuario y a nivel del Organismo Operador.
2. Obtener mayor eficiencia económica:
 - En el costo operativo, ya que se logran costos de operación bajos al requerir menos reparaciones en el sistema.
 - En el costo del capital, ya que al mejorar el suministro se extiende la vida útil de los componentes del sistema y esto traerá como consecuencia menores costos fijos para el Organismo Operador.
3. Obtener mayor seguridad de abastecimiento, ya que al haber menos fugas aumenta la garantía del abastecimiento.

6.1.1 Trabajos previos del Programa de ahorro de pérdidas de agua.

Para poder iniciar este programa, se requiere primeramente contar con información necesaria para efectuar un trabajo confiable, ya que, al carecer de estos, no se lograrán resultados confiables. Algunos de los requerimientos técnicos requeridos según Ochoa y Bourguett, (2001) son:

- Presiones en el suministro.
- Características de las fuentes de suministro
- Trazado de las conducciones
- Topografía del sistema
- Proyecciones del gasto actual y futuro para los diversos usos.

Entonces, de inicio, para el programa de disminución de fugas, y en base



a el análisis de los Indicadores de Gestión (anexo III), se sugiere que para que el programa sea más confiable como etapa inicial se debe incrementar el porcentaje de macro medición. No se puede controlar lo que no se mide y se debe invertir en este equipo de medición cuya inversión será mucho más redituable a corto plazo una vez que se vayan reduciendo las pérdidas y comience la disminución de fugas. El Organismo Operador reporta un porcentaje de macromedición del 30.39%, el cual es muy bajo para poder lograr un control adecuado. Incrementar al menos a un 90% sería deseable, y aspirar a llegar al 100% como en las ciudades de Monterrey, Tijuana, Puerto Vallarta o como el municipio de Temixco o Emiliano Zapata que ya desde el 2016 reportaron un 100% en macromedición (PIGOO, 2018).

-Incrementar la micromedición. Un porcentaje de 57.48% es muy bajo, pero no es obstáculo para poder efectuar un programa para disminuir las pérdidas. Se sugiere aumentar al menos un porcentaje del 80% como el que reporta la ciudad de Cuernavaca.

El colocar medidores implica también el cambio de tarifas fijas a tarifa por medición, esto puede producir oposición por parte de los usuarios debido a que un gran porcentaje de los cambios puede significar un incremento en el pago. Por ello se debe tener cuidado de establecer tarifas justas y considerar a aquellos que tienen bajos ingresos. Considerar la parte socioeconómica en el tabulador de tarifas puede ayudar a eliminar o disminuir la oposición.

-Padrón de usuarios. El incrementar de un 91.3% a un 100% no debería presentar dificultades y es de suma importancia el tener contemplados a todos los usuarios.

Una vez que se tenga la información mencionada se puede proceder al establecimiento de un programa de uso eficiente de agua, el cual debería



de ser una obligación de cada organismo operador y debería incluirse en el reglamento del Sistema Operador, de manera que a pesar de que haya cambios de administración haya una continuidad y logre los objetivos planteados.

6.1.2 Elaboración de diagnóstico de la situación actual de fugas.

El municipio tiene un volumen total concesionado de 26,173,777.55 m³ anuales para uso doméstico mientras que la proyección de la demanda es de 14,628,455.99 m³/año, también hay un 44% de pérdidas en el volumen del agua suministrado (Gráfica 5.9).

El volumen de extracción es de 26.17 hm³ y considerando que la eficiencia física es del 56%, entonces el volumen perdido y no facturado será de 11,516,462 m³/año. El volumen facturado es de 14,657,315 m³/año. Además, se considera que se cuenta con 36,745 usuarios, (SOAPSC, 2019) de los cuales 6,000 son de cuota fija (Rivera, 2021).

La eficiencia comercial fue del 74% (SOAPSC, 2019) de ahí obtenemos que 14,657,315 m³/año son facturados

$$Ecom = (Vol\ agua\ pagado)/(Vol\ agua\ facturado) = 0.74$$

Entonces, el Volumen de agua pagado es de 10,846,413 m³/año

Y la diferencia corresponde al volumen de agua no pagado:

$$Vol.\ De\ agua\ no\ pagado = 14,657,315 - 10,846,413 = 3,810,902\ m^3/año.$$

El balance hídrico se ejemplifica en la tabla 6.2, (en base a IWWA,1999, citado en (CONAGUA, 39, 2015) se tomaron algunos valores supuestos debido a que la información que proporciona el O.O. es muy pobre. Para obtener el Balance Hídrico, es importante que los datos utilizados sean de la mayor precisión posible ya que la exactitud para determinar los volúmenes de Agua no facturada depende de la precisión y de la calidad de datos utilizados en el cálculo. Igualmente, una medición confiable de todos los volúmenes de agua que ingresan y salen del sistema de



abastecimiento, es primordial. También se deben actualizar y verificar la evaluación de cada uno de los Indicadores de Gestión evaluados por el Programa de Indicadores de Gestión de los Organismos Operadores (PIGOO), (ANEXO 3) ya que muchos de los valores reportados no están completos y otros no son coherentes. La información debe provenir de cada una de las áreas correspondientes tratando de evitar los errores o contradicciones en el Balance.

Considerando que el consumo facturado y cobrado en el 2020 proporcionó ingresos cercanos a los \$79,000,000.00 (SOAPS, 2018) y tomando en cuenta la eficiencia comercial del 74%, ese año se dejaron de cobrar \$27,756,757.00, sólo de los volúmenes facturados. Si se cobrara el 100% facturado el monto facturado asciende a \$106,756,757.00.

Por otro lado, considerando las pérdidas solamente con la eficiencia física del 56 % el costo del volumen total de agua sería de \$ 190,637,066.00, por lo que se dejó de cobrar sólo por los volúmenes no facturados \$83,880,309.00. Los cuales hacen un valor total no cobrado de \$111,637,067.20.

Dicha cantidad es mucho mayor que la que se logra recaudar actualmente y nos da la idea de la urgente necesidad de recuperar el volumen perdido y con ello el dinero que no está ayudando a obtener resultados de calidad en el agua potable y saneamiento del municipio.

Tabla 6.1 Volúmenes de agua y costo en el municipio Cuautla. Elaboración propia

	Volumen Concesionado	Volumen perdido m ³ /año (44%)	Volumen facturado m ³ /año	Volumen facturado cobrado m ³ /año	Volumen facturado no cobrado m ³ /año (26%)
m³/año	26,173,777	11,516,462	14,657,315	10,846,413	3,810,902
\$/año	190,637,067.20	83,880,310.44	106,756,756.76	79,000,000.00	27,756,756.76
Vol. No Cobrado	11,516,462+3,810,902=	15,327,364	\$ no cobrados		111,637,067.20



Tabla 6.2 Balance hídrico del municipio de Cuautla. Elaboración propia En base a IWA,1999

Consumo autorizado		Consumo facturado medido		Es el volumen de agua entregada a los usuarios con medidor funcionando		Agua Facturada	14,657,3157
		Consumo facturado medido		12,263,958.4			
Consumo Autorizado	Consumo facturado	Consumo facturado no medido	Es el volumen de agua suministrada a los usuarios que se les facturan por tarifa	2,393,356.6		Agua Facturada	14,657,3157
	Consumo Autorizado No facturado	Consumo Medido No facturado	Consumos generados por Equipo de Bombeo: Volumen utilizado para limpieza	5,742			
			Agua utilizada en las purgas en tuberías por mantenimiento programados: Caudal utilizado en purgas.	26,798			
			Pérdidas operativas por intervención de la red: Caudal perdido por daños en las redes.	167,709			
Consumo No Medido No Facturado	Parques, Canchas y Otros: Caudal no facturado en parques y zonas del Municipio y la utilizada por los Bomberos.	26,626					
Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes (comerciales) - Pérdidas no técnicas	Consumo ilegal o no autorizado	Clandestinos: - Tomas no legalizadas no incluidos en la base, consumo estimado. - Predios no facturados legales, es decir que alguna vez tuvieron servicio.	10,147,788		Agua No facturada	11,516,462
			FRAUDES: Se estima un %				
		Inexactitud de medición y errores en el manejo de datos de lectura de medidores	Error en medición por medidores con más de 3000m ³ .	44,964			
			Error en medición por medidores con menos de 3000 m ³ .	790,485			
	Pérdida Técnica (pérdidas reales - físicas)	Fugas de tuberías de conducción. Fugas en tuberías de distribución.	Fugas internas no medidas – Usuarios que tienen fugas hasta 1000 m ³ al mes.	139,622			
			Fugas en tuberías de conducción.	25,023			
			Fugas en tuberías de distribución.	115,344			
	Fugas en acometidas	27,341					



6.1.3. Identificar las causas que originan el estado actual de fugas.

Este proceso se propone que se realice el primer año del proyecto. Para ello se requiere tener una recopilación de los parámetros básicos con los que se basará el proyecto, por lo que se realizará la campaña de mediciones de presión en la red, así como de los caudales. Para esta campaña CONAGUA,³⁹ (2015) sugiere incluir:

- Instalación de macromedidores y micromedidores
- Medición de variación de la demanda de agua en la red
- Medición de errores de exactitud en macromedidores ya instalados.
- Muestreo de consumos de cuota fija
- Muestreo de errores de exactitud de micromedidores
- Muestreo de ocurrencia de fugas
- Levantamiento de cajas de válvulas
- Levantamientos topográficos
- Vinculación de tomas domiciliarias

Una vez obtenidos los datos se deben procesar, analizar y con ello se debe realizar los siguientes cálculos:

- Cuantificación del suministro de agua
- Estimación de consumos medidos autorizados
- Estimación de consumos no medidos autorizados
- Cálculo de pérdidas identificadas y eliminadas
- Estimación de pérdidas potenciales totales

A la par de la campaña de medición, se debe determinar en el área comercial seis puntos importantes que sugiere CONAGUA,²⁹ (2015) la situación actual de:

- Usuarios morosos y cartera vencida
- Cuantificar la submedición
- Errores de cuota fija
- Errores en el padrón de usuarios



- Errores en la colección y transferencia de lecturas de consumos
- Usuarios no registrados y consumos no autorizados (conexiones ilegales, robos y fraudes).

6.1.4. Formulación de árboles de problemas de fugas.

Una vez que se logró evaluar las presiones y caudales de la red, además de cuantificar los consumos y errores comerciales se debe proceder con la elaboración de una lista de los problemas principales del estado de fugas como pueden ser los enunciados en la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Principales problemas que pueden surgir en el municipio. Elaboración propia.

Problemas con los usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de asentamientos irregulares. • Alto porcentaje de usuarios con tarifas bajas. • Baja capacidad de pago y/o Cultura de no pago. • Alto porcentaje de usuarios con consumo ilegal. • Alto porcentaje de fraudes (pudiera haber complicidad con personal del O.O.) • Oposición de los usuarios a la instalación de medidores y cambio a tarifa medida.
Problemas en la red	<ul style="list-style-type: none"> • Mal estado de la red de conducción. • Falta de equipo y herramienta para búsqueda de fugas. • Mal estado de la red por altas presiones.
Problemas en la medición	<ul style="list-style-type: none"> • Baja cobertura de macro medición • Baja cobertura de micro medición • Errores en equipos de medición



Problemas en el área comercial	<ul style="list-style-type: none">• Errores en la descarga de datos en el sistema informático comercial.• Errores de procesamiento de los datos.• Errores en los montos de cobranza• Problemas de cobranza.
---------------------------------------	--

Al final se debe definir cuál es el problema central, observar cuales son las causas que lo producen (raíces) y elaborar un esquema de causa-efecto en forma de árbol (donde las consecuencias son las ramas).

6.1.5. Medidas para reducir y controlar las fugas.

6.1.5.1 Formación de un equipo de trabajo.

Desde el primer momento se debe formar un equipo de trabajo dedicado a la reducción de fugas tanto del área técnica como comercial, el cual se puede denominar “Uso eficiente de agua”, el cual tendrá como propósito elaborar y adaptar las técnicas para mantener niveles de fugas aceptables y rentables en el Organismo Operador. El grupo deberá de tener tres departamentos:

Sistema de información: Quien alimentará el Sistema de Información Geográfica y elaborará las estadísticas.

Detección y localización de fugas; esta sección desarrollará los balances físicos y económicos, debe localizar las fugas ocultas y las visibles. Además, debe implementar el uso de equipos especiales para la localización de fugas.

Reparación de fugas; Este personal puede conformarse con personal que ya trabaja con las redes, ya que su función es detectar y eliminar fugas, evaluar las causas de las fallas. Elaborar un programa de mejora continua para disminuir la incidencia de las fugas.



6.1.5.2 Instalación de macromedidores.

La instalación se deberá hacer al inicio del proyecto debido a que el Organismo Operador reporta un porcentaje muy bajo de medición, de manera que estos medidores sirvan de apoyo en la campaña de medición de caudales y presiones. Se deben instalar macro medidores en las fuentes de abastecimiento y en los conjuntos habitaciones que carezcan de ellos. Si existen sectores de población irregular también es un lugar adecuado para colocar uno. Los macro medidores que se usarán para la “Sectorización” pueden ser adquiridos posteriormente.

6.1.5.3 Detección de fugas no visibles.

Esta tarea será permanente durante el transcurso de los 9 años del proyecto y podrá disminuir conforme se vayan eliminando las fugas. Se puede utilizar el método más común, usando un detector acústico. Dos o tres de las brigadas que recorren la red pueden hacer un recorrido sistemático en toda el área. Se debe calendarizar el recorrido de manera que se reduzca el tiempo que transcurre desde el inicio de la fuga hasta su detección y reparación.

Como es conocido, las fugas pueden ocurrir por:

- Tuberías viejas.
- Daños en la tubería por el tipo de suelo que las rodea (suelos limosos o con ácidos orgánicos)
- Movimientos sísmicos
- Asentamientos del terreno

El equipo de campo debe elaborar un reporte que especifique las causas de la ruptura de tuberías y con los registros el área de Sistemas de información elaborará la estadística de los sectores que presentan mayor incidencia en estas reparaciones. Los datos arrojados por la estadística



deben ser usados para elaborar un análisis de dos puntos importantes.

- a. Los tiempos de respuesta de las reparaciones por fugas, con la finalidad de disminuirlos.
- b. Calcular el volumen del agua desperdiciada por el daño, así como el agua que el Organismo Operador deja de cobrar por el daño.

6.1.5.4 Control de presiones

Cuando se controlan las variaciones de presión en la red, se logra disminuir la aparición de nuevas fugas. Por ello es importante en la campaña de mediciones hacer un diagnóstico correcto de las variaciones en este parámetro. Esto se logra efectuando la “sectorización de la red” (Ochoa y Bourguett, 2001), ya que este proceso nos permite un mejor control de las presiones en ellos. Al igual que la medición de caudales, la medición de presiones se deberá implementar en el primer año del proyecto.

6.1.5.5 Sectorización de la red.

Es muy probable que la red existente en el municipio de Cuautla no haya sido diseñada con criterios de eficiencia como los que se plantean en la actualidad y posiblemente emigrar a la Sectorización requiera de una mayor inversión para lograr hacer las conexiones necesarias. La sectorización es una estrategia de control y reducción de pérdidas tanto técnicas como comerciales. La sectorización secciona la red de agua potable en sectores homogéneos, aislados e independientes, esto nos permite calcular los volúmenes suministrados y verificar los volúmenes facturados. La sectorización permite la “recuperación de caudales de fuga en forma rentable, rápida y efectiva”. (CONAGUA, 53, 2015)

Este proceso viene después de obtener los datos arrojados por la campaña de medición, por lo que la Sectorización permitirá establecer un modelo



numérico de la red que permitirá la optimización del manejo de esta.

6.1.5.6 Rehabilitación de la red.

La rehabilitación de la red es indispensablemente necesaria ya que nos permitirá reducir el trabajo de reparación de fugas y con ello bajar también los costos del suministro. Por otra parte, se debe considerar que existen tuberías que ya tienen una antigüedad de 70 años (Gabiña, 2019), por lo que sólo en el 2018 se reportaron 2,192 fugas (SOAPSC, 2018).

La obtención de datos del estudio hecho el primer año puede indicar cuales son los sectores que presentan mayor número de fugas y ello indicará donde será necesario priorizar el cambio de tubería. El cambio permitirá usar nuevos materiales, de mejor calidad que alarguen la vida útil de la red, lo cual traerá el beneficio de reducir la frecuencia de las reparaciones y bajar los costos de mantenimiento además de disminuir los tiempos de bombeo cuando se eliminen las fugas.

Es importante dar prioridad a la sustitución sobre la reparación de tuberías, pero se debe llevar un control de cada tramo sustituido, materiales utilizados, así como de los gastos erogados para que las estadísticas nos ayuden a optimizar la red y a tener un catastro completo de cada sector.

6.1.5.7 Optimizar la micromedición

Medidores dañados. Se debe hacer una revisión exhaustiva de la base de datos de los usuarios que tienen medidor y que reportan cambios en los consumos con tendencia a disminuir. Se debe hacer un listado y calendarizar la visita al domicilio para revisión al medidor, así como para su reemplazo cuando se detecte que ya no esté funcionando correctamente ya sea por daño en el sistema o por problemas en la carátula que impidan la lectura volumétrica. El reporte debe especificar la situación en la que se encontraba el medidor.



Usuarios suspendidos. Realizar una revisión de la base de datos reportada como suspendida. Se debe calendarizar la visita a los predios y verificar si el predio tiene acometida, si está en uso actualmente. Realizar el trámite para la inclusión en la base de datos en caso de que se encuentre en uso.

Predios no habitados. Se debe hacer una revisión en la base de datos comercial de las tomas que se reportan como no habitados. Realizar un cronograma para visita de verificación. Cuando se verifique que el predio no está habitado se debe colocar una medida de suspensión de la toma. Posteriormente se debe actualizar la base de datos con los cambios realizados.

6.1.5.8 Tarifa fija.

Se debe hacer la revisión en la base de datos comercial de los suscriptores reportados como Tarifa Fija y proceder a incluirlos en el proyecto de migración a tarifa medida.

6.1.5.9 Reducción de pérdidas intradomiciliarias:

Se debe establecer una campaña de acciones en coordinación con los usuarios que logre sensibilizar a la población de la importancia y el valor del agua, así como de su cuidado, ahorro y lo que significan las pérdidas por fugas en el domicilio. El Organismo Operador debe no solo informar sino educar al usuario sobre el correcto uso de las instalaciones, utilización racional del agua, además de la identificación de las pérdidas.

6.1.5.10 Reducción de pérdidas en la facturación.

El bloqueo del servicio al usuario. De acuerdo con lo establecido en la Constitución Política en relación con el derecho humano al agua, se debe evitar la suspensión total del suministro por lo que debe estandarizarse este procedimiento y no utilizarse solamente como una medida última para obligar al usuario que pague. El usuario debe conocer que hay un plazo límite de pago y que si no lo hace la consecuencia es utilizar una



válvula de bloqueo con la cual limitará el abastó para que reciban sólo una dotación mínima que puede estar entre los 50 o 100 litros diarios por persona en dicho domicilio. Con esto se tratará de evitar acumulación de un adeudo que cada vez más sea incosteable y se vuelva permanente. Revisar y actualizar este procedimiento para la instalación del bloqueo del servicio, así como para el procedimiento y cobro de visita por desbloqueo.

Usuarios de alto consumo. Se deben programar visitas periódicas a, hoteles, comercio, industrias, autolavados y en general a los usuarios de gran consumo; se debe tener un plan de visitas para usuarios que presentan comportamientos atípicos en sus consumos, se debe llevar una estadística de sus consumos y de las quejas reportadas por estos usuarios.

Cruce de facturación con volúmenes medidos. Es necesario establecer como meta un 100% de instalación tanto de macromedidores como de micromedidores y realizar la coherencia en la estadística de la facturación con los volúmenes medidos.

Facturación de cuentas institucionales. Se debe verificar la base de datos de los volúmenes que se utilicen en parques, jardines, canchas, centros de salud, etc. Si no se cuenta con medición, se debe instalar para llevar un control de estas tomas.

Facturación por cruce de la información comercial. Se debe hacer un cruce con el listado de la cámara de comercio, de la industria y con datos del REPDA y compararla con el listado de usuarios. Si se detecta que hay negocios que no están registrados en alguna de estas listas se debe proceder a una visita de inspección y en su caso ingresarlos como nuevos usuarios. Para ello se debe establecer un procedimiento apoyado en la legislación vigente.



