



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DEL HÁBITAT
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MANEJO Y USO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN
LA CABECERA MUNICIPAL DE SANTA MARÍA DEL RÍO, SAN LUIS POTOSÍ

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS DEL
HÁBITAT CON ORIENTACIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y
GERENCIA DE PROYECTOS

PRESENTA
JOSÉ ROSILLO MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS
M.C.H. ALEJANDRO NAVARRO GONZÁLEZ

SINODAL POR DIRECCIÓN
C. Dr. ADRIÁN MORENO MATA

SINODAL POR COORDINACIÓN
M.B.A. MOISÉS BRAULIO GARCÍA MARTÍNEZ

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., MARZO, 2017

1. Aproximación al tema	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.1.1. Históricos	5
1.1.2. Normatividad sobre gestión del agua	7
1.1.3. Normatividad sobre reuso del agua y sus beneficios	8
1.1.4. Normatividad sobre el tratamiento del agua y su uso agrícola ..	9
1.2. Problema de investigación.....	10
1.2.1. Problemática de la gestión del agua	10
1.2.2. Problema de la gestión local del agua en el caso de estudio ..	12
1.2.3. Preguntas de investigación	14
1.2.4. Objetivo	14
1.2.5. Justificación.....	14
2. Unidad de estudio	15
2.1. Localización del municipio de Santa María del Río	15
2.1.1. Superficie de la unidad de estudio	15
2.1.2. Cabecera municipal.....	16
2.1.3. Delimitación de la unidad de estudio.....	17
2.2. Características de la planta tratadora de aguas residuales (PTAR) ..	17
3. Orientación metodológica de la investigación	18
3.1. Fuentes de información	18
3.2. Tipos de información	18
3.2.1. Revisión de literatura.....	19
3.2.2. Revisión de literatura especializada sobre el tema	19
3.3. Método de análisis y variables a utilizar	20
Capítulo I. Marco teórico-conceptual	20
1.1. El recurso natural agua.....	20
1.2. La nueva cultura del agua	21
1.3. Uso del agua en el riego agrícola, su manejo y eficiencia	22
1.4. Agua residual y salud	26

1.4.1. Reuso del agua y el riego agrícola	29
1.5. Tratamiento del agua residual	35
1.5.1. Usos y beneficios del agua residual tratada	40
1.5.2. Manejo del agua residual tratada	43
1.6. Sustentabilidad del agua	46
1.6.1. Agua residual tratada, sociedad y medio ambiente	49
1.7. Conclusión del capítulo	53
Capítulo II. Marco metodológico	54
2.1. Introducción	54
2.2. Técnicas de análisis	55
2.2.1. Análisis documental	55
2.2.2. Datos de campo	56
2.3. Proceso técnico de análisis	57
2.3.1. Uso consuntivo	57
2.3.2. Láminas de riego	59
2.3.3. Lluvia efectiva	60
2.3.4. Estimación de los intervalos de riego	61
2.3.5. Conducción del agua	62
2.4. Conclusiones del capítulo II	63
Capítulo III. Caso de estudio. Resultados	63
3.1. Introducción	63
3.2. Análisis de la información	63
3.2.1. Aspectos sociales	63
3.2.2. Aspectos técnicos	70
3.3. Conclusiones del capítulo III	84
Capítulo IV. Conclusiones generales	85
4.1. Introducción	85
4.2. Desarrollo de la discusión	85
4.3. Principales hallazgos de la investigación	86
4.4. Recomendaciones para iniciar un proceso de gestión	86
4.5. Agenda a futuro	87

4.6. Usos alternativos del agua residual tratada para esta región.....	87
Bibliografía.....	89
Anexos	98
Anexo I	98
Anexo II	98
Anexo III	115
Anexo IV	116
Tablas.....	132
Tabla 1.....	132
Tabla 2.....	133
Tabla 3.....	133
Tabla 4.....	134
Tabla 5.....	135
Tabla 6.....	136
Tabla 7.....	136
Tabla 8.....	137
Tabla 9.....	138
Tabla 10.....	139
Tabla 11.....	139

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Aproximación al tema

El crecimiento demográfico, la urbanización y el incremento en el consumo de agua en los hogares, la agricultura y la industria, han aumentado significativamente el uso global del agua. Ante esta problemática, el saneamiento de las aguas residuales adquiere más importancia para asegurar su recolección, conducción, tratamiento y adecuada disposición en los cuerpos receptores, en condiciones que no perjudiquen al medio ambiente y la salud de la población (de la Peña, Ducci y Zamora, 2013).