6.1.5.11 Manejo de fraudes.

Debe establecerse un procedimiento que incluya las diferentes formas en que se pueda dar los fraudes, tales como fraude en la suspensión del servicio, disminución de los consumos, tomas clandestinas e ilegales, así como el reconocimiento de pago por errores de lectura.

6.1.6. Programa permanente de control de fugas para mantener un nivel aceptable

Se propone el programa para disminuir las pérdidas un plazo de 9 años. Durante ese periodo se pretende disminuir casi un 30% del volumen total concesionado y que se pierde. No valdría la pena todo el esfuerzo, tiempo y recursos empleados en este programa si una vez terminado este periodo se vuelve a tener el incremento de las pérdidas que se han eliminado hasta este punto. Por esto se debe establecer el programa de actividades permanente una vez que se concluya el noveno año (tabla 6.4). El programa debe incluir al menos:

- Elaboración de un balance anual. El departamento de Uso eficiente del agua debe tener calendarizado el mes más adecuado en el que se realice el balance hídrico desde el tercer año de que se inició el programa y se deberá continuar cada año.
- Monitoreo continuo de la red.
- Muestreos de evaluación



Tabla 6.4 Cronograma del Programa de ahorro de pérdidas de agua en el municipio Cuautla. Elaboración propia.

ACTIVIDADES	Año													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Elaboración del Diagnóstico previo y trabajos preliminares.	■													
2. Formación del equipo de trabajo "Uso eficiente del agua". Capacitación.	■													
3. Instalación de macromedidores		■												
4. Campaña de Medición de Caudales y de presiones		■												
5. Análisis de los resultados y evaluación de la disponibilidad del agua.			■											
6. Sectorización de la red, elaboración del proyecto de eficiencia hidráulica			■											
7. Cálculo de Indicadores de la red			■											
8. Implementación de las actividades para la eliminación de pérdidas físicas y comerciales conforme al proyecto de eficiencia.				■										
9. Rehabilitación y sustitución de la red					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10. Instalación y Seguimiento del programa permanente de control de fugas.												■	■	■

6.2 Implementar un programa para disminuir la pérdida de agua en la agricultura cambiando el método de riego.

El volumen extraído para uso agrícola en la cuenca se estimó que podría aumentar hasta un valor de 337.99 hm³/año, es decir, 45.61 hm³/año adicional al volumen actual concesionado, tomando en consideración un requerimiento de producción de un 70% más que el actual sin cambiar la eficiencia. Debido a que el volumen en este uso es el mayor de todos los demás, es muy significativo cada punto porcentual que se logre recuperar de las pérdidas del volumen de agua durante el proceso.

Tabla 6.5 Eficiencias por métodos de riego. Fuente: IMTA (2021)

Método de Riego	E. Aplicación	E. Almacenamiento	E. Distribución	E. Agronómica
Tendido (inundación)	0.4	0.85	0.6	0.2
Surcos	0.55	0.85	0.75	0.35
Bordes	0.6	0.9	0.7	0.38
Aspersión	0.9	1	0.85	0.75
Goteo	0.95	1	0.9	0.86

Si tomamos en cuenta los valores proporcionados por otros métodos de



riego diferentes al que se usa actualmente se lograría un ahorro del 40 % si se emigra al método de aspersión y un 50% con el método de goteo (tabla 6.5).

Del volumen actual 292.38 hm³/año se aprovechan realmente (35% en surcos) 102.33 hm³/año. Y considerando un aumento del 70% en la producción actual para el año 2070, los requerimientos de los cultivos para ese año podrían ser de 173.96 hm³/año.

6.2.1 Riego por aspersión y por goteo.

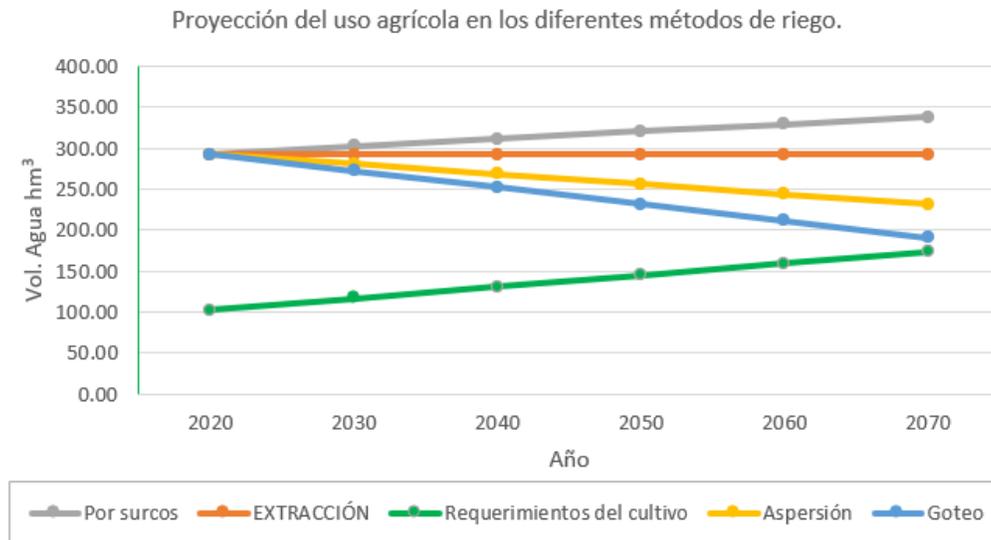
Si se cambia paulatinamente del riego por surcos a riego por aspersión, en 50 años no sería necesario aumentar el volumen de riego que se tiene actualmente a pesar de que el requerimiento de la producción aumente un 70%. Considerando este cambio se inicia con un volumen concesionado de 292.38 hm³/año, los cuales se proyectan para que año con año se sustituya un porcentaje del riego por surcos a riego por aspersión. En esta proyección nos damos cuenta de que, en el 2070, año en el cual se habría emigrado el 100% del área regable por aspersión, se estaría ocupando 60.43 hm³/año menos de lo que se ocupa actualmente. Considerando de la misma forma emigrar el sistema de riego a goteo dentro de 50 años habría un requerimiento de 101.14 hm³/año menos que lo que se tiene concesionado el día de hoy y se estarían cubriendo las necesidades de un 70% más de la producción actual (Gráfica 6.1).

Tabla 6.6 Proyección de los volúmenes de agua necesarios por tipo de riego. Elaboración propia.

AÑO	2020	2030	2040	2050	2060	2070
SUPERFICIE SEMBRADA km²	102.29	105.97	109.04	112.11	115.18	118.25
Por surcos hm³	292.38	302.91	311.68	320.45	329.22	337.99
EXTRACCIÓN hm³	292.38	292.38	292.38	292.38	292.38	292.38
Requerimientos del cultivo hm³	102.33	116.656	130.982	145.308	159.634	173.96
Aspersión hm³	292.38	280.294	268.208	256.122	244.036	231.95
Goteo hm³	292.38	272.1521	251.9242	231.6963	211.4684	191.2405



Gráfica 6.1 Proyección del uso agrícola con diferentes métodos de riego. Elaboración propia.



6.2.2 Evaluación financiera para el riego por surcos y riego por aspersión.

6.2.2.1 Costos de Inversión

Como se puede ver en la tabla 3.21, en la cuenca hay una gran variedad de cultivos que dependen tanto del clima como de la temporada. Por lo que a manera de ejemplo se presenta la siembra de maíz.

El método de riego usual en la cuenca es por surcos, este método tiene 3 ventajas principales: su instalación e infraestructura es muy simple, es de fácil mantenimiento y al emplear su distribución de agua por gravedad prácticamente la energía requerida es nula. Debido a la naturaleza intangible de algunos valores socioculturales atribuibles al agua dificultan cualquier intento de darle una cuantificación económica; el costo del agua para este ejemplo, de manera simple, utiliza el costo del valor que se cobra en la Ley federal de derechos por cada metro cúbico excedente del volumen concesionado (\$0.2047), pero multiplicado por 4.18 (\$0.855646), (Rubiños et al, 2007) para considerar al menos un aproximado al costo sombra del recurso (precio que está en función del costo que tendría en



un mercado de competencia perfecta, incluyendo los costos asociados). El precio sombra del agua puede ser calculado para cada región específica, este factor se utiliza sólo con fines ilustrativos y fue tomado de un estudio de los distritos de riego en México. El número de riegos es calendarizado para cada cultivo, en este caso se consideran 14 riegos con un costo de \$250 c/u.

Para iniciar la siembra se requiere que el terreno esté nivelado por lo que hay que considerar la nivelación inicial para que el agua avance por la superficie del suelo, se distribuya por toda la parcela y se infiltre en el perfil del suelo (Tabla 6.7).

De acuerdo con algunos proveedores de semilla local, se estima que el rendimiento de una hectárea en valor conservador puede ser de 6.5 toneladas (Tabla 6.7). El Sistema Nacional de Información de Mercados reporta el precio de los granos como el maíz cada mes, en este ejemplo se toma a \$6.438 el kg por mayoreo, por lo que la producción de una hectárea se puede vender en \$41,847, con este costo total, la utilidad es de \$12,961.67.

Tabla 6.7. Costos de producción de Maíz por surco por hectárea. Con datos de Elaboración propia con datos de (Agroproyectos.org 2022).

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario	\$/Ha
LABORES DE ESTABLECIMIENTO				2,630.00
Rastra	HA	1	700.00	700.00
Subsuelo	HA	1	800.00	800.00
Premergente	Lts.	2	190.00	380.00
Aplicación Premergente	Jornales	3	250.00	750.00
MATERIAL DE PLANTACIÓN				4,420.00
Hibrido	bulto	1	2,100.00	2,100.00
Clorpirifus Granulado	saco	1	320.00	320.00





Siembra mecanizada	Ha	1	2,000.00	2,000.00
LABORES DE MANTENIMIENTO				10,555.00
CONTROL DE PLAGAS				1680.00
Denim	litro	1	180.00	180.00
Lorsban	litro	2	250.00	500.00
Aplicación Denin	Jornales	4	250.00	1,000.00
CONTROL DE MALEZAS				1,410.00
AGRAMINA	litros	6	110.00	660.00
Aplicación	manual	3	250.00	750.00
PRIMERA FERTILIZACION				2,205.00
Sulfato de amonio	bulto	1	175.00	175.00
Fosfato diamónico	bulto	1	420.00	420.00
Cloruro de potasio	bulto	1	360.00	360.00
Aplicación	manual	5	250.00	1,250.00
SEGUNDA FERTILIZACION				5,260.00
32-00-18 (UREA+KCL)	KG	200	20.00	4,000.00
Fertilizante Foliar	Lts.	2	130.00	260.00
Aplicación de Fertilizante 2da	Jornales	4	250.00	1,000.00
RIEGO				6,580.33
Agua	m3	3600	0.855646	3,080.33
Aplicación	Jornales	14	250.00	3,500.00
COSECHA				4,700.00
Cosecha mecanizada	HA	1	1,700.00	1,700.00
Fletes	servicio	1	3,000.00	3,000.00
Total				28,885.33

Rendimiento y Precio de Venta:

Rendimiento maiz grano (TON/HA)	6.50
Precio (\$/TON) maiz grano	\$ 6,438.00

Egresos variables/Ha	\$ 28,885.33
Ingresos / Ha	\$ 41,847.00

TOTAL DE BENEFICIOS \$ 12,961.67

Hacer un análisis comparativo con los datos de los cultivos locales requiere de otro estudio que pueda detallar los costos de inversión, materiales, y de



las prácticas que involucran cada método de riego. Pérez (2014), hace un análisis de los 3 métodos de riego donde presenta el cálculo del coste total de las inversiones teniendo en cuenta los elementos necesarios en su instalación. El costo anual de la inversión contempla una vida útil de 20 años con un interés promedio del 4.33%. Partiendo de esto calcula la cuota anual por hectárea del material que se reutiliza todos los años de vida útil y añade el material que se repone para obtener el valor económico que influirá en el coste del sistema de riego.

Utiliza el mismo costo del agua para cada método debido a que no se toma en cuenta el agua consumida, sino el costo por hectárea regable; sin embargo, sí considera el gasto de agua en cada método de riego de acuerdo con los calendarios de riego para cada sistema de manera que se considere el costo medio ambiental y los consumos del agua en este estudio que presenta Pérez, toman valores dependiendo del sistema de riego de la siguiente manera

- Riego por surcos 13,800 m³/ha
- Riego por aspersión con pivot 9,450 m³/ha
- Riego por goteo 8,400 m³/ha

En los costos de mano de obra toma en cuenta lo siguiente:

- Tiempo medio requerido para la instalación de cada sistema de riego.
- Tiempo destinado por parte del regante a la atención del correcto funcionamiento del sistema de riego
- Costo de 10€/h, como un salario por encima del salario mínimo interprofesional.

El gasto energético, se obtiene con las curvas características de las motobombas utilizadas para un caudal y una presión de trabajo necesaria, para obtener la potencia requerida en cada método. De estos datos obtiene el consumo de combustible para integrarlo al costo por hectárea. (Tabla 6.8)



Otra consideración importante es que cada método es recomendado para cierto tamaño de parcela, así, el riego por surcos es más utilizado para parcelas menores a 6 Ha, el riego por aspersión con pivote se recomienda para parcelas mayores a 6 Ha y el método por goteo es recomendable para cualquier tamaño de parcela. Los cálculos toman en cuenta un tamaño promedio de parcela de 5, 33 y 15 Ha respectivamente.

La cantidad de fertilizantes también varía por método de riego debido a la pérdida de nutrientes por lixiviación. El riego por goteo es el que menos fertilizante utiliza, toma en consideración 15.4 kg N/t cosecha·ha, y requiere un 21.4% menos que el riego con pivot y un 44.2% menos que por surco.

Tabla 6.8 Valores considerados en la comparación de los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz (Adaptado de Pérez (2014).

	TIPO DE RIEGO		
	Por surcos	Aspersión con pivote	Por goteo
Tamaño parcela tipo de la comparación	< 5 ha	33 ha	15 ha
Coste total de infraestructuras (\$/ha)	33,000.00	36,758.26	46,824.14
COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO			
Coste anual de infraestructuras (\$/ha)	2,499.64	2,784.32	10,595.86
Coste del agua (€/ha)	4,400.00	4,400.00	4,400.00
Coste mano de obra (instalación) (\$/ha)	0.00	0.00	891.00
Coste mano de obra (riego) (\$/ha)	6,160.00	82.94	295.90
Gasto energético (\$/ha)	0.00	3,490.08	1,934.24
SUBTOTAL	13,059.64	10,757.34	18,117.00
PRÁCTICAS DE CULTIVO Y MATERIAS PRIMAS			
Labores de cultivo (\$/ha)	5,893.58	5,613.74	5,508.80
Abono (\$/ha)	10671.54	10157.18	10164.22
Semilla (\$/ha)	4,224.00	4,224.00	4,224.00
Fitosanitarios (\$/ha)	1100	1100	1100
SUBTOTAL	21,889.12	21,094.92	20,997.02
TOTAL	34,948.76	31,852.26	39,114.02
PRODUCCIÓN ton/HE			
	10.00	14.40	16.30
PRODUCCIÓN \$/HE			
	42,827.40	61,671.50	69,808.64
TOTAL DE BENEFICIOS			
	7,878.64	29,819.24	30,694.62



6.2.2.2 Cálculo del VPN

Con los valores anteriores de costos y beneficios de la tabla anterior se determina el efecto neto del proyecto en el momento de la inversión con la tasa de retorno promedio que utilizó el autor en el estudio del 4.33% a 20 años, sin considerar valor de rescate, mediante la ecuación:

$$VPN = -P + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE5}{(1+i)^{20}}$$

Tabla 6.9 Valores presentes netos del cultivo de maíz para los tres tipos de riego,

	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
SURCOS	33,000	7,552	7,238	6,938	6,650	6,374	6,109	5,856	5,613	5,380	5,157	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		4,943	4,737	4,541	4,352	4,172	3,999	3,833	3,674	3,521	3,375	71,011
	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
ASPERSIÓN	36,758	28,582	27,395	26,258	25,169	24,124	23,123	22,163	21,243	20,362	19,517	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		18,707	17,930	17,186	16,473	15,789	15,134	14,506	13,904	13,327	12,774	356,906
	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
GOTEO	46,824	29,421	28,200	27,029	25,907	24,832	23,802	22,814	21,867	20,959	20,090	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		19,256	18,457	17,691	16,956	16,253	15,578	14,932	14,312	13,718	13,149	358,397

En los tres casos el VPN es positivo, pero el mayor valor corresponde al riego por goteo. Aun cuando la inversión es mayor, los beneficios son mayores.

6.2.2.3 Cálculo de la Tasa Interna de retorno TIR

El VPN es igual a cero para una TIR de 18.8784% en el riego por surcos; para una TIR de 73.604901638% en el riego por aspersión por pivot y para una TIR de 58.6794213641% para el riego por goteo. El método de aspersión proporciona la mayor rentabilidad de los 3 métodos, en segundo lugar, sería el método de riego localizado y como último el de inundación por surco (Tabla 6.10).



Tabla 6.10 Valores de la TIR cuando la VPN es cero.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
SURCOS	33,000	6,352	5,122	4,130	3,330	2,685	2,165	1,745	1,407	1,135	915	
TIR de 18.8784%		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		738	595	480	387	299	251	203	163	499	402	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
ASPERSIÓN	36,758.26	16,464	9,090	5,019	2,771	1,530	845	466	257	142	78	
TIR de 73.604901638%		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		43	24	13	7	4	2	1	1	0	0	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VPN
GOTEO	46,824.14	18541	11200	6765	4086	2468	1491	901	544	329	199	
TIR de 58.6794213641%		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		120	72	44	26	16	10	6	4	2	1	0

6.2.2.4 Cálculo del Periodo de retorno de la Inversión (PRI)

El Periodo de recuperación de la inversión inicial cuando los flujos de efectivo son iguales, se calcula por la fórmula siguiente:

Periodo de recuperación de la inversión (PRI) = Inversión inicial / Flujo de efectivo por periodo.

Para Riego por surcos:

$$PRI = 33,000 / 7,873 = 4.19 \text{ años}$$

Para riego por aspersión:

$$PRI = 36,758.26 / 29,819 = 1.23 \text{ años}$$

Para riego por Goteo:

$$PRI = 46,824.14 / 30,695 = 1.525 \text{ años.}$$

El tiempo en el que se podrá recuperar una inversión inicial en el riego por surco es mucho mayor que en cualquiera de los otros métodos, por lo que es importante ver como una oportunidad el cambiar a riego por aspersión o riego por goteo además de que esto nos permitirá el ahorro en los volúmenes de agua que se requiere en la cuenca.



6.3. Implementar un programa de Cultura sustentable del agua.

La educación ambiental surge como una necesidad de buscar soluciones a una crisis ambiental a la cual nos enfrentamos. Emilia de la Sienna define la Educación Ambiental como la disciplina que reúne un conjunto de acciones a fin de desarrollar conocimientos, valores éticos, las habilidades y las conductas necesarias para actuar con estricto respeto hacia el entorno. (De la Sienna, 2010) Cualquier acción que se inicie a favor del ambiente, el río o la ecología, no será próspero si no hay un cambio en la mentalidad de la población. Mora (2013) subraya que “sin educación no es posible un cambio de mentalidad en la gestión del agua”, es importante resaltar que en los últimos años la Educación ambiental ha tenido una gran influencia en los cambios de paradigmas económicos, políticos y sociales por lo que es indispensable que el cambio que se espera hacia una mejor calidad de las fuentes de agua surja con los cambios de mentalidad en las comunidades aledañas al río. Si se logra cambiar la mentalidad en este sentido, mejorar las condiciones del agua y de las riberas del río, no será un elemento más de los propósitos gubernamentales locales, sino más bien será una exigencia de la sociedad a la que se tratará de resolver una necesidad básica y un derecho; el derecho que se conjuga en derecho a la salud, al acceso al agua, al saneamiento y finalmente a un ambiente sano para su bienestar y desarrollo. (CPEUM, Art.4)

6.3.1. Formación de un equipo de trabajo.

Se puede formar un equipo de trabajo en el que participen elementos de las instituciones relacionadas con la problemática del río, e incluir a personas de la comunidad, Reyes y Esteva (2013) sugieren que el personal que se involucre en este trabajo sea de la comunidad donde se desarrollará el proyecto. La propuesta del equipo es que se incluya personal del SOAPSC, de la Dirección de Ecología del Municipio, personal



del Área Natural Protegida y de las Instituciones. Un representante de CONAGUA, uno de CEAGUA, representando a la población, se sugieren 3 personas (Tabla 6.14).

Tabla 6.11 Equipo de trabajo para el programa de educación ambiental en el río Cuautla. Elaboración propia.

INSTITUCIÓN	NÚMERO DE PARTICIPANTES	FUNCIÓN
CONAGUA	1	Coordinación y capacitación
CEAGUA	1	Coordinación y capacitación
SOAPSC	1	Capacitación y difusión
ANP	1	Capacitación y difusión
COMUNIDAD	3	Capacitación y difusión

Es necesario por tanto que las instituciones y el municipio sean los primeros en recibir la información de la responsabilidad que tienen en sus manos para que los cambios fluyan a manera de cascada, de arriba hacia abajo; de lo contrario los cambios serán más lentos o nulos, produciéndose un choque de intereses entre la sociedad civil y el estado.

El Programa de Educación Ambiental se compondrá de 2 días, los cuales incluirán 2 horas de capacitación teórica y 4 horas de trabajo en campo. Los temas serán impartidos el primer día en aula y el segundo en campo. Se recomienda que se imparta esta información en las colonias en las cuales se han detectado descargas domésticas al río y en los ejidos colindantes al área natural protegida (tabla 6.15 y 6.16).



Tabla 6.12 Colonias contiguas al río. Elaboración propia con datos de Reynoso, (2021)

Municipio	Categoría	Nombre	Representación
Cuatla	Colonia	Santa Bárbara	Ayudante
Cuatla	Colonia	Salvador Esquer	Representante
Cuatla	Fraccionamiento	Brisas	Representante
Cuatla	Unidad Habitacional	Piedra Blanca	Representante
Cuatla	Colonia	Cuatlixco	Ayudante
Cuatla	Colonia	Zaragoza	Ayudante
Cuatla	Colonia	Santa Cruz	Ayudante
Cuatla	Colonia	Ampliación Santa Cruz	Ayudante
Cuatla	Colonia	Santa Rosa	Ayudante
Cuatla	Colonia	Guadalupe Victoria	Ayudante
Cuatla	Colonia	Tepeyac	Ayudante
Cuatla	Colonia	Otilio Montaña	Ayudante
Cuatla	Unidad Habitacional	FOVISSSTE Amilcingo	Representante
Cuatla	Colonia	Gabriel Tepepa	Ayudante
Cuatla	Colonia	Emiliano Zapata	Ayudante
Cuatla	Colonia	Centro	Ayudante
Cuatla	Colonia	Pablo Torres Burgos	Ayudante

Tabla 6.13 Ejidos colindantes al río. Elaboración propia con datos de Reynoso, (2021)

Municipio	Ejido
Cuatla	Cuatlixco
Cuatla	Cuatla
Cuatla	Otilio Montaña
Cuatla	Gabriel Tepepa

6.3.2 Programa de cultura del agua

6.3.2.1 Marco de referencia del programa.

El presente trabajo se elabora en el marco del objetivo número 4 del Plan Nacional Hídrico “Preservar la integridad del ciclo del agua”, a fin de garantizar dicho objetivo, se plantea una estrategia que pretende contribuir al bienestar de la sociedad: “reducir y controlar la contaminación para evitar el deterioro de los cuerpos de agua y sus impactos en la salud” (DOF,2020). El programa de desarrollo municipal de Cuatla en su eje programático número 5, Modernidad,





Desarrollo y Sustentabilidad, propone “impulsar el uso eficiente de los recursos naturales apoyados con la normativa y leyes aplicables que regulen el manejo de los recursos”.

El problema de la contaminación: A nivel nacional las aguas residuales producidas en 2017 generaron 2 millones de toneladas de DB05, siendo las industrias las que más aportaron contaminantes orgánicos y hasta 340% más contaminación que la generada por los municipios (DOF, 2020). Las principales fuentes de abastecimiento para los diferentes usos en el país son las aguas superficiales y las subterráneas, y a muy a pesar de que en los últimos años la construcción y puesta en operación de plantas de tratamiento ha incrementado, la cobertura en alcantarillado y la depuración de las aguas por tratamiento han aumentado un 42% los últimos 30 años. Jiménez (2007), señala que la mala calidad en las fuentes de abastecimiento proviene principalmente de cuatro factores:

- la falta de control de las fuentes de contaminación,
- la baja cobertura del drenaje municipal y
- la baja tasa del crecimiento del caudal tratado
- México recibe una menor inversión en el sector agua que la de otros sectores.

En Cuautla en el 2015 se reporta con cobertura del 70.6 % de agua potable entubada y el 99.6% en servicio sanitario y el 99.4% con drenaje (INEGI, 2020). Sin embargo, en un estudio hecho por la CONAGUA se encuentra que los habitantes de la zona aledaña al río arrojan un volumen de 115 l/s de agua residual.

6.3.2.2 Objetivo General del programa de cultura del agua

Concientizar e involucrar a la población civil de los problemas que ocasionan las descargas de aguas residuales domésticas, así como los residuos sólidos a las riberas del río, con el fin de reducir la carga contaminante del Río Cuautla.



6.3.2.3 Objetivos específicos del programa de cultura del agua.

Elaboración de un programa de difusión en colaboración con las comunidades, las instituciones y el municipio.

Generar recomendaciones respecto a pautas estratégicas para disminuir las descargas de agua residual y la emisión de desechos sólidos al río.

6.3.2.4 Cronograma del programa.

Tabla 6.14 Cronograma del programa de educación ambiental.

Etapas del proyecto	Trimestre año 1		Trimestre año 2				Año 3
	1	2	1	2	3	4	1
I Estudio de área, caracterización y elaboración de logística.							
II Diagnósticos comunitarios y definiciones del programa general							
III Operación del programa							
IV Evaluación y definición del seguimiento							

6.3.3 Marco Teórico del programa.

DIA 1

El agua como recurso escaso.

El crecimiento poblacional de los últimos años, sobre todo en las áreas urbanas, ha ocasionado la limitación y el encarecimiento de los recursos básicos como la vivienda y la energía, pero un problema mayor ha surgido con el abastecimiento de agua que es indispensable para la vida y el desarrollo humano. Consecuentemente, el desgaste de los recursos naturales se ha incrementado a pasos agigantados. Los ríos que antes eran una fuente de vida y albergue de diferentes especies, poco a poco se convierten en barrancas de agua sucia; de la misma manera los lagos pierden su esplendor y presentan eutrofización cuando se vierten en ellos



grandes cantidades de nutrientes o materia orgánica. Los mantos freáticos también han sido afectados por los desechos humanos que se infiltran en el subsuelo, así como por los químicos que se utilizan en la agricultura. Por otra parte, el cambio en el clima ocasionado por el calentamiento global ocasiona que las lluvias sean más abundantes e intensas en algunas regiones mientras que en otras se presentan sequías severas, lo que ocasiona un problema mayor en la distribución del recurso agua.

La escasez en México y el mundo.

La escasez del agua ocurre cuando la demanda de los diferentes usos sobrepasa la disponibilidad de esta, esto se puede presentar por dos distintas situaciones (FAO, 2009). La primera se presenta en las regiones áridas donde no hay suficiente recurso para satisfacer las necesidades humanas, la segunda ocurre cuando el agua está presente en la región, pero el incremento de la población y su desarrollo exige un mayor suministro y la adecuada distribución del recurso comienza a estar en conflicto y generalmente los que padecen la escasez son la población más pobre.



Mapa 6.1 a) Regiones áridas con escasez. b) Países con escasez por sobrepoblación y mala distribución.

Actualmente, cerca de 700 millones de personas en 43 países padecen escasez de agua (casi 50% de la población). Se estima que para el 2025, 1.8 billones de personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta y dos terceras partes de la población mundial podría estar bajo condiciones



de estrés hídrico. Un factor que potencializa el problema es el cambio climático, el cual puede llevarnos a que casi la mitad de la población viva en áreas de fuerte estrés hídrico para el 2030. (UN.ORG, 2021). En el mundo hay 1,386 billones de hm^3 de los cuales sólo el 2.5% es agua dulce y la mayor parte de ella está en forma de hielo en los glaciares, por lo que se estima que sólo el 0.77% (10.67 billones de hm^3) del agua dulce está disponible y puede ser utilizada en todo el mundo (CONAGUA,2019).

En México la población en 1950 era de 24.8 millones, mientras que en el 2015 ascendía a 119.5 millones, lo que significa un incremento de aproximadamente 5 veces en tan sólo 65 años. (CONAGUA,2018)

La siguiente tabla presenta el incremento en la población de 5 paises de 1960 al 2019.

Tabla 6.15 Crecimiento de la población en 5 paises. Elaboración propia con datos de <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion>

PAIS	POBLACION (Habitantes)		CRECIMIENTO POBLACIONAL	AREA	Densidad	Grado de	Agua Renovable
	1960	2019	%	Km ²	Hab/Km ²	Presión %	m ³ /hab/año
USA	179,972,000	328,461,000	182.5	9,831,510	33	15.57	9441
FRANCIA	46,621,669	67,320,216	144.4	549,087	123	19.62	3254
RUSIA	119,897,000	146,749,000	122.4	17,098,250	9	<10	31096
CHINA	662,070,000	1,397,715,000	211.1	9,562,910	146	19.51	1955
MEXICO	37,771,859	127,576,000	337.8	1,964,375	65	17.5	3702

De 1960 al 2019 Estados Unidos, Francia y Rusia crecieron en más del 120%, mientras que china rebasó el 200% y México el 300% en menos de 60 años (tabla 6.9). Este nivel de crecimiento trae sus consecuencias y lo vemos reflejado en el nivel de presión del recurso agua; esto no depende si el país es capitalista o socialista, la regla es simple, si la población crece, crecen sus necesidades de suministro. Lo que no crece es la cantidad de agua que le corresponde a cada individuo, por lo tanto, habrá más presión sobre el recurso cada vez que la población aumenta. China a pesar de ser un país socialista y que en la actualidad se considera una potencia económica,





tiene una cifra muy pobre de agua renovable y una gran presión del recurso, pero hay que considerar que el país tiene la mayor población del mundo. Contrariamente Estados Unidos a pesar de ser un país capitalista, su agua renovable es casi cuatro veces mayor que la de China, pero, su densidad poblacional es casi 5 veces menor. Rusia tiene la menor densidad de población con tan sólo 9 habitantes por Km², por lo tanto, no presenta presión en el recurso y su agua renovable es la mayor de los 5 países señalados. Por último, Francia presenta un grado de presión similar al de China a pesar de ser el más pequeño de estos países, pero su densidad poblacional es similar a la de China.

Valor social del agua.

La enorme importancia que el agua representa para el hombre y para la vida en el planeta, le otorga un valor intrínseco a este recurso. Un valor social, es el que permite crear y potenciar las capacidades de las personas y con él se logra mejorar sus condiciones (ES.Org, 2009). El agua proporciona al ser humano no sólo la vida, sino con ayuda de ella cultiva sus alimentos, permite producir sus bienes de consumo y logra su desarrollo, además, “la mitad de la mano de obra mundial está empleada en ocho sectores que dependen del agua y de los recursos naturales: agricultura, bosques, pesca, energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción y transportes” (UNESCO, 2016). Sin agua no hay progreso, sin agua la economía no podría desarrollarse, el Programa de las naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) enlista 6 beneficios que proporciona el acceso al agua y al saneamiento: 1 Reduce la mortalidad infantil. 2 Pone fin a las desventajas del ciclo de vida. 3 Mantiene bajos los amplios costos de salud. 4 Mejora la educación de las niñas. 5 Libera a las mujeres y niñas del tiempo que pasan buscando agua. 6 Garantiza el sentido de la dignidad humana. 7 Reduce la pobreza de ingresos (PNUD,2006). Estos son beneficios invaluablemente monetariamente,





por lo que se ha producido una gran polémica en torno a darle un valor netamente económico mediante la privatización del recurso.

El valor social es el valor primario que debe reconocerse en el manejo del agua y debemos evitar darle un enfoque únicamente monetario como por mucho tiempo se ha hecho (Arrojo, 2006). Pero no podemos movernos al otro extremo, el valor social del agua, como lo describe Peña, “nos lleva a entender que la naturaleza se presenta a través de un trasfondo ideológico que comúnmente oculta la inequidad social presente en el uso y distribución social de los recursos naturales” (Peña ,2012). Esta inequidad es la que debe subsanarse eliminando la escasez en aquellas esferas de la población que no logran pagar el precio material que involucra el transporte y tratamiento del agua.

El valor económico del agua.

A pesar de representar innumerables bondades el agua es muy barata, quizá porque un siglo atrás no existía la competencia por este bien y se ha heredado en las últimas generaciones la idea de que es un bien libre que nos regala la naturaleza. Una vez que el abastecimiento del agua se convirtió en un servicio público, la captación, conducción, distribución y en su caso el tratamiento generó un costo, el costo que anteriormente pagaba el usuario que, con su trabajo, acudía hasta el manantial o al río para acarrear en cubetas, botes o cántaros para llevar el líquido hasta su casa. Es imposible pensar que un bien que proporciona una utilidad sea gratis, y el agua no sólo es utilizada para el consumo personal o doméstico, también es primordial para las actividades productivas y es ahí donde se debe analizar que cada uso tiene una utilidad diferente, por lo que el costo debiera ser diferente. Pedro Arrojo propone tres diferentes usos de los cuales habrá que darle a cada uno un valor diferente:

El agua para la vida, cuya dotación es una cantidad elemental para la vida





de 30 a 40 litros por habitante por día. Esta proporción deberá ser prioritaria y deberá ser garantizada como un derecho humano.

El agua ciudadanía. Debe situarse en segundo lugar en la priorización de la dotación y es la cantidad necesaria para realizar las actividades de interés general y que tiene funciones de salud pública y cohesión social.

El agua negocio. La cantidad de suministro que es utilizada para funciones económicas legítimas y que son parte de los derechos individuales para mejorar el nivel de vida de las personas. (Arrojo, 2006)

Cada uno de los niveles anteriores debieran tener un costo distinto, el mayor costo debiera ser el del agua negocio, y en este rubro debiera tabularse de acuerdo con los bienes de consumo que se produzcan, incluso debiera considerarse el indicador de volumen utilizado en su producción (huella hídrica).

El valor político del agua.

Debido a que el agua actualmente es un bien escaso, debe de considerar la intervención de los actores sociales en la gestión del recurso, así como la dimensión política que interviene en ello. La política con la que se maneja el recurso puede ayudar o perjudicar a obtener resultados positivos en el otorgamiento de un servicio adecuado de agua potable y saneamiento. En México existen grandes problemas en la gestión del agua que no han podido ser erradicados. Uno de ellos es la capitalización política que los partidos o los líderes utilizan para su beneficio al tratar los problemas del agua. Las promesas de solución a estos problemas en tiempos electorales son un escalón demasiado valioso como para prescindir de él. Por otra parte, los periodos de gobierno establecidos, sobre todo a nivel municipal, impiden tener metas a largo plazo que permitan presentar avances significativos en construir sistemas de suministro adecuados y eficientes que permitan dar al usuario un servicio de calidad a costos asequibles, por lo que se prefiere optar por los subsidios





a un recurso que cada vez se hace más escaso.

Al terminar la exposición del primer tema “el agua como recurso escaso”, se debe tener una retroalimentación con los participantes en la que puedan contestar las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las causas que haya escasez de agua en tu colonia?

¿De qué manera contribuimos nosotros a la escasez del agua?

¿Qué podemos hacer para resolver el problema cuando hay escasez del líquido?

La cuenca hidrográfica y los usos del agua.

La cuenca Hidrográfica es “la zona geográfica ordenada por una corriente de agua” (FAO,2009). La ley de aguas nacionales menciona que es el área geográfica “delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida” (Ley de Aguas Nacionales). La misma LAN indica que la Gestión del agua debe ser por Cuenca Hidrográfica, por esta razón la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que promueve el desarrollo sustentable y la gestión coordinada del agua, el territorio y los recursos asociados. (GWP,2009)

Los servicios que presta una cuenca son: Abastecimiento de agua, producción de cosechas y frutas, producción ganadera, producción de peces, suministro de madera y de materiales de construcción, medicinas, energía hidroeléctrica. Como servicios de apoyo se enumeran: Hábitat de vida silvestre, régimen de caudales necesarios para mantener el hábitat, servicios de regulación de caudales hídricos, mitigación de protección de suelos y control de la erosión y de la sedimentación, servicios culturales y de recreo, estética del paisaje, patrimonio cultural e identidad y por último inspiración artística y espiritual.





La población utiliza el agua de diferentes formas y en diferentes actividades en las que puede consumir total o parcialmente el líquido, a esto se le ha denominado “Uso”. Los usos pueden ser consuntivos cuando no se devuelve el volumen de donde se extrae y no consuntivo cuando se devuelve todo el volumen. Los diferentes usos que enmarca la legislación son:

Público Urbano. La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos. Es concesionada a los municipios, a los estados o a particulares concesionados por las autoridades competentes.

Doméstico. Se especifica este uso a la aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa. Estas concesiones son dadas a particulares.

Agrícola. La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial. Los poseedores de tierras agrícolas, ganaderas o forestales dispondrán del derecho de explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se les hubieren concesionado, así como los ejidatarios o comuneros. Los organismos de cuenca se encargarán de administrar los volúmenes mediante las unidades y distritos de riego.

Industrial. La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así





como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación

Acuicultura. El aprovechamiento de paso de aguas nacionales en el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, pre engorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones en aguas nacionales, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa. Las actividades de acuicultura efectuadas en sistemas suspendidos en aguas nacionales no requerirán de concesión, en tanto no se desvíen los cauces y siempre que no se afecten la calidad de agua, la navegación, otros usos permitidos y los derechos de terceros.

Recreativo. Es aquél que permiten una actividad lúdica o deportiva mediante la utilización de cualquier elemento del Dominio Público Hidráulico

Ambiental. El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema

Pecuario. La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no





incluye el riego de pastizales.

Generación de Energía. El volumen destinado a la generación de energía eléctrica y enfriamiento de plantas, concesionado ya sea a la Comisión o a personas físicas o morales

Al terminar la exposición del segundo tema, se debe tener una retroalimentación con los participantes en la que puedan contestar.

¿Cuál uso es el que le corresponde a mi colonia?

¿Cuál uso es el que ocupa la mayor cantidad de agua?

¿Cuál sería el orden de prioridad de los diferentes usos?

Contaminación del agua.

La utilización del agua en sus diferentes usos provoca alteraciones a la morfología de los ríos y a las propiedades del agua, en realidad siempre se presenta una contaminación natural producida por la disolución de minerales que se encuentran en la tierra o en las rocas, o bien por restos de vegetales y animales, por ello se han establecido ciertos parámetros límites para determinar como referencia cuales son los valores máximos permitidos para los diferentes usos. La contaminación se puede clasificar en dos tipos dependiendo de su procedencia:

Contaminación Puntual. Es aquella que se puede identificar fácilmente su fuente de procedencia, como puede ser el desagüe de una industria, o cañería.

Contaminación no puntual o difusa. Ocurre cuando la contaminación llega al agua indirectamente, ya sea cuando el agua de lluvia arrastra contaminantes y los lleva a las corrientes de los ríos o a los lagos. Tal es el caso de los pesticidas y productos químicos utilizados en la agricultura.

Las estadísticas indican que el mayor volumen de contaminación lo producen la industria petrolera y la azucarera, mientras que la mayor



contaminación difusa es producida por la industria agropecuaria (Aguilar y Duran, 2010).

Parámetros máximos permitidos:

El objetivo de esta NOM-001-SEMARNAT-1996, es establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

La emisión de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) obedece a la obligación del gobierno de regular las actividades que desempeñan los sectores público y privado. En las NOM se establecen las especificaciones, los atributos, las características, los métodos de prueba o las prescripciones aplicables, que un producto, proceso o servicio debe cumplir.

Cada una de las dependencias son las responsables de expedir normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con sus atribuciones y determinar su fecha de entrada en vigor; a este proceso se suman las consideraciones de expertos externos provenientes de otras áreas. En el ámbito de la gestión ambiental y de los recursos hídricos corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) proponer las normas que le atañen.

Las Normas Oficiales Mexicanas deben contener la denominación de la norma, su clave, y en su caso la mención de la norma en que se basa, la identificación del producto, servicio, método, proceso o instalación en su caso el objeto de la norma conforme a lo dispuesto a sus fines; los métodos de prueba aplicables en relación con la norma y en su caso los de muestreo; los datos y demás información que deben contener los productos, así como las características de las diversas indicaciones.