La utilización de aguas residuales en agricultura, tratadas o sin tratar, es una opción que empieza a tomar peso en diversas zonas del planeta, como una respuesta alternativa al creciente déficit hídrico, y sobre todo, a la fuerte competencia entre las zonas urbanas y periurbanas por agua dulce (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [FAO], s.f.).

Los principales factores a considerar en el manejo seguro de las aguas residuales, se establecen en la relación que guarda el sistema de acondicionamiento de la calidad del agua residual utilizada, con respecto al costo del sistema, para mayor seguridad se requiere de mayor desembolso. El manejo adecuado de los factores que contribuyan a mejorar la calidad del agua, junto con sistemas de tratamiento eficiente y económico, deberá dar la clave para la reducción de los riesgos, el abatimiento de costos y el sostenimiento o incremento de la productividad en sistemas agrícolas, que utilicen o vayan a utilizar aguas residuales (Comisión Nacional del Agua [CNA], 2010).

1.1. Antecedentes

1.1.1. Históricos

En numerosos países, el reuso del agua se ha practicado desde hace ya varias décadas. Se pueden encontrar ejemplos en los que esta actividad ha repercutido en

el mejoramiento ambiental de las ciudades y en el incremento de los beneficios que la sociedad goza por tener un ambiente más sano. La práctica del reuso del agua no es una actividad reciente. Por ejemplo, la Environmental Protection Agency (EPA) indica que desde 1972 en Irvine California se impulsó la construcción de instalaciones tanto para el tratamiento como para la distribución del agua tratada. Fue en 1984 que estas aguas se utilizaron para irrigar campos de cultivo, terrenos en escuelas, campos de golf, jardines residenciales y zonas verdes en avenidas (González, 2012).

La población rural que cuenta con red de alcantarillado requiere que sus aguas se colecten y conduzcan a sistemas de tratamiento completos en comparación con el que representan las fosas sépticas. En pequeñas localidades que cuentan con red de alcantarillado la disposición que más se practica es:

- La descarga de las aguas residuales a hondonadas o accidentes topográficos naturales donde el agua se infiltra, evapora y/o escurre causando malos olores y la presencia de agentes dañinos.
- La descarga a diversos cuerpos de agua naturales, donde se produce contaminación además de limitar los usos del agua y ser potencialmente una fuente de enfermedades gastrointestinales (CNA, 2013).

Para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en las regiones en vías de desarrollo, se necesitan plantas de tratamiento eficientes para el manejo de agua potable y aguas residuales. Sin embargo, dichos esfuerzos requieren inversiones sustanciales de capital. Se necesitan miles de millones de dólares para servir a la región latinoamericana. Como promedio, solamente 10% de las aguas de alcantarillado recolectadas en Latinoamérica son sujetas a cualquier tipo de tratamiento. Además, continúan las dudas acerca del modo apropiado de operar las plantas de tratamiento existentes. Una evaluación de las plantas de tratamiento de aguas de alcantarillado en México calcula que solamente 5% de las plantas existentes están siendo operadas de manera satisfactoria. El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública (Reynolds, 2002).

En México, a través del Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de

Agua Potable y Saneamiento de Comunidades Rurales (PROSSAPYS), hasta el año 2010, se habían construido 291 pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales, con una capacidad total instalada de 996.2 l/s, que tratan un caudal de 591 l/s de aguas residuales. La capacidad individual de tratamiento de estas plantas varía de 0.2 a 11 l/s (CNA, 2013).