Así el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 se emite en el DOF el 24 de junio de 1996 y el 9 de julio del 2014 se incluyen



modificaciones en 19 métodos de prueba alternos de análisis para determinar entre otros, cianuros totales, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos, nitrógeno Kjeldhal, cromo hexavalente, fósforo en todas sus formas, metales por espectroscopia de emisión atómica de plasma por acoplamiento inductivo, y determinación de mercurio (DOF,2014).

Los límites máximos permisibles que contempla actualmente esta norma se dividen en: concentración de contaminantes básicos, concentración de metales pesados y cianuros, concentración de patógenos y concentración de parásitos.

Concentración de contaminantes básicos: Son 8 los parámetros que se establecen en materia de contaminantes básicos y son los siguientes: Sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales; demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno y fósforo total. En el caso de la temperatura, ésta es instantánea, para el parámetro de grasas y aceites se realiza a partir de del promedio simple ponderado de la muestra. Por último, para el caso de la materia flotante, ésta debe estar ausente.

El registro para la verificación de los parámetros anteriormente señalados se expresa en el promedio diario y en el promedio mensual. Del mismo modo, los límites máximos permisibles para contaminantes básicos se expresan en la tabla del Anexo 4. La tabla muestra la relación entre los parámetros físico- químicos de los contaminantes básicos con cada uno de los rubros de los cuerpos receptores, y sus respectivos promedios.

Concentración de metales y cianuros. Los metales pesados son aquellos metales que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. Los parámetros que se establecen en la presente NOM en materia de metales





pesados y cianuros, expresos en mg/l son: arsénico, cadmio, cianuros, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y fósforo total.

El registro para la verificación de los parámetros anteriormente señalados se expresa en el promedio diario y en el promedio mensual.

Concentración de patógenos. Para determinar la contaminación por patógenos, se toma como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso para riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales, por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

Monitoreo Biológico. Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos que viven, se arrastran o se pegan al substrato del fondo de un cuerpo de agua, pueden verse a simple vista y son retenidos sobre un tamiz de 0.5 mm de abertura. Estos organismos son muy útiles como indicadores de contaminación. Algunos de ellos son muy sensibles a la contaminación por lo que mueren rápidamente en la presencia de contaminantes, otros son más resistentes. Se les ha asignado una calificación en base a la sensibilidad o tolerancia a la contaminación y los valores van del 1 al 10, el 1 corresponde a organismos muy tolerantes a la contaminación, mientras que el 10 es para los menos tolerantes.

Los índices biológicos tienen la ventaja de informar las alteraciones del curso de agua tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras. La mayoría de los índices biológicos que se han utilizado requieren la identificación de los organismos a nivel específico lo cual complica su aplicación, el método BMWP (Biological Monitoring Working Party) sólo requiere la identificación a nivel familia (Alba, J., Tercedor; 2013).



Al terminar la exposición del tercer tema, se debe tener una retroalimentación con los participantes en la que puedan contestar.

¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua del río?

¿Cuál es la mayor fuente de contaminación del agua del río?

¿Cuáles son las consecuencias de una alta contaminación en el río?

¿Qué podemos hacer para disminuir la contaminación en el río?

DIA 2

Análisis

La importancia de los análisis de la calidad del agua es que las personas podrán visualizar de una manera analítica la contaminación. Se pretende realizar análisis de 2 puntos diferentes del río, uno será en el manantial El Almeal, el otro será en un punto del río junto a la colonia del grupo participante. El análisis se compondrá de tres fases.

Análisis Físico Químico

Podrá hacerse con un Kit de campo para los análisis fisicoquímicos. El Kit sirve para determinar las características físicas y químicas del agua determinando 6 parámetros básicos: Oxígeno Disuelto, pH, Alcalinidad, Dureza, Turbidez, y Temperatura. Estos parámetros son comparados con estándares de la calidad de agua y con ello se clasifica el tipo de agua que se tiene. El kit contiene reactivos para 50 pruebas de cada variable.

Figura 6.1 Kit de campo para parámetros fisicoquímicos



Análisis Bacteriológico.

El análisis de bacterias se efectuará con un medio de cultivo desarrollado para identificar y diferenciar Coliformes y E. Coli de otras bacterias presentes en Agua Potable, Agua Tratada, agua de ríos y agua de lagos (fig 6.2), mediante la combinación de sustratos que actúan en presencia de enzimas ligadas a un colorante que ayuda a diferenciar entre Coliformes, E. Coli de otras bacterias presentes en Agua. Este medio es el más adecuado debido a que elimina la necesidad de utilizar equipos como autoclave, baño maría y balanzas. Los resultados se obtienen entre 24 y 48 horas. Esta prueba es diferencial y cuantitativa.

Figura 6.2 Kit de campo para análisis bacteriológicos



Figura 6.3 Red de pateo para captura de macroinvertebrados.



Análisis Biológico.

Los macroinvertebrados son fáciles de capturar en una malla de pateo, también son fáciles de identificar. Un método detallado para determinar la calidad del sitio viene en el anexo 5, el cual se puede tomar como base (fig. 6.3) y realizar una versión simplificada.



6.4. Mejorar en la coordinación entre el nivel Federal y el Local, aplicar la ley para mejorar la calidad del agua del río.

Los resultados de los análisis presentados en el capítulo V, muestran claramente que el principal problema de la mala calidad en el río son las aguas residuales domésticas no tratadas vertidas al río. El producto del uso doméstico son 19.63 hm³/año, el cual debiera ser llevado a las plantas de tratamiento para su depuración y posteriormente vaciarse en el río con una calidad que al menos cumpla los parámetros marcados por la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Debido a que lo anterior no se cumple en la realidad, la pregunta es ¿cómo evitar que se sigan vaciando estos volúmenes que producen el deterioro de la calidad del agua y del medio ambiente? ¿Que se requiere hacer para remediar este problema?

6.4.1 Aplicación de la Ley de Aguas Nacionales

Las personas físicas o morales que descargan sus aguas residuales domésticas de forma permanente o intermitente se convierten en acreedoras a una sanción conforme lo indica el artículo 119 de la LAN principalmente en las siguientes fracciones:

“I Descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en contravención a lo dispuesto en la presente Ley en cuerpos receptores que sean bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o el acuífero.”

“XIV. Arrojar o depositar cualquier contaminante, en contravención a las disposiciones legales, en ríos, cauces, vasos, lagos, lagunas, esteros, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, o infiltrar materiales y sustancias que contaminen las aguas del subsuelo”



“XV. No cumplir con las obligaciones consignadas en los títulos de concesión, asignación o permiso de descarga”

La sanción administrativa deberá ser impuesta por la “autoridad del agua”. Las multas aplicables a la fracción I ascienden a 1,560 a 6,500 Unidades de Medida y Actualización (UMA). En el año 2021 el valor de las UMA es de \$89.62 diarios (tabla 6.19), por lo que la sanción corresponde de \$ 139,807.20 a \$ 582,530.00 respectivamente. Las multas que procedan de la infracción a las fracciones XIV y XV ascienden a 1,950 a 26,000 UMA, lo que es igual de \$174,759.00 a \$2,330,120.00. Estas sanciones se califican de acuerdo con tres conceptos: la gravedad de la falta, las condiciones económicas del infractor y la reincidencia, por lo que la autoridad del agua deberá otorgar un plazo para subsanar las infracciones cometidas, pero si hay reincidencia, la autoridad podrá imponer multas por cada día que pase sin haberse enmendado el problema.

Tabla 6.16 Valor de UMA en el 2021. Fuente: INEGI (2021)

Año	Diario	Mensual	Actual
2021	\$89.62	\$2,724.45	\$32,693.40

Pareciera que la manera más sencilla de eliminar las descargas es aplicar la ley. ¿Sin embargo, quienes serían los responsables? Es necesario que la autoridad del agua haga un recorrido en las orillas del río para identificar cada una de las descargas y aplicar las multas a los responsables, pero las multas impuestas por la LAN no están hechas para las descargas domésticas, pues los montos fijados no podrían ser pagados por una familia común y corriente. Su aplicación está encaminada a las personas físicas o morales que tengan la concesión del uso del agua que es un bien nacional, inclusive como parte adicional de la sanción se contempla la



clausura parcial o total de la concesión temporal o definitiva de los pozos o de las obras de toma para la extracción de agua (LAN, Art. 122).

6.4.2 Aplicación de la ley General de equilibrio ecológico

Por su parte la Ley General de Equilibrio Ecológico en el artículo 117 fracción I, reconoce que la prevención y control de la contaminación es fundamental para la conservación de los ecosistemas y para cuidar la disponibilidad del recurso. El mismo artículo indica que es responsabilidad tanto de la sociedad como del Estado prevenir la contaminación de los cuerpos de agua, afirmando que las aguas de uso urbano deberán ser tratadas previamente a su disposición a los ríos; pero el artículo 119 BIS especifica que los encargados de prevenir y controlar la contaminación del agua son los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios a través de los organismos que administran el agua por lo que estos gobiernos también son los responsables de “llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría”. (LGEEPA, art.119 frac. IV) Por lo tanto, es competencia del gobierno municipal y el Sistema Operador el que se controlen las descargas de aguas residuales a sus sistemas de drenaje, que las descargas que ingresan a sus sistemas cumplan con las Normas oficiales mexicanas correspondientes y requerir a aquellos que no lo hagan.

Las sanciones que se establezcan por parte de los municipios o gobiernos de las Entidades serán acordes a las leyes locales en la materia.

6.4.3 Aplicación de la Ley Estatal de Agua Potable

La ley local en materia de agua que rige al municipio de Cuautla es la Ley Estatal de Agua Potable (LEAP), la cual establece sanciones para aquellas personas que descarguen en redes de drenaje sin autorización o a las personas que descargan pero que no pagan sus cuotas; pero no especifica





alguna sanción a aquellas viviendas que descargan en el río porque éste es de competencia federal. El artículo 119 de la LEAP establece que cometen infracción aquellas “personas que no cumplan con la obligación de solicitar oportunamente el servicio de agua potable y la instalación de descargas correspondientes dentro de los plazos establecidos en esta Ley”; (LEAP, art.119) El plazo establecido para la instalación de la tubería que descargue de un domicilio a la red de drenaje municipal es impuesta por el municipio. La infracción que le corresponde a aquellas personas que hayan incumplido con la instalación de su descarga a drenaje es de una a veinte veces el valor diario de la UMA en el caso de los usuarios domésticos y de dos a cuarenta días en el caso de los comerciales, lo cual es equivalente de \$89.62 a \$1,792.40 para uso doméstico y de \$179.24 a \$3,584.80 para uso comercial. Las sanciones son impuestas en base a las actas levantadas por el Organismos Operador y en caso de reincidencia podrá multarse por cada día que no se efectúe la reparación del daño, esta infracción no deberá exceder el monto máximo permitido.

El municipio tiene la facultad de imponer multas a las personas que no descarguen las aguas residuales de sus domicilios de forma adecuada, una vigilancia continua y la aplicación de las sanciones correspondientes terminarían en poco tiempo de eliminar las aguas residuales en el río. El inconveniente surge cuando el municipio no tiene una cobertura total en drenaje y alcantarillado, ya que no puede exigir al ciudadano una conexión en líneas que no existen. Además, el sistema municipal está comprometido a que el agua de sus alcantarillas sea tratada antes de su ingreso a las corrientes del río porque estos servicios están incluidos en las tarifas que se cobran a la población.



6.4.4 Descargas Industriales.

Las descargas Industriales, como las de Industrias Temola, Burlington, las distintas empresas del parque Industrial Cuautla y la Termoeléctrica de Huexca son consideradas de competencia federal, también lo son las provenientes de las plantas de tratamiento o de la red municipal y las descargas derivadas de actividades agropecuarias. (LGEEPA, art.120) Si alguna de estas empresas como Industrias Temola, llegase a descargar en los sistemas de drenaje o alcantarillado del municipio, debe cumplir con las condiciones de calidad necesarias de manera que eviten la contaminación de los cuerpos receptores, que sus volúmenes no generen trastornos en los sistemas a los cuales ingresan ni interferencias en los procesos de tratamiento (LGEEPA, art.122).

La relación DQO/DBO nos proporciona un indicativo para proceder al tratamiento del agua que emite el proceso textil. Valores menores o iguales a 2 indican que pueden ser tratadas por procesos biológicos con excelentes resultados, valores entre 2 y 8 podrían usarse para depurar con resultados regulares y valores mayores a 8 se consideran no recomendable utilizar un sistema biológico (Crespi y Cegarra, 1980). En el dren de la Barranca Santa María, que es el afluente que contiene la descarga de la empresa Burlington, se tiene un valor promedio de $DQO/DBO = 4.29$ lo cual indica que procesos como el de lodos activados pueden depurar las concentraciones contaminantes antes de incluirse a la corriente del río principal.

6.5 Establecer un programa para disminuir las descargas al río

El plan para disminuir los contaminantes en el río Cuautla deberá contar con algunas acciones inmediatas, otras a mediano y largo plazo. Durante el periodo 2016-2017 la Comisión federal de Electricidad en conjunto con el Municipio, efectuaron obras de construcción y rehabilitación de varios



colectores de forma tal que se recuperaron y encausaron 247 l/seg de agua residual para verterla en la planta de tratamiento Los Rociadores, por lo que en el censo del 2020 se reporta una cobertura del 99.4 % en drenaje sanitario (INEGI, 2020). No obstante, las descargas al río han aumentado debido básicamente a la negativa de los habitantes de pagar la cuota correspondiente de conexión a la red de drenaje municipal, así como a los pagos por el servicio y la segunda razón es debido a que los organismos operadores independientes prefieren por facilidad la descarga al río a Conectarse a la red municipal. Por lo anterior se propone los siguiente:

6.5.1 Actualizar el Inventario de las descargas municipales incluyendo aquellas que llegan al río.

En coordinación con la CONAGUA, el Sistema Operador debe formar una brigada de al menos 2 personas para realizar un recorrido con el fin de identificar cada una de las descargas actuales. El municipio debe contar con un programa permanente de monitoreo y vigilancia a las descargas de agua residual que ingresan a la red de drenaje y a las plantas de tratamiento, donde se efectúen inspecciones, aforos y muestreos en las descargas de agua residual de usuarios comerciales e industriales, con el fin de verificar el cumplimiento de las condiciones de descarga. Adicional a esto y con la autoridad que le confiere la LGEEPA al municipio en relación con las descargas municipales, este debiera actualizar en su totalidad las descargas, incluyendo las que descarguen a cuerpos de agua propiedad de la nación; ya que el municipio tiene la Concesión del uso correspondiente del agua que es utilizada en las viviendas de las cuales procede la descarga al río, además el municipio a través del organismo operador tiene la facultad de inspeccionar, verificar y, en su caso, aplicar las sanciones que establece esta Ley (LEAPEM, art 4 XIX). Puede haber una discrepancia en cuanto a que las descargas al río sean de competencia del municipio, pero esta es una pequeña laguna que se debe eliminar para



que se pueda actuar en el establecimiento del orden requerido en el ámbito municipal, además la fracción XXII de la misma LEAPEM le autoriza realizar todas las acciones que se requieran, “directa o indirectamente”, para el cumplimiento de sus objetivos y en este sentido, el servicio público de saneamiento está a cargo del Ayuntamiento, en el caso particular a través del SOAPSC. Finalmente, la ley marca que este servicio sólo podrá prestarse en términos de la ley. Posterior a su identificación también deberá reportar a la CONAGUA su ubicación, volumen de descarga y procedencia.

6.5.2. Descargas de domicilios que tengan acceso a la red de drenaje.

Si la fuente donde proviene la descarga es una vivienda que se localice en un área donde exista la factibilidad de conexión a la red, el municipio podría levantar un acta donde se le notifique al responsable un plazo de al menos 3 meses para realizar la solicitud del ingreso de sus residuos líquidos al drenaje municipal, realizar las obras de conexión correspondientes y dar aviso al Organismo Operador una vez terminada la obra. En caso de incumplimiento, se deberá aplicar la sanción del artículo 119 de la LEAP por no cumplir con la obligación de solicitar oportunamente la instalación de la descarga correspondiente dentro de los plazos establecidos.

Tabla 6.17 Colonias de Cuautla que tienen descargas al río.

Colonias que cuentan con el Servicio del SOAPASC donde se localizan descargas al río.
Pablo Torres Burgos
Centro
Emiliano Zapata



6.5.3 Descargas Provenientes de los Organismos Operadores Independientes.

La Ley Orgánica Municipal actual, le confiere facultad a los Ayuntamientos de otorgar la concesión de los servicios Públicos Municipales a personas físicas o morales que otorguen garantía jurídica para responder por la prestación del servicio. En el municipio Cuautla hay algunas colonias que se les ha dado por concesión el servicio de agua potable (tabla 6.21) y tienen la obligación de prestar el servicio con eficiencia de manera continua, con eficiencia y enterar trimestralmente a la Tesorería Municipal, la participación que sobre las concesiones corresponda al Ayuntamiento, así como los derechos determinados por las Leyes fiscales. (LOMEM, art, 140-150)

Tabla 6.18 Algunas Colonias con Organismo Operador independiente que descargan al río. Elaboración propia

Colonias que cuentan con Sistema Operador Independiente donde se localizan descargas al río
Salvador Esquer
Colonia Niño artillero
Gabriel Tepepa
San José

Debido a que la concesión es proporcionada por el Ayuntamiento, el mismo ejercerá las facultades de “normatividad, asistencia técnica, control, inspección, supervisión y evaluación de los servicios, obras y bienes concesionados” (LEAP, Art.43). Se debe integrar en el inventario cada una de las descargas provenientes de estos Organismos Independientes conservando la información de sus coordenadas, concesión de procedencia y volumen descargado.

6.5.4 Mejorar la calidad de las descargas de las Plantas de Tratamiento.



La planta de tratamiento principal, la cual recibe la mayor parte del agua residual de la ciudad, efectúa el tratamiento a los drenajes provenientes de la mayor parte de las colonias de Cuautla. En estos drenajes en temporada de lluvias el agua se mezcla debido a que no hay separación por tipo de agua. También puede llegar a contener algunas descargas de pequeñas industrias las cuales no registran su verdadero uso.

El tratamiento de la planta principal es aerobio por biofiltros y de acuerdo con el inventario nacional de plantas tratadoras su capacidad de diseño es de 630 l/seg, con el aumento del volumen requerido para dar servicio a la termoeléctrica ha llegado a rebasar su capacidad de diseño. La calidad del efluente de esta planta como se vio en el inciso 5.8.2 no cumple con todos los parámetros de la norma de descarga al río. Debido a que la planta trabajará en convenio con la CFE y los procesos de la termoeléctrica requieren una mejor calidad de la que actualmente tiene en su efluente, por lo que se espera que la PTAR tenga una adecuada evaluación de cada uno de sus procesos; así como las modificaciones necesarias para obtener un mejor producto, el cual debe cumplir con la norma actual NOM-001-SEMARNAT-1996. Por otra parte, el agua de retorno de la central eléctrica se pretende que sea de mejor calidad que la que actualmente se descarga al río ya que será utilizada para el proceso de enfriamiento. Aun así, se debe separar la descarga de la PTAR de la descarga de la Termoeléctrica, esto permitiría un mejor control de ambas corrientes que ingresarán al río.