1.1.2. Normatividad sobre gestión del agua

A partir de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de 1992 a los gobiernos estatales se les otorga un papel más activo en la gestión de las aguas, y se les invita a adoptar sus propias leyes de gestión de agua potable, saneamiento y alcantarillado, y fijar sus tarifas. La nueva cultura del agua impulsada por el gobierno mexicano rompe con los antiguos esquemas. Los municipios han sido incitados en gran medida a confiar los servicios de agua al sector privado. El Plan Nacional de Desarrollo, presentado por el presidente de la República para llevarlo a cabo durante su mandato, determina, entre otras cosas, conforme a la LAN, la política nacional del agua que fija los objetivos en lo concerniente a la gestión de los recursos hídricos de México (Rolland y Vega, 2010).

La Ley de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales para el estado y municipios de san Luis Potosí (2001), en el artículo 3° incisos XVII y XVIII define reuso y tratamiento y disposición de sus aguas residuales, e indica lo siguiente en el artículo 4°:

XVII. Reuso: la utilización de las aguas residuales previamente tratadas, que cumplen ciertas características de calidad y que se utilizan en cierto tipo de industrias o en el riego de áreas verdes y agrícolas;

XVIII. Tratamiento y disposición de sus aguas residuales: la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales provenientes del sistema de agua potable y alcantarillado, cuando tales acciones tengan por objeto verter dichas aguas en una corriente o depósito de propiedad nacional, estatal o municipal;

ARTICULO 4°. Los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado,

tratamiento y disposición de sus aguas residuales, estarán a cargo de los municipios, los cuales podrán prestarlos por sí mismos o a través de organismos descentralizados, o concesionarlos en los términos de las leyes correspondientes. En los casos previstos en esta Ley tales servicios también podrán ser prestados por el Estado a través de la Comisión Estatal del Agua (CEA).

En la Ley de aguas para el estado de san Luis Potosí (2010) Se establece el Título Séptimo, "Cultura del Agua". En él se enuncian las acciones específicas que las autoridades del agua deberán llevar a cabo, para generar en la sociedad conciencia sobre la importancia que representa el uso eficiente y cuidado del vital líquido, así como el respeto al medio ambiente; sin embargo, cabe mencionar que no sólo corresponde a las autoridades fijar su compromiso, sino a la sociedad asumir la corresponsabilidad que le compete. Asimismo, se prevén mecanismos de coordinación entre los diversos niveles de gobierno, para conjuntar esfuerzos que permitan el establecimiento de programas de contingencia para prevenir desastres relacionados o vinculados con el agua.

1.1.3. Normatividad sobre reuso del agua y sus beneficios

La Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí (Periódico Oficial del Estado, 12 enero 2006) Título Segundo, Capítulo III Artículo. 8º dice: La Comisión Estatal del Agua residirá en la ciudad de San Luis Potosí; y tendrá las siguientes atribuciones: Fijar los objetivos, políticas, estrategias, programas y normas que conlleven al óptimo aprovechamiento del agua en el Estado, que garantice su sustentabilidad. Formular y proponer al Ejecutivo del Estado, atendiendo las opiniones del Consejo Estatal Hídrico y del Consejo Técnico Consultivo, el Programa Estatal Hídrico. Orientar, con apego a la Ley de Planeación del Estado y municipios de San Luis Potosí y con base en la disponibilidad del agua, las acciones que atiendan las descargas, el tratamiento y reuso de aguas residuales (CEA, 2010).

El reuso de agua tratada se encuentra regulada por la: Ley de Aguas para el

Estado de San Luis Potosí. La ley establece reusar el agua tratada en las industrias ubicadas en la zona metropolitana en sus procesos productivos donde no requiere de agua potable, para riego de parques y jardines públicos, campos deportivos siempre y cuando exista disponibilidad. Beneficios del Reuso Agrícola: Reducción de enfermedades gastrointestinales en habitantes más vulnerables como los niños. Mejora de las condiciones de trabajo de los agricultores. Apertura al cambio de cultura para mejorar el valor agregado. Remediación del entorno ecológico. Desaparición de líderes que manejaban las aguas negras (mafias) (Comisión Estatal del agua [CEA], 2011).