6.6 Tratar el agua de las descargas domésticas.

El flujo estimado de descargas domésticas al río es de 135 l/seg, (Inciso 5.7, se debe actualizar este dato para que en base a este se pueda hacer una correcta proyección para su disminución). Tomando como base esta cantidad de agua y suponiendo que 35 l/seg (25.93%) de las descargas pueden encausarse en algún punto de la red actual de drenaje del



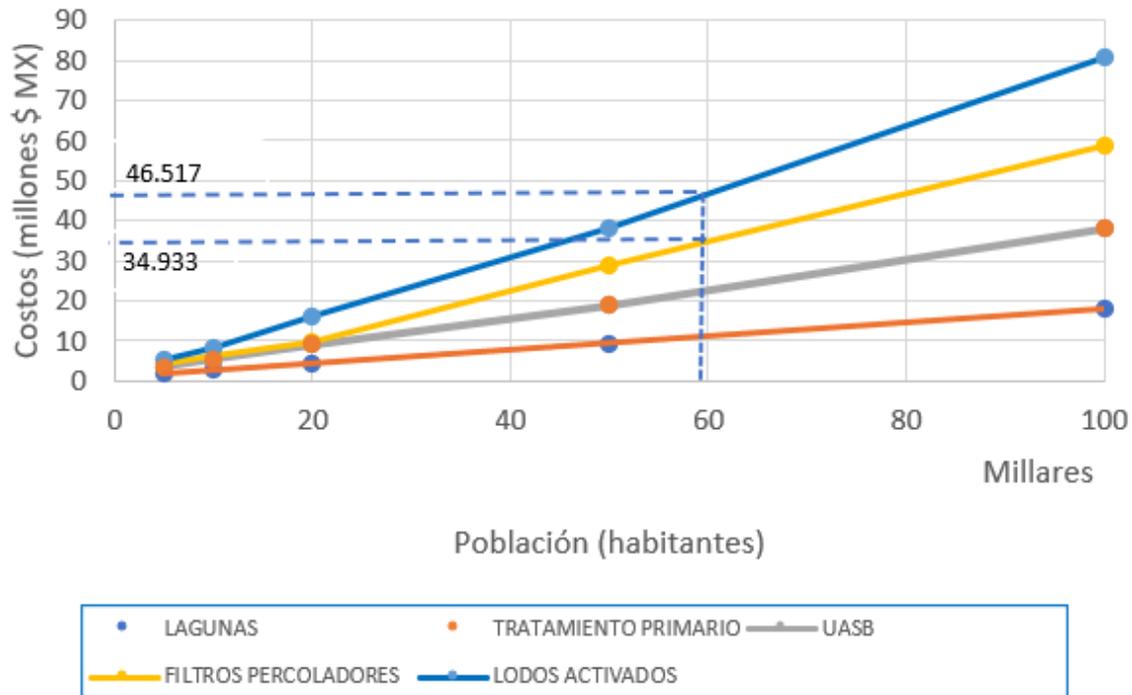
SOAPSC solo se tratarían 100 l/seg. Se debe tomar en cuenta también que la labor de concientización se debe llevar a cabo apoyada con un programa de cultura del agua. Se puede considerar el mismo tiempo que dura el programa para que se hagan las conexiones posibles a la red. La consideración principal es que un volumen aproximado de 100 l/seg requiere alguna forma de tratamiento para poder descargar al río.

Por otra parte, para poder estimar el costo del tratamiento necesario, se utiliza el modelo de Salas, Alberto y Guerrero (2007) como una aproximación de la inversión que requiere esta cantidad de agua para su tratamiento. Este modelo considera una dotación de agua potable a la población de 180 l/hab. Día, con un retorno de agua residual del 80%, lo que significa que 144 litros descargarán como agua residual por habitante (gráfica 6.2). Los caudales de diseño se fijaron en 1, 3, 8 y 16 l/s, que corresponden a una población de 600, 1800, 4800 y 9600 habitantes, respectivamente. Por lo que los 100 l/seg que se necesita tratar en Cuautla equivalen a 60,000 habitantes.

La inversión se determina en base a los estudios de suelos y otros estudios preliminares al diseño e ingeniería, a la construcción, al costo del terreno y a los gastos notariales, administrativos, legales y financieros. El costo determinado para los 60,000 habitantes es de 34.933 millones de pesos para un sistema de filtros percoladores y de 46.517 millones para el sistema de lodos activados (Gráfica 6.2).

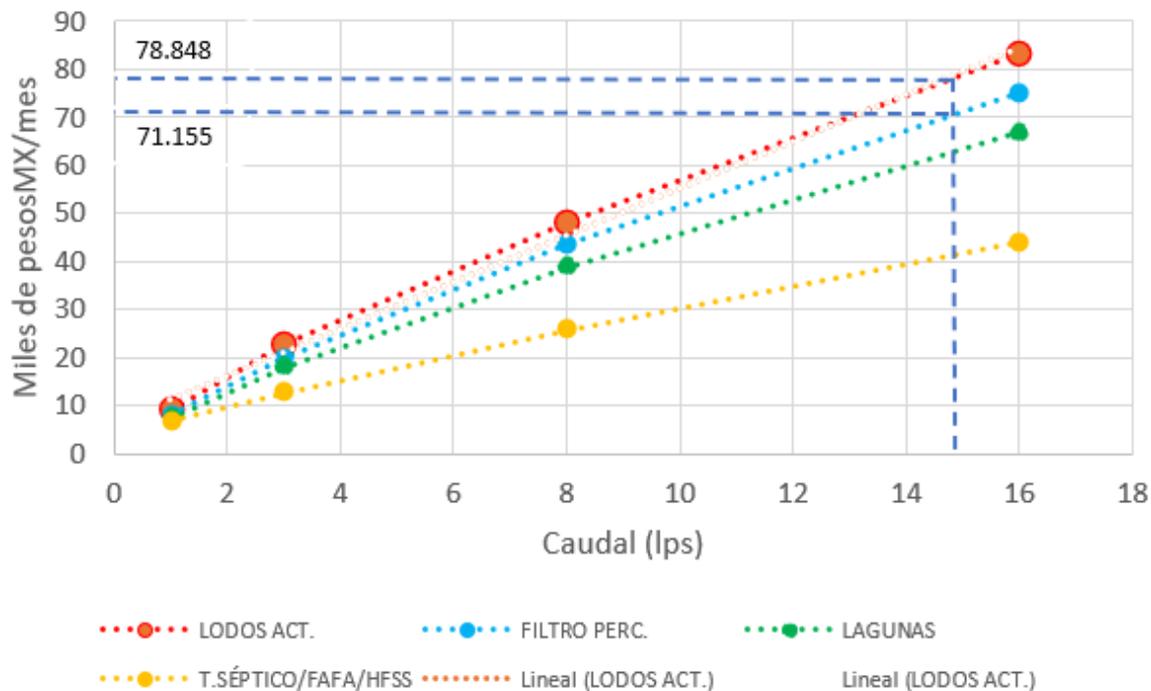


Gráfica 6.2 Costos de los distintos métodos de tratamiento de aguas residuales. Fuente: Salas et al, (2007) Adaptación propia.



Es necesario también considerar los costos de mantenimiento, una vez instalado el sistema de depuración de las aguas residuales. Muchas de las plantas que se han construido dejan de funcionar debido a la falta de mantenimiento ocasionado por no utilizar los recursos municipales en este rubro. El costo del mantenimiento aproximado considerando cuatro plantas de lodos activados de 15 l/seg, sería de \$ 315,392.50 pesos mensuales (4x78,480), si el sistema es de filtros percoladores, el costo es de \$ 284,622.5 (gráfica 6.3). Se puede observar en la gráfica que hay un ahorro considerable en el mantenimiento mensual conforme la planta es más grande. Podría analizarse como una opción, dependiendo de la topografía de la ciudad de que todas estas descargas se unieran en una sola planta, debido a que la planta Cautla ya no admite un volumen mayor, lo más conveniente es pensar en un solo tren de tratamiento alterno que desde un inicio proporcione una mejor eficiencia.





Gráfica 6.3 Costos de operación y mantenimiento de seis sistemas de tratamiento de aguas residuales evaluados. Fuente: Salas et al, (2007) Adaptación propia.

6.6.1 Evaluación económica del proyecto de tratamiento del agua de las descargas.

El costo que involucra el tratamiento de agua no logra ser cubierto actualmente con lo que el Organismo Operador destina para este fin (inciso 2.2.4). Por esta situación, muchas de las plantas de tratamiento han quedado abandonadas y otras trabajan con muy poca eficiencia. Una acción que se puede implementar para ayudar a solucionar esta adversidad es la reutilización del agua de manera que se generen recursos para obtener de esto un aporte económico. En muchos de los países desarrollados ya utilizan el agua reciclada para riego en áreas verdes, en la agricultura, para protección de incendios, fuentes decorativas, acuicultura y algunos usos industriales tales como alimentación de calderas, torres de enfriamiento para generación de energía eléctrica, etc. (NAS,2012)



6.6.1.1. Propuesta de proyecto

Si se considera un proyecto que instale plantas de tratamiento de manera que un volumen de agua de 100 l/seg de agua tratada pudiera venderse. Es conveniente analizar si la inversión es rentable. Se propone a 10 años con una tasa de descuento del 5%, la inflación en los últimos 10 años promedia un 4.29%. El costo que establece la ley federal de derechos en la zona de disponibilidad 2 para aguas superficiales es de \$7.8102 por m³, (LFD, art.223). El costo de agua se propone con un valor más bajo, a \$5.00, así la venta anual produciría \$15,768,000.

6.6.1.2. Proyecto con filtros percoladores

El costo del proyecto para filtros percoladores es de \$34,933,000, al final de cada año se pagarán \$3,493,000 (un 10%) del capital y el interés que se paga es sobre saldos insolutos (Tabla 6.13).

Tabla 6.19 Tabla de pago para el proyecto de Filtros percoladores.

AÑO	INTERÉS I= (DOX0.08)	PAGO A CAPITAL PC=(D0/10)	PAGO ANUAL (PA=I+PC)	DEUDA DESPUÉS DEL PAGO (D)
0				34,933,000
1	1,746,650	3,493,300	5,239,950	31,439,700
2	1,571,985	3,493,300	5,065,285	27,946,400
3	1,397,320	3,493,300	4,890,620	24,453,100
4	1,222,655	3,493,300	4,715,955	20,959,800
5	1,047,990	3,493,300	4,541,290	17,466,500
6	873,325	3,493,300	4,366,625	13,973,200
7	698,660	3,493,300	4,191,960	10,479,900
8	523,995	3,493,300	4,017,295	6,986,600
9	349,330	3,493,300	3,842,630	3,493,300
10	174,665	3,493,300	3,667,965	0

Los egresos totales en 10 años sumarían \$ 78,694,275 mientras que los ingresos serían \$ 157,080,600 y el total de beneficios por los 10 años ascenderían a \$78,985,725.



Tabla 6.20 Flujo neto de efectivo de los 10 años del proyecto.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MANTTO Y OPERACIÓN	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470	3,415,470
PAGO ANUAL	5,239,950	5,065,285	4,890,620	4,715,955	4,541,290	4,366,625	4,191,960	4,017,295	3,842,630	3,667,965
EGRESOS TOTALES	8,655,420	8,480,755	8,306,090	8,131,425	7,956,760	7,782,095	7,607,430	7,432,765	7,258,100	7,083,435
INGRESOS	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000	15,768,000
BENEFICIOS	7,112,580	7,287,245	7,461,910	7,636,575	7,811,240	7,985,905	8,160,570	8,335,235	8,509,900	8,684,565
TOTAL DE EGRESOS	78,694,275									
TOTAL DE INGRESOS	157,680,000									
TOTAL BENEFICIOS	78,985,725									

6.6.1.3. Proyecto con lodos activados

Para un proyecto con plantas de lodos activados se tendrá un costo aproximado de \$46,517,000 y haciendo las mismas consideraciones anteriores, se pagará a final de cada año \$4,651,700 como aportación a capital y el interés que se pagará, es sobre saldos insolutos (Tabla 6.24).

Tabla 6.21 Pagos anuales para el proyecto de lodos activados.

AÑO	INTERÉS I=(DOX0.08)	PAGO A CAPITAL PC=(D0/10)	PAGO ANUAL (PA=I+PC)	DEUDA DESPUÉS DEL PAGO (D)
0				46,517,000
1	2,325,850	4,651,700	6,977,550	41,865,300
2	2,093,265	4,651,700	6,744,965	37,213,600
3	1,860,680	4,651,700	6,512,380	32,561,900
4	1,628,095	4,651,700	6,279,795	27,910,200
5	1,395,510	4,651,700	6,047,210	23,258,500
6	1,162,925	4,651,700	5,814,625	18,606,800
7	930,340	4,651,700	5,582,040	13,955,100
8	697,755	4,651,700	5,349,455	9,303,400
9	465,170	4,651,700	5,116,870	4,651,700
10	232,585	4,651,700	4,884,285	0

Los egresos totales en 10 años sumarían \$104,831,520 mientras que los ingresos serían \$178,731,600 y los beneficios de los 10 años serían de \$74,135,280 (tabla 6.25).



Tabla 6.22 Beneficios obtenidos durante los 10 años del proyecto del proyecto de Filtros percoladores.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704	3,784,704
PAGO ANUAL	6,977,550	6,744,965	6,512,380	6,279,795	6,047,210	5,814,625	5,582,040	5,349,455	5,116,870	4,884,285
EGRESOS TOTALES	10,762,254	10,529,669	10,297,084	10,064,499	9,831,914	9,599,329	9,366,744	9,134,159	8,901,574	8,668,989
INGRESOS TOTALES	15,768,000	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200	18,133,200
TOTAL BENEFICIOS	5,005,746	7,603,531	7,836,116	8,068,701	8,301,286	8,533,871	8,766,456	8,999,041	9,231,626	9,464,211
TOTAL DE EGRESOS	97,156,215									
TOTAL DE INGRESOS	178,966,800									
TOTAL BENEFICIOS	81,810,585									

6.6.1.4. VPN y TIR para filtros percoladores y lodos activados.

Analizando el VPN para las 4 plantas de filtros percoladores su valor es positivo. Calculando con la ecuación:

$$VPN = -P + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE10}{(1+i)^{10}}$$

El Valor Presente Neto (VPN) es de 48,976,885 para filtros percoladores y de 28,131,479 para lodos activados por lo que los dos proyectos tienen valor mayor que cero y por lo tanto ambos pueden aceptarse (tabla 6.26).

Tabla 6.23 Cálculo del Valor Actual Neto para el proyecto de tratamiento a 10 años Elaboración propia

PROYECTO	P	1	2	3	4	5		
FILTROS PERCOLADORES	- 34,933,000	6,773,886	6,609,746	6,445,878	6,282,629	6,120,311		
LODOS ACTIVADOS	- 46,517,000	4,767,377	6,896,627	6,769,132	6,638,140	6,504,275		
	6	7	8	9	10	SUM.1-10	VAN	
	5,959,205	5,799,565	5,641,615	5,485,557	5,331,570	60,449,962	25,516,962	
	6,368,106	6,230,157	6,090,905	5,950,788	5,810,205	62,025,711	15,508,711	

Tasa Interna de Retorno (TIR).

La TIR obtenida cuando el VPN es igual a cero.

$$P = \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE10}{(1+i)^{10}}$$





para filtros percoladores es de 5.6093921116044% y de 12.039363956095% para lodos activados. Ya que ambos son positivos los dos proyectos pueden ser aceptados, ambos son rentables. El proyecto con lodos activados es rentable a tasas menores al 5.6%, el de filtros percoladores es más rentable que el de lodos activados, pero también hasta tasas menores del 12.04%. Si las tasas conseguidas son mayores se tendría que aumentar el costo propuesto







CAPÍTULO VII





CONCLUSIONES

- 7.1 Los resultados de los cuestionarios y entrevistas indican que la percepción de la implementación de la GIRH es muy baja, se ha logrado un avance de un 24.7%. El municipio de Cuautla tiene poco interés en gestionar el agua de manera integral en la cuenca debido a que no existe una capacitación adecuada al respecto y porque en muchas ocasiones hay intereses locales partidistas que se anteponen. Tampoco hay la suficiente coordinación entre la CONAGUA y las instituciones estatales para este propósito. Existe poca participación de la sociedad, sin embargo, hay un pequeño grupo interesado en evitar el deterioro de la calidad del río y que trata de involucrarse en las decisiones del municipio.
- 7.2 El ambiente propicio logró la calificación más alta en la percepción, como resultado del trabajo desarrollado por el Comité de Cuenca del Río Cuautla del 2012 al 2014 y porque hay una base tanto en la Ley de Aguas Nacionales, pero hace falta que al municipio se le asigne específicamente responsabilidades que sean plasmadas en los planes municipales, en el programa Hídrico del Estado de Morelos y en el reglamento del mismo Sistema Operador de manera que se dirijan a una Gestión Integral. Hace falta también una mayor inclusión en la planificación hídrica municipal para el sector agrícola, empresarial y sobre todo a la población civil que participa en la cuenca. Se debe aprovechar a los grupos de esta población que se interesan en el cuidado de los recursos para sumar fuerzas en el trabajo en conjunto con el municipio. El programa de calidad del agua del río puede servir como una herramienta de supervisión de los resultados de la gestión que realizan los





municipios de la cuenca si sus resultados son coordinados con ambas partes.

- 7.3 La falta de instrumentos de control en el municipio deriva de los pocos recursos económicos que destina el municipio para la gestión del agua. El tratamiento de las aguas residuales es clave para mantener un equilibrio ecológico del río Cuautla, darle calidad de vida a la población y lograr un adecuado manejo en los volúmenes de agua que maneja el municipio, por lo que es necesario invertir en proyectos enfocados en la educación de la población, en la recolección de las descargas, así como en plantas que sean diseñadas adecuadamente que cumplan con los requisitos de descarga que establece la ley. Adicional al tratamiento se requiere una adecuado supervisión y seguimiento mediante el monitoreo y control de las descargas que reciba el municipio.
- 7.4 No hay un presupuesto municipal asignado para los elementos que constituyen la Gestión integral, esto ha repercutido en un avance mínimo para establecer los objetivos de la GIRH. Los recursos utilizados para mejorar la infraestructura en agua potable y las aguas residuales, son administrados y proporcionados por la CONAGUA mediante los programas federalizados, pero no hay una programación del uso de estos recursos a menos que el municipio los solicite y se comprometa con un porcentaje de participación. Por otra parte, la recaudación generada por el agua potable se considera que no logra cubrir completamente los gastos erogados por el mismo.



BIBLIOGRAFIA

- Aguilar y Duran, (2010). Conceptos de calidad del agua: un enfoque multidisciplinario, Calidad del Agua, UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Alba, J., Tercedor, (2013) Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados bentónicos. Ministerio del Medio Ambiente de España 2013. extraído de: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Default.aspx> el 9 septiembre 2019.
- Arrojo, P., (2006); Los retos éticos de la nueva cultura del agua, Polis, revista latinoamericana, extraído de: [Los retos ticos \(agua.org.mx\)](http://www.agua.org.mx)
- Avalos, C., y Palerm, J.,(2003). Competencia por el agua entre usos y usuarios en la cuenca del Río Cuautla, Morelos, México, Revista: Comunicaciones en Socioeconomía.
- Barceló y López, (2007). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Fundación Nueva Cultura del Agua. PDF extraído de: [\(Microsoft Word - Barcel\363 y L\363pez - Contaminaci\363n - 110108.doc\) \(fnca.eu\)](#)
- Brito, (2020). Mentira que ya no haya impedimentos contra la termoeléctrica en Morelos: Opositores, Revista Proceso, Jueves, 10 de septiembre de 2020 extraído de: [Mentira, que ya no haya impedimentos contra termoeléctrica en Morelos: opositores - Proceso](#)
- Calderón C. y Sánchez I., (2012). Crecimiento Económico y Política Industrial en México, Revista Problemas del Desarrollo, No. 170, julio-septiembre 2012.
- CAMPOS, A. (1992). Proceso del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 1ª ed. San Luis Potosí, México. p.22-23.
- CCRB, (2014). Diagnóstico e integración del Comité de Cuenca del Río Cuautla PDF, Consejo de Cuenca Balsas.
- CCRC, (2014 a). Acta de la 1ª reunión ordinaria del Comité de Cuenca del Río Cuautla.
- CCRC, (2014 b) Acta de la segunda reunión ordinaria del Comité de Cuenca del Río Cuautla.
- CEAMA, (2014). Plan de Saneamiento Integral de la cuenca del río Cuautla a ejecutarse en la localidad de Cuautla Municipio de Cuautla, MOR-CEAMA-SSEAS-DGPEP-2010-APAZU-271.
- CNA, (1988). Norma Técnica Métodos de Proyección de Población. Comisión Federal de Electricidad.





- CONABIO, (2008). Cuencas hidrológicas, Shapefile, extraído el 9 de febrero del 2020 de: [Cuencas Hidrológicas \(CNA\) \(conabio.gob.mx\)](https://conabio.gob.mx)
- CONABIO, (2008 a). Uso de Suelo y Vegetación modificado por CONABIO, extraído el 1 de marzo de 2020 de: [Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO](https://conabio.gob.mx)
- CONAGUA, (2004). Comisión Nacional del Agua Guía para la Colecta, Manejo y las observaciones de campo para Bioindicadores de la Calidad del Agua. De la Lanza, Octubre 2004.
- CONAGUA, (2011). Agenda del agua 2030, Comisión Nacional del Agua, PDF extraído el 15 de febrero 2020 de: SGP-3-11 Cuadernillo-Agenda-del-Agua2030Final.pdf (conagua.gob.mx)
- CONAGUA, (2012). Integración del comité de Cuenca del río Cuautla, Comisión Nacional del Agua, Consejo de Cuenca del Río Balsas, Presentación en Power Point.
- CONAGUA, (2014). Comisión Nacional del Agua. Oficio BOO-14-0000274 y 286 de fecha 6 de febrero de 2014.
- CONAGUA,29, (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, Extraído de: [SGAPDS-1-15-Libro29.pdf \(conagua.gob.mx\)](https://conagua.gob.mx)
- CONAGUA,39, (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mejora de Eficiencia Física, Comisión Nacional del Agua, México D.F. Extraído de: [SGAPDS-1-15-Libro39.pdf \(conagua.gob.mx\)](https://conagua.gob.mx)
- CONAGUA,53 (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mejora de Eficiencia Comercial, Comisión Nacional del Agua, México D.F. Extraído de: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro53.pdf>
[SGAPDS-1-15-Libro53.pdf \(conagua.gob.mx\)](https://conagua.gob.mx)
- CONAGUA, (2018). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua, edición 2018, Cd. México,
- CONAGUA, (2019-1). Regiones Hidrológicas de México, Comisión Nacional del Agua, Extraído de: [Regiones hidrológicas \(nacional\) \(conagua.gob.mx\)](https://conagua.gob.mx)
- CONAGUA, (2019). Inventario Municipal de plantas Municipales de Potabilización y de tratamiento de aguas municipales en operación. Comisión Nacional del Agua, Diciembre 2019.
- CONAGUA, (2019 a). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Comisión Nacional del Agua, Diciembre 2019.





- CONAGUA, (2019 b). Calidad del agua en México, Datos de calidad del agua, Extraído de: [Calidad del agua en México | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#)
- CONAGUA, (2019 c). Estadísticas agrícolas de las Unidades de Riego, Año agrícola 2017–2018.COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, Cd. De México.
- CONAGUA, (2020). Resultados de los análisis de la PTAR Cautla. Laboratorio del Organismos de Cuenca Balsas.
- CONAGUA, (2021). Distritos y Unidades de Riego, extraído el 5 de marzo del 2021, de: Distritos y unidades de riego (nacional) (conagua.gob.mx)
- CONEVAL, (2015). Consejo Nacional de Evaluación de la Política de desarrollo Social Extraído de: https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Morelos/Paginas/pobreza_municipal2015.aspx
- CPEUM, (2019). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Última reforma publicada DOF 20-12-2019
- De la Sienra, (2010), ¿Que es la Educación Ambiental? Los Ambientalistas Revista de Educación Ambiental, Septiembre-Diciembre 2010.
- DOF, (2015). REGLAS de Operación para los Programas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento y tratamiento de Aguas Residuales a cargo de la Comisión Nacional del agua, aplicables a partir de 2016. Diario Oficial de la Federación 29/12/2015
- DOF, (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas residuales y bienes nacionales Diario Oficial de la Federación, 6 enero 1997.
- DOF, (2015 a). NOM-011-CONAGUA-2015, Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Comisión nacional del Agua.
- DOF, (2020). Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 30 de diciembre de 2020
- DOF, (2014). Aviso por medio del cual se hace del conocimiento que fueron autorizados por la Gerencia de Calidad del Agua de la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua dos métodos de prueba alternos, para su utilización en las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-





SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997., Diario Oficial de la Federación, 9 julio 2014

- DOF, (2002). NOM-011-CONAGUA-2000, Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Comisión nacional del Agua. Diario Oficial de la federación. Diario Oficial de la Federación, 17 abril 2002.
- ES, (2009). EconomíaSolidaria.Org, Extraído el 12 de febrero de: Medición del valor social y el impacto - economiasolidaria.org .
- ExpresodeMorelos, (2108). BASF y la Huerta Cuidan al Campo, revista de Jun 12, 2018 | Tepalcingo Morelos Extraído el 19 febrero,2021 de : BASF y la Huerta Cuidan al Campo - Expreso de Morelos
- FAO, (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Food and Agriculture Organization PDF extraído de: [01-Contents \(fao.org\)](#)
- FAO, (2009). “La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050”, en Cómo alimentar al mundo en 2050, Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos, Italia, Roma, pp. 4.
- FAO, (2009). Water Scarcity, video - YouTube extraído el 11 de febrero 2021
- FAOSTAT, (2019). Evolución de las superficies de cultivo del año 1962-2017. Extraído de: [Estadísticas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura \(fao.org\)](#)
- FEA, (2006). El agua en México, lo que todas y todos debemos saber. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C, México D.F. [untitled \(cemda.org.mx\)](#)
- Gabiña, (2019). Más de 70 años tienen las tuberías del centro de Cuautla, Diario el Sol de Cuautla. 5 de febrero de 2019.
- García, (2013). Las estimaciones y las proyecciones demográficas como herramientas para el diseño de políticas de población, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, pp.259-278.
- Gobierno Municipal, (2011). Atlas de Riesgo en el municipio de Cuautla Morelos, Informe final, Cuautla Morelos 12 diciembre 2011.
- Gómez, (2015). Características de los distritos Agroclimáticos de la región Amecameca-Cuautla, UNAM, México DF. PDF, extraído de: Características de los distritos agroclimáticos de la región ([studylib.es](#))
- Guerrero,V., (2008). Análisis de experiencia, perspectiva y propuesta de la gestión de las Entidades Estatales de Agua El agua potable en México, ANEAS, 2008.





- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology Geological Society of America Bulletin. U.S.A
- IMTA, (2018). Análisis económico de alternativas de uso del agua en la agricultura, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, Ana Keren Jiménez Olvera, Penélope Cruz Mayo Ariosto Aguilar Chávez, Jiutepec, Morelos Mayo 2018.
- IMTA, (2009). Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Lodos Activados. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec Morelos, México.
- INEGI, (2015). México en cifras, Cuautla, Morelos, Clave geoestadística 17006, Extraído el 20 de septiembre,2019 de: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/>
- INEGI, (2020), Panorama Sociodemográfico de México 2020. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Extraído de: Panorama sociodemográfico de Morelos 2020 (inegi.org.mx)
- INEGI, (2020 a). Censo de Población y vivienda 2020, Instituto Nacional de Geografía e Historia. Extraído de: Censo Población y Vivienda 2020 (inegi.org.mx)
- Jiménez, B., (2007). Información y Calidad del agua en México, Trayectorias, vol. IX, núm. 24, mayo-agosto, 2007, pp. 45-56 Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, Nuevo León, México
- LAN. Ley de aguas Nacionales, CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN Secretaría General Secretaría de Servicios Parlamentarios, Última Reforma DOF 06-01-2020
- LEAP. Ley Estatal de Agua Potable, Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. Dirección General de Legislación Última Reforma: 26-09-2018
- LGEEPA. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Al Ambiente
- LOMEM. Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado Libre y Soberano de Morelos.
- LPLANEAEM. Ley de Planeación del Estado de Morelos, Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. Dirección General de Legislación. Subdirección de Jurisprudencia. Última reforma 31-12-2017.
- Medellín,M., Villegas,O., Saldarriaga,H., Andrade,M., Sotelo,H., Perdomo,F., (2020). Producción de berro en Cuautla, Morelos, México. Revista Filotec. Vol. 43 (4-A), 543-548 Cd. México.





- Molinos S., M, Hernández S., F., y Sala G. R., (2012). Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de aguas residuales en el contexto nacional e internacional Departamento de Estructura Económica, Facultad de Economía. Universidad de Valencia
- Mora A. (2013). Hacia una cultura sustentable del agua en la población adulta del municipio de Naolinco, Veracruz TESIS Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz
- NAS, (2012). Water Reuse, Potential For Expanding the Nations Water Sply Through Reuso Of Municipal Wastewater. National Academy of Sciences, Wasington D.C.
- Ochoa L. y Bourguett V.,(2003) Manual para el uso eficiente y racional del agua. Utiliza solo la necesaria. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México.
- Ochoa L. y Bourguett V., (2001), Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2ª. Edición, México.
- PHEM, (2019). Programa Hídrico del Estado de Morelos 2019. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. Dirección General de Legislación. Subdirección de Jurismática. Extraído de : [PHIDRICO2019-2024.pdf \(morelos.gob.mx\)](#)
- PIGOO, (2018). Programa de Indicadores de gestión de Organismos Operadores, Sistema Operador de Agua Potable y Saneamiento Cuautla Morelos. Extraído de:[PIGOO](#)
- Pimentel, J.L., y Palerm, J., (1998). Organización social del riego en el río Cuautla Morelos México, V Congreso Latinoamericano de Sociología Rural, del 12-18 de octubre de 1998 en el Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma Chapingo.
- Pineda P., (2017). Planeación de las políticas públicas en los municipios de México; debilidades y fortalezas en su desempeño Institucional. Instituto de estudios del federalismo, Guadalajara Jalisco, México, Primera Edición. PINGAGUACUAUMO.pdf (morelos.gob.mx)
- PMD, (2016). PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE CUAUTLA
- PNH, (2019-2024). Plan Nacional Hídrico 2019-20124, Comisión Nacional del Agua, 2020.
- PNUD, (2006). Informe sobre el desarrollo humano 2006, Programa de las naciones Unidas para el Desarrollo.
- REPDA, (2020). Consulta a la base de datos del REPDA, Comisión Nacional del Agua, extraído de: [Comisión Nacional del Agua :: Conagua ::](#)





- Reyes J. y Esteva J., (2013) Claves para la acción ambiental, Guía para diseñar proyectos educativos. Editorial Universitaria : Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jalisco.
- Rivera, (2021). Entrevista personal con el C.P. Daniel Rivera Torres, subdirector Administrativo y Comercial del SOAPSC.
- Rodríguez, I., (2020). Inicia en diciembre operación de termoeléctrica en Huexca. Diario La Jornada, lunes, 23 nov 2020 Extraído de: [Inicia en diciembre operación de termoeléctrica en Huexca - Política - La Jornada](#)
- Romo, D., (2005). Políticas e instrumentos para mejorar la gestión ambiental en las pymes y promover la oferta de bienes y servicios ambientales: el caso mexicano David Romo, CEPAL, Santiago de Chile.
- Salas, Alberto y Guerrero (2007) Modelo de Costos para el Tratamiento de las Aguas Residuales en la Región. Scientia et Technica Año XIII, No 37, Diciembre de 2007. Universidad Tecnológica de Pereira.
- SEMARNAT. (1999). Manual de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos de la curtiduría, Instituto Nacional de Ecología, México D.F.
- SIATL, (2020). Simulador de Flujos de agua de Cuencas Hidrográficas, INEGI.ORG, extraído de: [SIATL v4 | SIMULADOR DE FLUJOS DE AGUA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS \(inegi.org.mx\)](#)
- SICA, (2019). Resultados por cuerpo de agua lótico, México, Extraído de: http://sica/resultados_por_tipo_cuerpo_agua/lotico.
- SOAPSC, (2018). Presupuesto de Ingresos del Sistema Operador de Agua y Saneamiento de Cuautla Morelos, correspondiente al ejercicio 2018, Extraído el 15 de abril 2021 de:
- SOAPSC, (2018). Presupuesto de Ingresos del Sistema Operador de Agua y Saneamiento de Cuautla Morelos Correspondiente al ejercicio 2018.
- SOAPSC, (2019). Programa sectorial agua potable y suficiente para todos 2019-2021, Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. Dirección General de Legislación. Subdirección de Jurisprudencia. Extraído de: [PSECTORAGUACUAUMO.pdf \(morelos.gob.mx\)](#)
- Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Mc Graw-Hill. New York – USA
- Terry A., H. (2006). Challenge in increasing water use efficiency in irrigated agriculture. The proceedings of international symposium





on water and land management for sustainable irrigated agriculture, (págs. 4-8)

- Toledo A., (2002). EL agua en México y el Mundo, Gaceta ecológica no. 64, pp.9-18, pdf extraído de: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/03/Dialnet-ElAguaEnMexicoYEIMundo-2887484-1.pdf>
- UN.ORG, (2021). Water scarcity, extraído el 10 de febrero de: Water scarcity | International Decade for Action 'Water for Life' 2005-2015 (un.org)
- UNESCO, (2006). Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral por cuencas hidrográficas. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°4.
- UNESCO, (2016). Agua y Empleo, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París, Francia
- Valencia J.C., Díaz J.J., Vargas L., (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos en México: un nuevo paradigma en el manejo del agua, PDF extraído el 3 septiembre 2019 de: [gestion.pdf \(inecc.gob.mx\)](#)



ANEXO 1
Grado de implementación de la GIRH a nivel municipal - Cuautla

Ingrese su puntaje, en la celda amarilla situada inmediatamente debajo de cada pregunta y anote sus observaciones que crea necesarias.

1. Instituciones y Participación de la sociedad.

1. Instituciones y Participación						
¿Cuál es la Capacidad de la autoridad gubernamental municipal para conducir la implementación de los planes municipales de GIRH?						
a)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay autoridades dedicadas a la GIRH.	Si hay autoridades, con un claro mandato de conducir la GIRH	Las autoridades tienen la capacidad para conducir eficazmente la FORMULACION del plan de GIRH	Las autoridades tienen la capacidad para conducir eficazmente la IMPLEMENTACIÓN del plan de GIRH	Las autoridades tienen la capacidad para conducir efectivamente el monitoreo periódico del plan de GIRH.	Las autoridades tienen la capacidad para conducir y revisar periódicamente los planes de GIRH.
	Respuesta del 0 al 100: 20		Observaciones o Evidencia: Hay autoridades con el mandato de dirigir la GIRH pero no están en el municipio sino en la federación.			
1. Instituciones y Participación						
¿Cómo es la Coordinación entre las autoridades gubernamentales municipales y regionales que representan distintos sectores sobre recursos hídricos, política, planificación y gestión?						
b)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay coordinación entre autoridades	Solo se pone la información relacionada al recurso hídrico a disposición de los distintos sectores	Los distintos sectores comparten información, experiencias y opiniones.	Oportunidades para los distintos sectores de participar en los procesos de política, planificación y gestión	Los distintos sectores participan en los procesos de política, planificación y gestión.	Los distintos sectores toman decisiones y hacen acuerdos colectivos relativas a asuntos y actividades importantes.
	Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Se comparte información entre sectores en relación a algún problema que surge.			
1. Instituciones y Participación						
¿Cómo es la Participación pública y la participación ciudadana local en recursos hídricos, política, planificación y gestión a nivel municipal?						
c)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay comunicación entre el gobierno y la ciudadanía.	La Información sobre recursos hídricos, política, planificación y gestión es puesta a disposición de las partes interesadas.	Las autoridades municipales solicitan ocasionalmente información, experiencias y opiniones a las partes interesadas.	Las autoridades municipales solicitan regularmente información a las partes interesadas.	Hay oportunidades periódicas para las partes interesadas de participar en procesos relevantes de política, planificación y gestión	Hay representación formal de las partes interesadas en procesos gubernamentales municipales que contribuyen a la toma de decisiones sobre asuntos y actividades importantes, según corresponda.

Respuesta del 0 al 100: 60	Observaciones o Evidencia: Recientemente las autoridades municipales han solicitado información a la población civil interesada para participar en la toma de decisiones.
----------------------------	---

1.Instituciones y Participación						
¿Cómo es la participación empresarial en la GIRH a nivel municipal?						
d)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay comunicación entre el gobierno municipal y el sector empresarial en la GIRH.	La Comunicación es limitada	Las autoridades municipales solicitan regularmente información y opiniones al sector empresarial.	El sector privado tiene oportunidades limitadas para participar en procesos relevantes de política, planificación y gestión	El sector privado tiene oportunidades periódicas para participar en procesos relevantes de política, planificación y gestión	Hay Participación efectiva del sector privado en la GIRH
	Respuesta del 0 al 100: 20		Observaciones o Evidencia: Las empresas con disposición a participar a nivel municipal son la Embotelladora Las Margaritas y la asociación de Balnearios. Pero el municipio no solicita información u opinión al sector empresarial.			

1.Instituciones y Participación						
¿Hay objetivos específicos en función del género para la gestión de los recursos hídricos a nivel municipal?						
e)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay.	El género es abordado parcialmente en las ordenanzas políticas o planes municipales	El presupuesto e implementación es limitado para este tema	Hay financiamiento en relación al género y los objetivos se alcanzaron en parte.	Hay adecuado financiamiento y la mayoría de los objetivos en los temas de género se alcanzaron.	Los objetivos se alcanzan plenamente y los temas de género son abordados adecuadamente
	Respuesta del 0 al 100: 0		Observaciones o Evidencia: no lo hay			

1.Instituciones y Participación						
¿Cómo se logra el municipio el Desarrollo de capacidades para la GIRH?						
f)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay desarrollo	El desarrollo es ocasional	Se comienza a implementar el desarrollo	El desarrollo de las capacidades involucra sólo a parte del personal involucrado en el recurso hídrico	Las iniciativas de desarrollo de capacidades tienen resultados efectivos e involucra a todo el personal involucrado en el manejo del recurso hídrico.	El desarrollo de las capacidades es excelente.
	Respuesta del 0 al 100: 20		Observaciones o Evidencia: sólo hay capacitación ocasional y no es en temas de la GIRH.			

2. Entorno Propicio

2. Entorno Propicio						
Las leyes municipales sobre los recursos hídricos, ¿están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)?						
a)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay leyes al respecto	Si hay, pero no basadas en la GIRH	Si hay y comienzan a ser implementadas	Son Aplicadas por las autoridades pertinentes para guiar el trabajo	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio.	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio. Además, se revisan periódicamente.
Respuesta del 0 al 100:40		Observaciones o Evidencia: La constitución concede al municipio el servicio de agua potable y alcantarillado y la LAN tiene su base en la GIRH , lo que hace falta es aplicarlas en la práctica.				

2. Entorno Propicio						
Las Políticas municipales de recursos hídricos, ¿están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos?						
b)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay políticas basadas en la GIRH	Si hay, pero no basadas en la GIRH	Si hay y comienzan a ser implementadas	Son Aplicadas por las autoridades pertinentes para guiar el trabajo	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio.	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio. Además, se revisan periódicamente.
Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Las políticas municipales derivan de las políticas nacionales, pero hace falta la aplicación en la práctica.				

2. Entorno Propicio						
¿Los Planes de gestión de las microcuencas/subcuencas/Acuíferos en el municipio y/o mancomunidad, están basados en la GIRH?						
c)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay planes basados en la GIRH	Si hay, pero no basadas en la GIRH	Si hay y comienzan a ser implementadas	Son Aplicadas por las autoridades pertinentes para guiar el trabajo	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio.	Si hay y sus objetivos se han logrado consistentemente en el municipio. Además, se revisan periódicamente.
Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Los planes municipales tienen la idea de ajustarse a la planeación Nacional pero no se llega a concretar por el corto plazo de mandato y por falta de recursos.				

3 Instrumentos de Gestión

3. Instrumentos de Gestión

¿Cómo es el Monitoreo por microcuenca/ subcuenca de la calidad del agua (incluye agua superficial y/o subterránea)

a)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay sistema de monitoreo establecido.	El Sistemas de monitoreo establecidos es para un número limitado de proyectos a corto plazo.	El Monitoreo municipal es realizado, pero con cobertura limitada y uso limitado por las partes interesadas.	El Monitoreo municipal a largo plazo es realizado con cobertura adecuada, pero con uso limitado por las partes interesadas	El Monitoreo municipal a largo plazo es realizado con muy buena cobertura y uso adecuado por las partes interesadas.	El Monitoreo nacional a largo plazo es realizado con excelente cobertura y excelente uso por las partes interesadas.
	Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Sólo CONAGUA monitorea periódicamente. Se esperaría que el municipio monitorea periódicamente las PTAR y las descargas que tiene a su cargo, pero no hay evidencia de este monitoreo.			

3. Instrumentos de Gestión

¿Cuáles son los Instrumentos de Gestión para el Control de la contaminación a nivel de fuente (superficial y subterránea)

b)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay implementación de instrumentos de gestión para el control de la contaminación.	El uso de los instrumentos de gestión para el control de la contaminación es limitado y sólo a través de proyectos a corto plazo / especiales o similares.	Algunos instrumentos de gestión para el control de la contaminación se implementan a más largo plazo, pero con una cobertura limitada de los distintos sectores y del municipio.	Los instrumentos de gestión para el control de la contaminación se implementan a largo plazo, con una cobertura adecuada de los distintos sectores y del municipio.	Los instrumentos de gestión para el control de la contaminación se implementan a largo plazo, con muy buena cobertura de los distintos sectores y del municipio, y son eficaces.	Los instrumentos de gestión para el control de la contaminación se implementan a largo plazo, con excelente cobertura de los distintos sectores y del municipio, y son altamente eficaces.
	Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Se tienen plantas de tratamiento, pero no trabajan con una adecuada eficiencia. No hay monitoreo periódico que aplique la NOM-002-SEMARNAT-1996, no hay evidencia de incentivos económicos para disminuir la contaminación.			