1.1.4. Normatividad sobre el tratamiento del agua y su uso agrícola

Para la zona conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, Debido al crecimiento Urbano en los últimos 30 años, el problema del saneamiento se convirtió en un Compromiso Presidencial y Compromiso del Director General de la CNA por lo que Gobierno del Estado, CNA y el Organismo Operador están trabajando en conjunto, contándose hasta la fecha con varias Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para uso recreativo e industrial; y muy pronto para riego agrícola, en la actualidad se tiene una cobertura del 13% y una vez terminada la planta en construcción “Norte-Tangamanga II” se tendrá el 37%, y se tiene en proceso de Licitación del Proyecto del “Tanque Tenorio” con la cual se obtendría un 86% del saneamiento y en un futuro no muy lejano del 100 % (Olivo y Martínez, 2000).

La CNA estableció las Condiciones Particulares de las Descargas (CPD) a la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de SLP (CEAPAS) a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL-94 y los proyectos de normas NOM-003-ECOL-1996 y NOM-001-ECOL-1996, donde se señala que los Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de las ciudades, responsables de las descargas de aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal, pueden solicitar a la CNA una revisión de las CPD, dependiendo del reuso proyectado de las aguas tratadas. Por ejemplo, parte del agua tratada en la planta tratadora de aguas residuales (PTAR) Tangamanga Norte,

será para riego agrícola. (Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos [CEPEP], 1996).

En México existen sistemas de tratamiento de aguas residuales cuyo flujo se destina para el riego agrícola como por ejemplo: en el estado de Puebla en el municipio de Chalchicomula de Sesma en la localidad de Ciudad Serdán se tiene la PTAR (Ciudad Serdán) que tiene su vida útil agotada y roturas en el emisor lo cual se reportó el 11 de abril de 2007. En la localidad de La Estancia, municipio de San Juan del Río, Querétaro la PTAR (La Estancia) inició operación en 2009. El efluente de la PTAR (Santa María del Río) ubicada en la cabecera municipal de Santa María del Río, S.L.P. será destinado para el riego agrícola (CNA, 2011).

A partir del despegue de las PTAR para reuso agrícola en el estado de Oaxaca, dentro del Programa PROSSAPYS, fueron implementadas las primeras plantas orientadas simultáneamente a la solución del requerimiento sanitario y a la dotación de riego agrícola tecnificado, en un claro compromiso de reconversión de usos del agua, recomendado en todos los foros mundiales del agua llevados a cabo. El proceso involucra a los beneficiarios tanto del riego tecnificado como del tratamiento sanitario, que las más de las veces son las mismas personas. Partiendo de las Guías y Recomendaciones para el Uso Seguro de las Aguas Residuales Tratadas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el enfoque consecuente es de productividad agrícola (Mejía, Siebe y Paillés, s.f.).

1.2. Problema de investigación

1.2.1. Problemática de la gestión del agua

Una serie de factores representan grandes retos para la gestión del agua en México:

- 1) La demanda creciente de manera exponencial por el crecimiento poblacional y un mayor desarrollo económico.
- 2) La desigual distribución del agua en tiempo y en el espacio.
- 3) La menor disponibilidad ocasionada por la contaminación de las aguas.
- 4) El uso ineficiente del agua en diferentes sectores usuarios. El aumento de la población implica una gran demanda de agua para consumo humano y, en mayor

proporción, para uso agrícola e industrial (Badii, Landeros y Cerna, 2008).

Es importante destacar que los problemas del agua están más relacionados con una mala gestión del recurso que con su escasez. En México, en cuanto a la superficie regada, que cuenta con infraestructura hidroagrícola, la entrega de agua a los usuarios se lleva a cabo en forma deficiente, debido a que no se cuenta con sistemas de medición y entrega volumétrica (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. [FEA], 2006).