3. Instrumentos de Gestión

¿Cuáles son los Instrumentos de gestión para reducir los impactos de la contaminación del agua a nivel municipal?

c)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay implementación de instrumentos de gestión.	El uso de los instrumentos de gestión es limitado y sólo a través de proyectos a corto plazo / especiales o similares.	Algunos instrumentos de gestión se implementan a más largo plazo, pero con una cobertura limitada de las áreas en riesgo.	Los instrumentos de gestión se implementan a largo plazo, con una cobertura adecuada de las áreas en riesgo.	Los instrumentos de gestión se implementan a largo plazo, con muy buena cobertura de las áreas en riesgo, y son eficaces.	Los instrumentos de gestión se implementan a largo plazo, con excelente cobertura de las áreas en riesgo, y son altamente eficaces.
Respuesta del 0 al 100: 60		Observaciones o Evidencia: Se podría tratar el 100% de la ciudad, con las PTAR existentes, pero no tienen eficiencias muy bajas.				

3. Instrumentos de Gestión

¿Cuáles son los instrumentos para el Intercambio de datos e información de la calidad del agua entre los municipios a nivel de microcuenca/subcuenca.?

d)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	No hay intercambio de datos e información.	Intercambio limitado de datos e información en casos específicos.	Los acuerdos de intercambio de datos e información existen a más largo plazo, entre los principales proveedores de datos y los usuarios.	Los acuerdos de intercambio de datos e información se implementan a más largo plazo, con una cobertura adecuada de los sectores y del municipio.	Los acuerdos de intercambio de datos e información se implementan a más largo plazo, con muy buena cobertura de los sectores.	Todos los datos e información relevantes están disponibles y de manera gratuita para todos.
Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: Hay comunicación e intercambio de datos entre las dependencias y el municipio solamente.				

4. Financiamiento

4. Financiamiento

¿Cómo es el Presupuesto municipal para inversión de infraestructura de recursos hídricos, en agua potable y alcantarillado (valor aproximado si se conoce)?

a)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	Ningún presupuesto asignado en los planes municipales de inversión.	Presupuesto asignado, pero sólo cubre en parte las inversiones planificadas.	Suficiente presupuesto asignado para las inversiones planificadas, pero se desembolsan o facilitan fondos insuficientes.	Suficiente presupuesto asignado y se desembolsan fondos para todos los programas o proyectos planificados.	Fondos disponibles y todos los proyectos planificados se implementan.	Los programas planificados se cumplieron, se realizaron evaluaciones posteriores y un nuevo ciclo de financiamiento está en marcha.
	Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: No hay un presupuesto suficiente, pero tampoco hay un proyecto por el municipio a largo plazo por el cual se pretenda obtener los fondos.			

4. Financiamiento

¿Cómo es el Presupuesto municipal para el mantenimiento, protección y sostenibilidad de los elementos de GIRH?

b)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	Ningún presupuesto asignado para los costos asegurando la protección y sostenibilidad de los elementos de GIRH.	Presupuestos asignados para sólo unos cuantos elementos y la implementación se encuentra en una etapa inicial.	Presupuestos asignados para al menos la mitad de los elementos, pero insuficiente para los demás.	Presupuestos asignados para la mayoría de los elementos y algunas acciones de implementación están en marcha.	Los presupuestos asignados incluyen todos los elementos y la implementación se realiza regularmente.	Los presupuestos asignados planificados para todos los elementos de GIRH se ejecutaron totalmente.
	Respuesta del 0 al 100: 20		Observaciones o Evidencia:			

4. Financiamiento

¿Cómo son los ingresos recaudados de gravámenes específicos del tratamiento de agua y de la emisión de contaminantes sobre los usuarios de agua a nivel de microcuenca o municipal?

c)	Muy bajo (0)	Bajo (20)	Mediano-bajo (40)	Mediano-alto (60)	Alto (80)	Muy alto (100)
	Ningún ingreso recaudado a nivel municipal.	Procesos establecidos para recaudar ingresos locales, pero sin implementar todavía.	Ingresos limitados recaudados de cargos, pero no utilizados para las actividades de GIRH.	Ingresos limitados recaudados de cargos, para cubrir algunas actividades de GIRH.	Ingresos recaudados de cargos cubren la mayoría de las actividades de GIRH.	Las autoridades locales recaudan fondos de múltiples fuentes y cubren totalmente los costos de las actividades de GIRH.
	Respuesta del 0 al 100: 40		Observaciones o Evidencia: los ingresos son utilizados sólo para nómina, y gastos fijos.			

INSTITUCIONES Y PARTICIPACIÓN	Municipio							Conagua	CCB	Total	%	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9			E10
a) ¿Cuál es la Capacidad de la autoridad gubernamental municipal para conducir la implementación de los planes municipales de GIRH?	20	20	20	0	20	0	20	40	20	0	160	16
b) ¿Cómo es la Coordinación entre las autoridades gubernamentales municipales y regionales que representan distintos sectores sobre recursos hídricos, política, planificación y gestión?	80	60	40	0	80	0	40	40	40	0	380	38
c) ¿Cómo es la Participación pública y la participación ciudadana local en recursos hídricos, política, planificación y gestión a nivel municipal?	60	60	60	40	80	20	40	20	40	0	420	42
d) ¿Cómo es la participación empresarial en la GIRH a nivel municipal?	20	20	20	20	80	0	0	20	0	0	180	18
e) ¿Hay objetivos específicos en función del género para la gestión de los recursos hídricos a nivel municipal?	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	20	2
f) ¿Cómo se logra el municipio el Desarrollo de capacidades para la GIRH?	60	60	20	0	60	0	20	20	20	0	260	26
												23.7

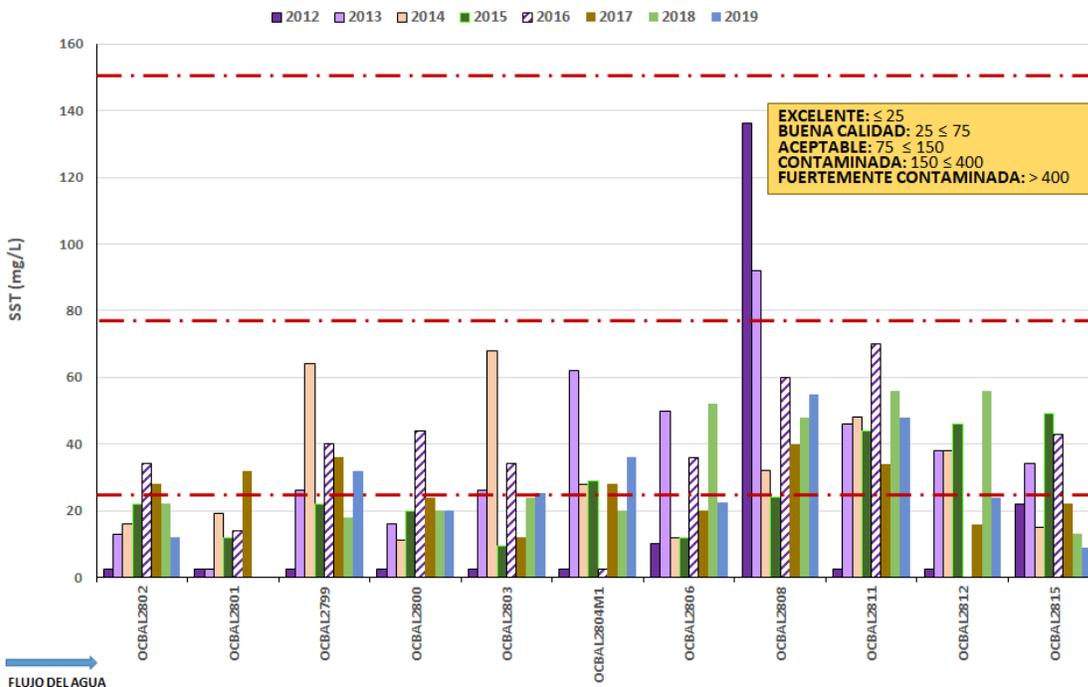
2 ENTORNO PROPICIO	Municipio							Conagua	CCB	Total	%	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9			E10
a) Las leyes municipales sobre los recursos hídricos, ¿están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)?	80	60	20	20	60	60	20	0	20	20	340	34
b) Las Políticas municipales de recursos hídricos, ¿están basadas en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos?	80	60	20	20	60	20	20	0	20	20	300	30
c) Los Planes de gestión de las microcuencas /subcuencas/ Acuíferos en el municipio y/o mancomunidad, ¿están basados en la GIRH?	60	60	20	20	80	20	20	0	20	20	300	30
												31.3

3. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	Municipio							Conagua	CCB	Total	%	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9			E10
a) ¿Cómo es el Monitoreo por microcuenca/ subcuenca de la calidad del agua (incluye agua superficial y/o subterránea)	60	60	20	0	40	20	0	40	20	0	260	26
b) ¿Cuáles son los Instrumentos de Gestión para el Control de la contaminación a nivel de fuente (superficial y subterránea)	60	60	20	0	60	0	20	20	20	20	260	26
c) ¿Cuáles son los Instrumentos de gestión para reducir los impactos de la contaminación del agua a nivel municipal?	60	60	20	0	40	0	20	0	20	20	220	22
d) ¿Cuáles son los instrumentos para el Intercambio de datos e información de la calidad del agua entre los municipios a nivel de microcuenca/subcuenca.?	40	40	0	40	0	0	0	0	0	20	120	12
												21.5

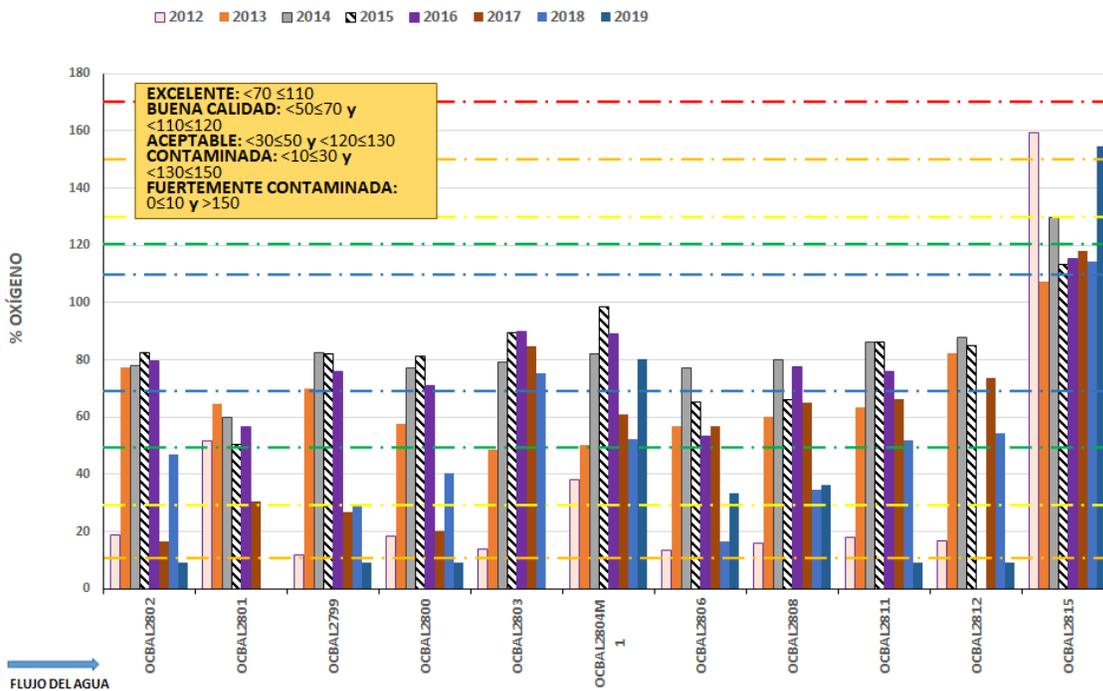


4 FINANCIAMIENTO	Municipio							Conagua		CCB	Total	%
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10		
a) ¿Cuánto es el Presupuesto municipal para inversión de infraestructura de recursos hídricos, en agua potable y alcantarillado	20	20	40	20	20	0	0	20	20	0	160	16
b) ¿Cuánto es el Presupuesto municipal para el mantenimiento, protección y sostenibilidad de los elementos de GIRH?	40	40	20	0	20	0	0	10	0	0	130	13
c) ¿Cuántos son los ingresos recaudados de gravámenes específicos del tratamiento de agua y de la emisión de contaminantes sobre los usuarios de agua a nivel de microcuenca o municipal?	60	60	40	40	60	0	40	40	40	0	380	38
											22.3	

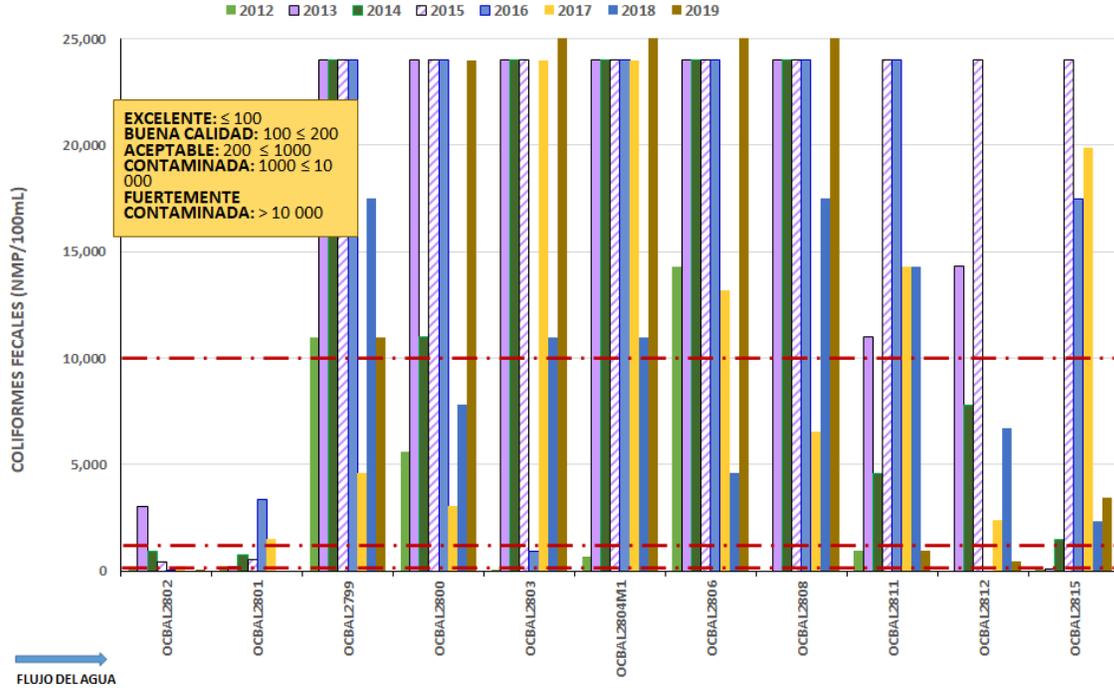
TENDENCIA DE SST EN EL RÍO CUAUTLA, MORELOS



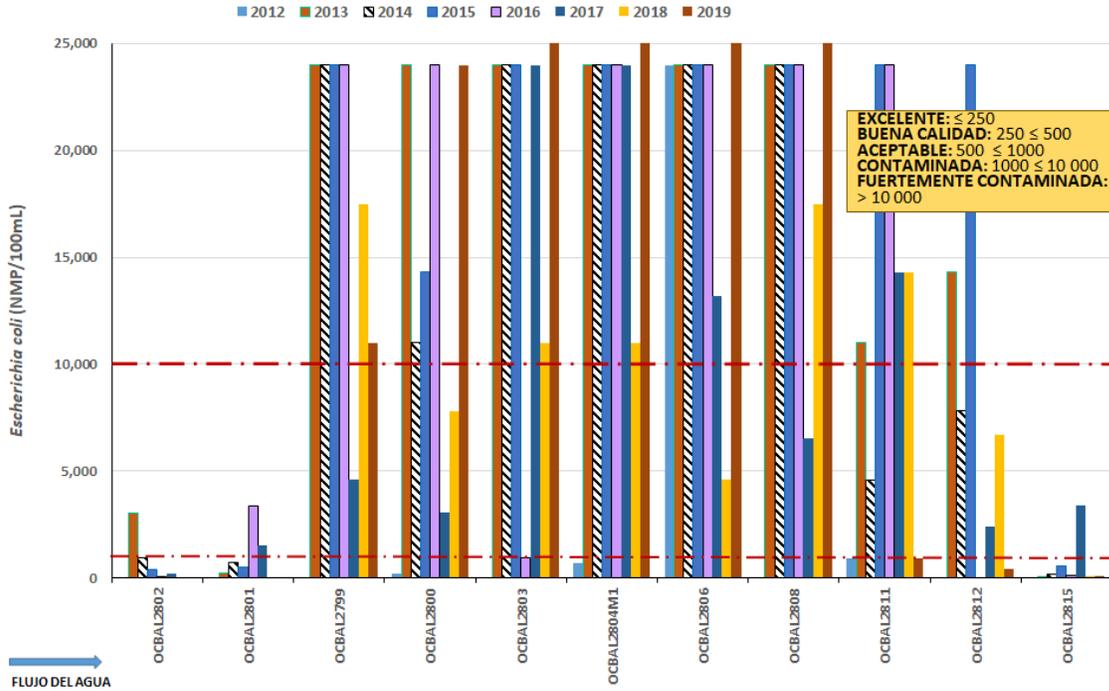
TENDENCIA DE SATURACIÓN DE OXÍGENO SUPERFICIAL EN EL RÍO CUAUTLA, MORELOS



TENDENCIA DE COLIFORMES FECALES EN EL RÍO CUAUTLA, MORELOS



TENDENCIA DE *Escherichia coli* EN EL RÍO CUAUTLA, MORELOS



ANEXO 3

Indicadores de Gestión del área de Operación.

Indicadores de Gestión. IMTA,2011. Indicadores de Gestión Prioritarios en Organismos Operadores, México.