Por Decreto Presidencial de fecha 16 de enero de 1989, se crea, la Comisión Nacional del Agua (CNA). Actualmente, en esta institución recae la gestión oficial del agua en México. Este organismo gubernamental ha promovido la “participación” de los usuarios; sin embargo, esta participación es regulada y “supervisada” por la misma CNA. Aquí es importante destacar que la participación social es producto de la presión ejercida por la sociedad civil en el afán, sobre todo, de ser considerada en las decisiones políticas sin embargo, las agencias gubernamentales, buscando no perder poder en la toma de decisiones, han promovido una participación social “regulada” mediante leyes y reglamentos (Santa Cruz, 2007).

El ayuntamiento de la cabecera municipal de Santa María del Río, S.L.P. cuenta con un Departamento de Agua Potable Municipal el cual se encarga del suministro de agua a toda la cabecera municipal y a comunidades aledañas que sufren severa escases de dicho servicio. Y cuya misión al texto dice: Somos un Departamento que proporciona en forma permanente, con excelente calidad en atención, buen trato y servicio a cada uno de los usuarios. Administramos el agua de la Cabecera Municipal de Santa María del Río, para su uso, distribución y aprovechamiento eficiente, a fin de satisfacer la demanda de todos los sanmarienses, garantizando la recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales, para evitar la contaminación de nuestro río y las nogaleras y con ello preservar el equilibrio ecológico y la salud de la población, contribuyendo así con el bienestar económico y social de la población y con ello el desarrollo sostenido y sustentable de nuestro municipio.

Y cuyo marco jurídico está regido por:

Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. Comisión Nacional del Agua.

Ley Federal de Derechos de Agua Potable. Gobierno Federal.

Ley de Aguas para el Estado de San Luis Potosí. Instituto de investigaciones legislativas del honorable congreso del Estado de San Luis Potosí. (Departamento de agua potable municipal, s.f.). Este mismo documento hace mención de dos personas al servicio de la planta de tratamiento, los cuales solamente se encargan del mantenimiento de dicha planta.

Por consiguiente el departamento de agua potable de Santa María del Río no tiene definido el uso y manejo de las aguas residuales tratadas.

1.2.2. Problema de la gestión local del agua en el caso de estudio

En el municipio de Santa María del Río, terminada la Revolución y restablecida la paz en la República, comenzó cierta animación agrícola y comercial sobre todo en la cabecera municipal, donde la topografía dominante es plana, favoreciendo la actividad agrícola y pecuaria.

En la cabecera municipal de Santa María del Río las coberturas en los servicios de agua potable y alcantarillado alcanzan el 90 y 80 por ciento, respectivamente. Para tratar de solucionar el problema de saneamiento de agua, la localidad cuenta con una planta tratadora de aguas residuales (PTAR) municipales la cual ayuda a resolver este problema, existiendo actualmente dos descargas de aguas residuales municipales de magnitud importante, en cuanto al volumen de agua residual, que descargan en dicha planta tratadora.

Debido a la importancia que representa contar con un plan de saneamiento para la cabecera municipal de Santa María del Río, S.L.P., la acción de sanear el agua residual, contribuirá al mejoramiento del ambiente de la región, al reuso del agua residual tratada y al saneamiento de los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales, cumpliendo con la legislación ambiental vigente.

Un punto muy importante es definir cuál será el manejo y uso de las aguas residuales tratadas. La planta tratadora de aguas residuales (figura 1) está situada estratégicamente para que su efluente sea usado para el riego agrícola. En este trabajo se hará una comparación entre dos partes: un proyecto técnico y un estudio

social. La parte técnica nos dará una alternativa de uso y manejo del efluente para riego agrícola; la parte social comprenderá a los usuarios del efluente, de los cuales se tomará su opinión de cómo debe de ser el uso y manejo de esta agua tratada de acuerdo a su experiencia, a las condiciones de la zona de riego y sobre todo a sus necesidades.

Se dejará la gestión del proceso administrativo para que sea desarrollado en otro estudio a futuro.

Figura 1 Planta tratadora



Fuente: fotografía tomada en el lugar de estudio.

El efluente de agua residual tratada que sale de la planta tratadora se desaloja por medio de un canal a cielo abierto (antigua acequia) (figura 2). Al llegar a las tierras de cultivo se ve que el riego sí se está efectuando pero de una manera no planeada; existen canales de tierra muy antiguos (acequias) que en algunas partes están invadidos por maleza, y en otras sus paredes están derruidas causando bloqueos al agua semi-interrumpiendo el paso de la misma, en otros puntos las pendientes no son las adecuadas y esto provoca acumulación del agua (charcos); solamente unos pocos agricultores aprovechan esta agua para regar sus parcelas.

Se pierde gran cantidad de agua por evaporación y por filtración. El problema a tratar es: ¿de qué mejor manera se podría aprovechar este recurso hídrico, en su uso y manejo?

Figura 2 Canal a cielo abierto (acequia de Los Aguacates)



Fuente: fotografía tomada en el lugar de estudio.

1.2.3. Preguntas de investigación

- A) ¿Saben los agricultores de la región lo que es el agua tratada?
- B) ¿Están de acuerdo en usar para el riego esta agua tratada?
- C) ¿Cómo se debe manejar el agua tratada?
- D) ¿Qué se puede regar con el agua tratada?
- E) ¿Por qué no se ha definido un uso y manejo de esta agua?

1.2.4. Objetivo

Proponer alternativas para el uso y manejo del efluente de agua residual tratada destinado para riego agrícola que sale de la PTAR, la cual da servicio a los habitantes de la cabecera municipal de Santa María del Río, S.L.P.

1.2.5. Justificación

La PTAR de la cabecera municipal de Santa María del Río se construyó con el objetivo de que su efluente fuera usado para riego agrícola en la zona periurbana de dicha población. Esta zona agrícola ya no tiene otro recurso hídrico para efectuar un

riego constante y generalizado en la región. Anteriormente se aprovechaba el agua del río junto con la red de acequias. Muy pocos agricultores han podido perforar norias ante la falta de agua. Esta falta del recurso hídrico ha provocado que una gran cantidad de tierra, que anteriormente era productiva, este abandonada y no sea aprovechada, por lo menos, para producir productos para autoconsumo familiar y, por consecuencia, el trabajo laboral que generaban estas tierras se ha perdido obligando a los agricultores a buscar otro tipo de trabajo en la zona urbana de Santa María del Río o en otras ciudades.

2. Unidad de estudio

2.1. Localización del municipio de Santa María del Río

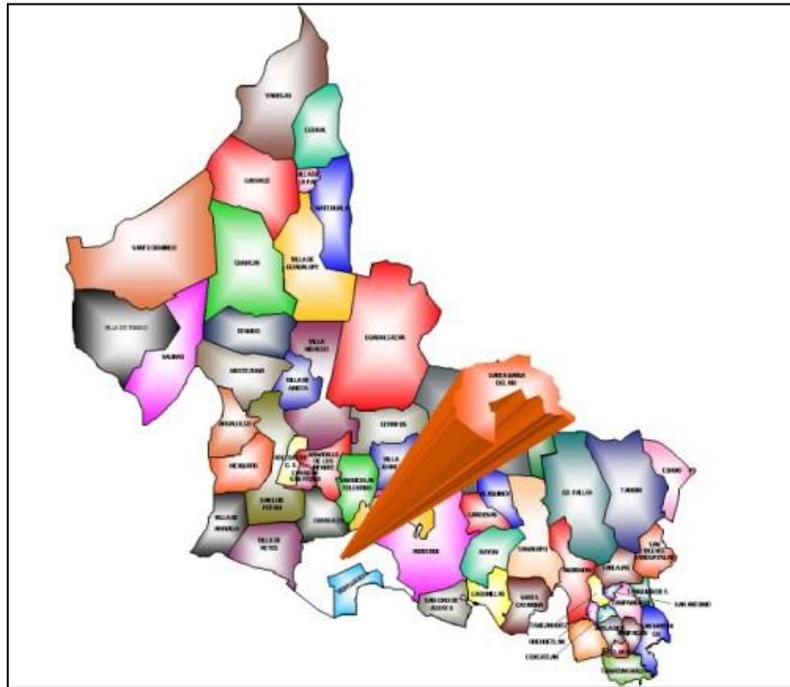
El municipio de Santa María del Río se encuentra ubicado en el estado de San Luis Potosí, perteneciente a la República Mexicana. El municipio se encuentra localizado en la parte sur del estado, en la zona centro. Sus límites son: al norte, Villa de Zaragoza, San Nicolás Tolentino y Ciudad Fernández; al este, Rioverde; al sur, Tierra Nueva y el estado de Guanajuato; al oeste, Villa de Reyes (enciclopedia de los municipios de México) (Figura 3).