Indicador	Variables	Fórmula	Objetivo
OPERACIÓN			
1) <i>RI</i> : Redes e instalaciones (%)	<i>A_{ACT}</i> : Área de la red de distribución actualizada (km ²) <i>A_{RED}</i> : Área total de la red de distribución (km ²)	$RI = \frac{A_{ACT}}{A_{RED}} * 100$	Evalúa el conocimiento de la infraestructura existente.
2) <i>ReTub</i> : Rehabilitación de tubería (%)	<i>LTubRe</i> : Longitud de tubería rehabilitada (km) <i>LTubTo</i> : Longitud total de la tubería de distribución (km)	$R_{ETUB} = \frac{LT_{UBRE}}{LT_{ubTo}} * 100$	Evaluar la capacidad del organismo operador para mantener actualizada la red de agua potable.
3) <i>ReTom</i> : Rehabilitación de tomas domiciliarias (%)	<i>TomRe</i> : Número de Tomas rehabilitadas <i>T_{REG}</i> : No. total de Tomas Registradas	$R_{ETOM} = \frac{T_{OMRE}}{T_{REG}} * 100$	Evaluar la capacidad del organismo operador de mantener actualizada la infraestructura de tomas domiciliarias
4) <i>T_{SC}</i> : Tomas con servicio continuo (%)	<i>T_{REG}</i> : No. total de Tomas Registradas <i>T_{CONT}</i> : No. de tomas con servicio continuo	$T_{SC} = \frac{T_{CONT}}{T_{REG}} * 100$	Evalúa la continuidad en el servicio de agua.
5) <i>MACRO</i> : Macromedición (%)	<i>M_{AC}</i> : No. de macromedidores funcionando en captaciones <i>C_{APT}</i> : No. de captaciones	$MACRO = \frac{M_{AC}}{C_{APT}} * 100$	Conocimiento real de agua entregada.
6) <i>MICRO</i> : Micromedición (%)	<i>M_{IC}</i> : No. de micromedidores funcionando <i>T_{REG}</i> : No. total de Tomas Registradas	$MICRO = \frac{M_{IC}}{T_{REG}} * 100$	Capacidad de medir el agua consumida por los usuarios



7) V_{TRAT} : Volumen tratado (%)	V_{ART} : Vol. anual de agua residual tratado (m^3) V_{APP} : Vol. anual de agua potable producido (m^3)	$V_{TRAT} = \frac{V_{ART}}{V_{APP} * 0.70} * 100$	Conocer la Cobertura de tratamiento.
8) Dot : Dotación (l/h/d)	Hab : No. de habitantes de la ciudad, según el censo INEGI V_{APP} : Vol. anual de agua potable producido (m^3)	$Dot = \frac{V_{APP} * 1000}{Hab * 365}$	Evaluar la cantidad asignada de agua según la extracción total
9) Consumo (l/h/d)	V_{CON} : Volumen de agua consumido ($m^3/año$) Hab : Habitantes	$Consumo = \frac{V_{CON} * 1000}{365 * Hab}$	Estimar el consumo real de agua sin tomar en cuenta las pérdidas por fugas en la red y tomas domiciliarias.
10) Tandeo: Horas con servicio de agua en las zonas de tandeo (%)	H_{TANDEO} : Horas con servicio tandeado (horas/día)	$Tandeo = H_{TANDEO}$	Horas que los usuarios con servicio tandeado recibe el agua.
11) PU : Padrón de Usuarios (%)	T_{CORR} : No. de tomas del padrón activas T_{REG} : No. total de Tomas Registradas	$PU = \frac{T_{CORR}}{T_{REG}} * 100$	Evalúa el registro confiable de usuarios.
12) U_{PAT} : Usuarios con pago a tiempo (%)	N_{LUP} : No. de usuarios con pago a tiempo (2 meses) T_{REG} : No. total de Tomas Registradas	$U_{PAT} = \frac{N_{LUP}}{T_{REG}} * 100$	Conocimiento del pago del servicio.
13) P_{PIPAS} : Usuarios abastecidos con pipas (%)	U_{PIPAS} : Número de Usuarios que se abastecen con pipas. T_{REG} : No. total de Tomas Registradas	$P_{PIPAS} = \frac{U_{PIPAS}}{T_{REG}} * 100$	Porcentaje de los usuarios que son abastecidos con pipas y/o tomas públicas.
14) $RECLA$: Reclamaciones (Por cada mil tomas)	R_U : No. de reclamaciones de usuarios T_{REG} : No. total de Tomas Registradas	$RECLA = \frac{R_U * 1000}{T_{REG}}$	Evalúa la calidad del servicio en lo referente a la satisfacción del cliente.
15) E_{MT} : Empleados por cada mil tomas (Núm)	N_{EOD} : No. de empleados en el organismo operador T_{REG} : No. total de Tomas Registradas	$E_{MT} = \frac{N_{EOD} * 1000}{T_{REG}}$	Expresa el uso eficiente de la fuerza laboral.
16) E_{CF} : Empleados dedicados al control de fugas	N_{ECC} : No. de empleados dedicados al control de fugas N_{FCR} : No. de fugas ocurridas y	$E_{CF} = \frac{N_{ECC} * 1000}{N_{FCR}}$	Evaluar la capacidad existente en atención de fugas

(trabajadores/fugas)	reparadas		
17) Agua: Cobertura de agua potable (%)	T_{REG} : No. total de Tomas Registradas Hab : Habitantes Den : Habitantes por casa	$Agua = \frac{T_{REG} * Den}{Hab} * 100$	Porcentaje de la población que cuenta con servicio de agua potable
18) PLR: Pérdidas por Longitud de red (m ³ /Km)	V_{CON} = Volumen Anual Consumido V_{APP} = Volumen Anual Producido $LONG$ = Longitud Red Distribución	$P_{LR} = \frac{V_{APP} - V_{CON}}{LONG}$	Determinar Pérdidas de agua en la red por kilometro
19) PPT: Pérdidas por Toma (m ³ /Toma)	V_{APP} = Volumen anual producido V_{CON} = Volumen anual consumido T_{REG} = No. de tomas registradas	$P_{PT} = \frac{V_{APP} - V_{CON}}{T_{REG}}$	Evalúa el volumen prorrateado de pérdidas por toma.

Indicadores financieros.

Indicador	Variables	Fórmula	Objetivo
FINANCIEROS			
20) C_{VPP} : Costos entre volumen producido (\$/m ³)	C_{OMA} : Costos (Operación, Mantenimiento y Administración) V_{APP} : Vol. anual de agua potable producido (m ³)	$C_{VPP} = \frac{C_{OMA}}{V_{APP}}$	Evaluar los costos generales.
21) $ReTa$: Relación de trabajo (%)	E_{Tot} : Egresos Totales (\$) I_{Tot} : Ingresos Totales (\$)	$ReTa = \frac{E_{Tot}}{I_{Tot}} * 100$	Relación Ingresos y Egresos
22) $INVPIB$: Relación Inversión PIB (%)	$InvTot$: Inversión total (\$) PIB : Producto Interno Bruto	$INVPIB = \frac{I_{IV} T_{OT}}{PIB} * 100$	Conocer cuál es el porcentaje de inversión que realiza el organismo operador con respecto al producto interno bruto de la ciudad.
23) RCT : Relación Costo - Tarifa	CVP : Costo por Volumen Producido TM : Tarifa Media Domiciliaria	$R_{CT} = \frac{T_{MD}}{C_{VPP}}$	Conocer cuál es la relación entre el costo de producción y venta del agua.
24) E_{FIS1} : Eficiencia física 1 (%)	V_{CON} : Vol. de agua consumido (m ³) V_{APP} : Vol. anual de agua potable producido (m ³)	$E_{FIS1} = \frac{V_{CON}}{V_{APP}} * 100$	Evalúa la eficiencia entre lo consumido y lo producido
25) E_{FIS2} : Eficiencia física 2 (%)	V_{AF} : Vol. de agua facturado (m ³) V_{APP} : Vol. anual de agua potable producido (m ³)	$E_{FIS2} = \frac{V_{AF}}{V_{APP}} * 100$	Evalúa la eficiencia entre lo facturado y lo producido
26) E_{COM} : Eficiencia comercial (%)	V_{AP} : Vol. de agua pagado (m ³) V_{AF} : Vol. de agua facturado (m ³)	$E_{COM} = \frac{V_{AP}}{V_{AF}} * 100$	Evalúa la eficiencia entre la facturación y el pago de la misma
27) E_{COB} : Eficiencia de cobro (%)	P_{VEN} : Ingreso por venta de agua (\$) P_{FAC} : Dinero facturados por venta de agua (\$)	$E_{COB} = \frac{P_{VEN}}{P_{FAC}} * 100$	Evalúa la eficiencia de cobro del agua
28) E_{Global} : Eficiencia Global (%)	E_{FIS1} : Eficiencia física 1 E_{COM} : Eficiencia comercial	$E_{Global} = E_{FIS1} * E_{COM}$	Se calcula la eficiencia global del sistema de agua potable



P.D. =Promedio Diario; **P.M.** = Promedio mensual;

N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006



ANEXO 5

DETERMINACION DE LA CALIDAD ACUATICA EN AMBIENTES LÓTICOS MEDIANTE EL INDICE BMWP

ÍNDICE

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Principio
4. Referencias
5. Definiciones
6. Reactivos y materiales
7. Equipos
8. Muestreo, preservación y almacenamiento de muestras
9. Control de calidad
10. Calibración
11. Procedimiento
12. Cálculos
13. Interferencias
14. Seguridad
15. Manejo de residuos
16. Bibliografía
17. Anexos (formatos)



1. OBJETIVO

Describir la metodología para evaluar la calidad del agua a través de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, mediante el Biological Monitoring Working Party (BMWP).

2. PRINCIPIO

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia (Alba - Tercedor et al., 1978; Alba – Tercedor, 1996; Pino, 2003; Armitage et al., 1983). Los valores de sensibilidad de cada familia serán tomados del anexo de este documento.

3. CAMPO DE APLICACION

En estudios de calidad del agua que requieran de una determinación rápida del grado de contaminación en la que se encuentra el cuerpo de agua. En ríos y arroyos con problemas de contaminación.

4. DEFINICIONES

4.1 Macroinvertebrados bentónicos. - Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos que viven, se arrastran o se pegan al sustrato del fondo de un cuerpo de agua. Puede verse a simple vista y son retenidos sobre un tamiz del No. 30 (0.595 mm de abertura).

4.2 Macrófitas. - Son especies vegetales adaptadas a vivir en medios acuáticos. Están constituidas por un conjunto funcional heterogéneo de plantas de importancia económica en los ecosistemas acuáticos.

4.3. Cuerpos de agua.- Son los lagos, lagunas costeras, estuarios, acuíferos, redes colectoras, con excepción de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal, ríos y sus afluentes directos o indirectos, permanentes o intermitentes, presas, cuencas, cauces, canales, embalses, cenotes, manantiales y demás depósitos o corrientes de agua.



- 4.4. Descarga.- Aguas residuales que se vierten directamente o indirectamente en algún cuerpo de agua o sistema de drenaje y alcantarillado urbano y municipal,
- 4.5. incluyéndose los procesos de infiltración e inyección.
- 4.6. 4.5. Índice de diversidad.- Expresión matemática que relaciona el número de taxones y su abundancia.
- 4.7. 4.6. Ecosistemas acuáticos.- Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente acuático en un espacio y tiempo determinado.
- 4.8. 4.7. Efluente.- Es el agua u otro líquido que produce de un embalse, cuenca, proceso o planta de tratamiento.
- 4.9. 4.8. Microhabitat. Son los diversos hábitats que podamos encontrar en un punto de muestreo. Los cuales puede ser: de corriente lenta, de corriente fuerte, de sustrato limoso, de vegetación.
- 4.10. 4.9. Tolerancia.- Capacidad máxima que tiene un organismo de soportar una variación del hábitat sin que ello perjudique a su ciclo vital.

5. REACTIVOS Y MATERIALES

5.1 Reactivos

5.1.1 Alcohol etílico. Para la preservación de muestras prepare una solución de alcohol al 70%.

5.1.2 Agua destilada.

5.2 Materiales

5.2.1 Cajas Petri cuadrículadas.

5.2.2 Agujas y pinzas.

5.2.3 Charola de disección.

5.2.4 Piseta con agua corriente.

5.2.5 Piseta con alcohol etílico al 70%.

5.2.6 Frascos de vidrio o plástico de boca ancha de un litro de capacidad

5.2.7 Tamiz de N° 30 (0.595 mm de abertura de malla).

5.2.8 Cubeta de plástico.

5.2.9 Etiquetas



- 5.2.10 Placa de plástico de 50 x 50 cm.
- 5.2.11 Probeta de 500 o 1000 ml.
- 5.2.12 Matraz aforado de 1 litro.
- 5.2.13 Espátula de plástico.
- 5.2.14 Guantes de látex.

6. EQUIPO

- 6.1 Microscopio estereoscópico.
- 6.2 Red Surber.
- 6.3 Redes marco D (D frame), con apertura de malla de 500 μm
- 6.4 Red de piso o de pateo.
- 6.5 Redes de pateo con apertura de malla de 500 μm y 1 m de ancho
- 6.6 GPS

7. RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

7.1. Toma de muestras.

- 7.1.1 Las estaciones de muestreo deben situarse lo más cerca posible de las seleccionadas para toma de muestras químicas y bacteriológicas, para asegurar la máxima correlación de los resultados.
Seleccione un tramo de río no superior a 50 metros de largo. Cuando la corriente del río sea demasiado fuerte, debe muestrear en la orilla a una profundidad no mayor a 80 cm.
- 7.1.2 Identifique los diferentes hábitats existentes en el tramo seleccionado (cascadas, rápidos, pozas, de vegetación, limoso, etc).
- 7.1.3 El muestreo debe empezar aguas abajo el final del tramo delimitado y proceder aguas arriba; esto es para evitar en turbar el agua que todavía no ha sido muestreada, y sobre todo para evitar que los macroinvertebrados se dejen arrastrar por la corriente al detectar las vibraciones.
Seleccione 3 de los hábitats observados y muestree intensivamente durante 5 minutos en cada uno de ellos, recolectando una muestra por hábitat.
- 7.1.4 Para los microhábitats de corriente fuerte o lenta y sustrato duro o blando, limpiar con la mano o con los pies el sustrato, procurando que el residuo removido sea atrapado en la red de pateo.
- 7.1.5 Para los microhábitats de vegetación, pase la red D por entre la vegetación, por entre las raíces sumergidas y las macrófitas.
- 7.1.6 Para los microhábitats limosos, de arena, o grava, remover el fondo con los pies y procurar que el material flote para ser atrapado por la red D.



- 7.1.7 Al terminar los 5 minutos de cada submuestra depositar lo recolectado en la red en una charola de plástico, ayudado con un recipiente arrastre los organismos pegados a la red de manera que caigan en la bandeja. Es recomendable vaciar periódicamente la red en cubeta colocada en la orilla, para evitar que la red se colmate, y los macroinvertebrados escapen de ella arrastrados por la corriente.
- 7.1.8 Si se atrapó hojarasca, piedras o maderas grandes, revise que no queden en ellos organismos adheridos antes de devolverlos al río. Para ello utilice agua del mismo río libre de sólidos para enjuagar las impurezas y separar lo más que se pueda la basura de la muestra.
- 7.1.9 Introduzca la muestra con los organismos atrapados en el frasco de plástico de 1 litro, puede utilizar la malla para colar la muestra y separar la tierra de los organismos y utilice una placa de plástico para recolectar lo que se adhiera a la malla. Una vez depositada la muestra en el frasco, agregue alcohol al 70% hasta completar el litro y ciérrelo.
- 7.1.10 Etiquete la muestra. E introduzca en la hielera.
- 7.1.11 Además debe tomarse en consideración los parámetros físico-químicos básicos (pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura de agua y aire), registrando las características del sitio de acuerdo a la hoja de campo.

8. PRESERVACIÓN EN EL LABORATORIO.

- 8.1 Una vez en el laboratorio, las muestras deberán ser ingresadas de acuerdo con las especificaciones propias del sistema de control de calidad, cada uno de los frascos de colecta deberá ser registrado; si más de un frasco fue utilizado, el número deberá ser indicado también.
- 8.2 Las muestras colectadas en campo y fijadas con alcohol al 70% deberán almacenarse en un anaquel a temperatura ambiente.

9. LAVADO DE MATERIAL Y CRISTALERÍA

- 9.1 Haga jabonadura en un recipiente, agregando 10 ml de extrán en 1000 ml de agua.
- 9.2 Sumergir una fibra en el agua con jabón y tallar el material de tal forma que quede limpio de toda impureza.
- 9.3 En caso de que no pueda tallar con la fibra porque la boca del recipiente es muy estrecha, utilizar escobillones para auxiliarse, remojándose en la jabonadura y tallar las paredes del recipiente hasta que quede limpio.
- 9.4 Enjuagar varias veces con agua de la llave hasta quitar la jabonadura, volver a enjuagar con agua destilada.



9.5 Dejar escurrir el material y una vez que este seco, proceder a colocarlo en su lugar.

10. CONTROL DE CALIDAD

Los organismos vivos son sistemas dinámicos y no estáticos, por lo que no se puede hablar de incertidumbres.

Se pueden mencionar cuatro componentes en los que hay que asegurar la calidad:

- la eficiencia en la enumeración,
- la identificación correcta de los organismos.
- la validación de los datos almacenados electrónicamente (en caso de emplear algún programa de software) contra los datos recabados en los formatos de trabajo, finalmente
- la cadena de custodia.

La generación de resultados por el análisis de Macroinvertebrados Bentónicos mediante el IBWP, puede realizarse en cualquier momento que se solicite, sin que para ello sea necesario presentar pruebas de desempeño, ya que el procedimiento indicado, por sí mismo garantiza que en el desarrollo de la prueba se analizan y contabilizan el número suficiente de organismos. Además, por las virtudes de la prueba no se requieren conocimientos taxonómicos que deban actualizarse constantemente o existir organismos de referencia.

En el cálculo del IBWP para una muestra, no debe variar el número total de familias entre dos conteos. En caso de variar, repetir el conteo.

11. CALIBRACIÓN

No aplica



12. PROCEDIMIENTO

12.1 Revisión de muestras y separación de organismos.

12.1 Tomar una pequeña porción de la muestra contenida en los frascos de 1 l y colocarla sobre la orilla de una caja Petri, es importante que dicha alícuota contenga etanol al 70% para evitar que la muestra se seque y los organismos se rompan con facilidad.

12.2 Colocar la caja Petri en el microscopio estereoscópico. Enfoque e ilumine adecuadamente para la revisión.

12.3 Con ayuda de las pinzas de disección comience a pasar cuidadosamente la muestra de un lado de la caja Petri al otro, con la finalidad de separar las distintas especies de Macroinvertebrados presentes en la muestra.

12.4 Una vez que encuentre un organismo Macroinvertebrados, colóquelo en un vial y por sus características identifíquelo en el catálogo MIB del OCB y anótelos en el formato 1. Continúe la revisión, si encuentra otro organismo diferente, colóquelo en un segundo vial e identifíquelo en el catálogo MIB de OCB coloque una etiqueta temporal de Masking Tape. Si encuentra un organismo que ya había sido identificado, colóquelo en el vial identificado anteriormente, deberán colocarse de tal forma que las características y similitudes coincidan en cada uno de los tubos. Agregue etanol al 70% hasta que los organismos queden cubiertos para evitar que se reseque la muestra.

12.5 Repita los pasos del 11.1.1 al 11.1.4, hasta que haya terminado de revisar la muestra.

12.6 Verifique que cada vial contenga el mismo tipo de Macroinvertebrado.

12.7 Etiquete el vial correctamente de acuerdo con la familia encontrada.

13. CÁLCULOS

13.1 Una vez terminada la revisión de la muestra proceda al conteo e identificación de cada una de las familias encontradas utilizando la matriz MIB de la Bitácora.

13.2 La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP (ver anexo).

13.3 Una vez obtenido el valor total de las familias encontradas en cada muestra. Asigne el BMWP del sitio de acuerdo con esta tabla.



CALIDAD DEL AGUA	BMWP
Aguas limpias	>100
Aguas con signo de contaminación	61-100
Aguas contaminadas	36-60
Aguas muy contaminadas	15-35
Aguas fuertemente contaminadas	<15

14. INTERFERENCIAS

- 14.1 En esta técnica se pueden contabilizar materiales orgánicos y no orgánicos que no forman parte de poblaciones de macroinvertebrados bentónicos, por lo que deberá utilizarse el microscopio estereoscópico para descartar estos materiales.
- 14.2 Asegúrese de revisar visualmente el catálogo previo a la revisión de muestras para no descartar un organismo que se pueda considerar como material no biológico.

15 PUNTUACIÓN DE LAS FAMILIAS PARA EL CÁLCULO DE IBMWP

Grupo	Familia	Puntos
Arácnidos	Acariformidae	4
Coleópteros	Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydraenidae, Hydrochidae,	5
	Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae,	4
	Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Noteridae, Psephenidae, Scirtidae (=Helodidae)	3
Crustáceos	Astacidae,	8
	Atyidae, Corophiidae, Gammaridae, Palaemonidae	6
	Asellidae, Ostracoda,	3
Dípteros	Athericidae	10
	Simuliidae, Tipulidae	5
	Anthomyiidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae, Ptychopteridae, Rhagionidae, Scatophagidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Tabanidae	4
	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae	2
	Ephemeridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Siphonuridae	10



Efemerópteros	Ephemerellidae, Prosoptomatidae	7
	Oligoneuriidae, Polymitarcidae	5
	Baetidae, Caenidae	4
Grupo	Familia	Puntos
Heterópteros	Aphelocheiridae	10
	Corixidae, Gerridae, Hydrometridae, Mesoveliidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae	3
Hirudíneos	Piscicolidae	4
	Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Hirudidae (=Hirudinidae)	3
Neurópteros	Sialidae	4
Lepidópteros	Crambidae (=Pyrallidae)	4
Moluscos	Ancylidae, Ferrissia, Neritidae, Thiaridae, Unionidae, Viviparidae	6
	Bithyniidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Valvatidae	3
Odonatos	Aeshnidae, Calopterygidae, Cordulegasteridae, Corduliidae, Gomphidae, Lestidae, Libellulidae	8
	Coenagrionidae, Platycnemididae	6
Oligoquetos	Todos	1
Plecópteros	Capniidae, Chloroperlidae, Leuctridae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae	10
	Nemouridae	7
Tricópteros	Beraeidae, Brachycentridae, Calamoceratidae, Goeridae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Molannidae, Odontoceridae, Phryganeidae, Sericostomatidae, Uenoidae (=Thremmatidae)	10
	Glossosomatidae, Philopotamidae, Psychomyiidae	8
	Ecnomidae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Rhyacophilidae	7
	Hydroptilidae,	6
	Hydropsychidae,	5
Turbelarios	Dendrocoelidae, Dugesiidae, Planariidae	5