2.1.1. Superficie de la unidad de estudio

La superficie total del municipio es de 1,655.60 Km² y representa el 2.73% del estado, el municipio consta de 312 localidades de las cuales 297 tienen menos de 500 habitantes (monografías municipales, 2009) (figura 4).

Los porcentajes de uso del suelo en el municipio de Santa María del Río se representan en la figura 5.

Figura 3. Localización del municipio de Santa María del Río



Fuente: monografías municipales www.sanluispotosi.gob.mx

Figura 4 extensión municipal

Concepto	Dato Municipal	Dato Estatal	Posición Municipal
Superficie (km2)	1,655.60	60,546.80	13
Número de Localidades	312	7,305	3
Localidades con menos de 500 habitantes	297	6,760	3

Fuente: monografías municipales. www.sanluispotosi.gob.mx

2.1.2. Cabecera municipal

La cabecera municipal, se encuentra ubicada a 46 Km. de la capital potosina sobre la carretera San Luís-Querétaro, cuenta con una población aproximada de 12,002 habitantes, sus principales actividades económicas son el comercio, las artesanías y la agricultura; tiene las siguientes coordenadas: 100° 44' de longitud oeste, y 21° 48' de latitud norte, con una altura de 1,710 metros sobre el nivel del mar (enciclopedia de los municipios de México).

Figura 5

Uso del suelo y vegetación	
Uso del suelo	Agricultura (4.8%) y zona urbana (0.4%)
Vegetación	Bosque (33.2%), matorral (31%) y pastizal (30.5%)
Uso potencial de la tierra	
Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (1.0%) Para la agricultura con tracción animal continua (3.3%) No apta para la agricultura (95.7%)
Pecuario	Para el establecimiento de praderas cultivadas con tracción animal (1%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (23.1%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (75.9%)
Zona urbana	
La zona urbana está creciendo sobre suelos del Cuaternario y rocas ígneas extrusivas del Neógeno, en sierra alta escarpada y sierra alta escarpada con mesetas; sobre áreas originalmente ocupadas por suelos denominados Phaeozem, Regosol y Leptosol; tiene clima seco semicálido, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y pastizales.	

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santa María del Río, San Luis Potosí

2.1.3. Delimitación de la unidad de estudio

El estudio se efectuará tomando un área comprendida de: este a oeste, desde la ubicación de la planta tratadora hasta el puente de Fracción Sánchez el cual pertenece a la carretera San Luis – Querétaro; de norte a sur, desde la acequia de Los Aguacates hasta la acequia de El Salitre (aproximadamente 80 hectáreas). Se tomó esta área de estudio por ser las tierras de cultivo ubicadas a un nivel más bajo del de la PTAR y aprovechar el efecto de la gravedad en el proyecto (figura 6).

2.2. Características de la planta tratadora de aguas residuales (PTAR)

La planta de tratamiento de aguas residuales, la cual entro en operación el 28 de septiembre de 2009, de la cabecera municipal de Santa María del Río, es una planta LAOTSSmr SERIE SELECTOR MODELO 1500, en dos módulos con capacidad de 15 l/s cada uno para llegar a un total de 30 l/s y, considerando que el agua tratada

será utilizada en servicios al público, cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, según lo estipulado en el proyecto ejecutivo de la construcción de dicha planta de tratamiento.

Figura 6 área de estudio



Fuente: Google Earth, Internet.

3. Orientación metodológica de la investigación

3.1. Fuentes de información

- Documentales
- De campo

3.2. Tipos de información

- Cualitativa
- Cuantitativa

3.2.1. Revisión de literatura

Para la revisión de literatura se comenzó a buscar libros, artículos y tesis (en bibliotecas e internet) especializados sobre el reuso del agua residual y reuso del agua residual tratada, se fue seleccionando la literatura que contuviera, implicara e influyera en el reuso del agua y dirigirla hacia el reuso para riego agrícola. También se consultaron libros de carácter técnico para poder llevar a cabo el proceso de cálculo necesario para los objetivos del estudio.

La organización de la literatura se realizó en base a los autores tomando como guía el manual de estilo de publicaciones de la American Psychological Association (APA), con el objetivo de que se tenga un acceso rápido para su consulta.

Esta literatura consultada abarca desde el año 1987 al año 2013 lo cual, si se habla de Estado del Arte en materia de gestión del agua, se ubica en la etapa contemporánea.

3.2.2. Revisión de literatura especializada sobre el tema

Para abordar aspectos teórico-conceptuales se identificaron dimensiones de análisis y categorías analíticas (que se abordarán a detalle en el capítulo teórico-conceptual).

Dimensiones de análisis:

- Dimensión social del agua
- Dimensión cultural
- Dimensión económica
- Dimensión sanitaria
- Dimensión técnica
- Dimensión ambiental

Categorías analíticas:

- Nueva cultura del agua
- Gestión del agua
- Sustentabilidad en el uso y manejo del agua
- Manejo integrado de recursos

3.3. Método de análisis y variables a utilizar

Para abordar aspectos metodológicos se indican los métodos de análisis y las variables a utilizar, que se desarrollaran a detalle en el capítulo metodológico.

Método de análisis:

- Método por discurso
- Método de Blaney-Criddle

Variables a utilizar:

- Población
- Caudal de agua residual tratada
- Superficie de riego
- Producción

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

1.1. El recurso natural agua

La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre, la búsqueda de métodos para cuidarlos y recuperarlos, para que puedan ser aprovechados por los seres vivos, por lo que uno de los

recursos de vital importancia para el hombre, como lo es el agua, sea objeto de atención (Da Cámara, Hernández y Paz, s.f.).

Roque, Alemán y Roviroso (2006), nos dicen que el agua es un recurso inapreciable y limitado. Solo una pequeña porción de agua dulce es aprovechable. De esa limitada cantidad casi un 70% se utiliza en la producción de alimentos, estiman que en los próximos 30 años se requerirá de un 60% más de alimentos para satisfacer las demandas de la población creciente. La mayor parte de dichos alimentos procederá de la intensificación de la agricultura de regadío.

Por otra parte, la demanda global de agua sigue aumentando sin parar. En los últimos cien años, la población mundial se ha triplicado, pero el consumo de agua se ha multiplicado por seis. Al incremento de la población mundial, y de las poblaciones de animales domésticos, es preciso añadir el hecho de que los recursos al alcance de todo el mundo disminuyen por el incremento de los procesos de contaminación (Morató, Subirana, Gris, Carneiro y Pastor, 2006).

Además de las aguas naturales, existen aguas que tienen su origen en los residuos producidos por la actividad doméstica, industrial y agrícola, teniendo como consecuencia una serie de alteraciones físico-químicas en el receptor hídrico a lo cual llamamos contaminación, la cual tiene o puede tener graves repercusiones para la salud y el medio ambiente (Alfaro, Sánchez, Calderón y San Pedro, 2002).

Teniendo en cuenta lo planteado con antelación, es necesario un uso más racional del recurso agua, debido al incremento de la demanda y la competencia por los suministros de este recurso natural (Zamora, Fenech, Ruiz, Pérez y López, 2007).

1.2. La nueva cultura del agua

La llamada “Nueva Cultura del Agua” asume un nuevo enfoque holístico e integrador de valores en la gestión del agua. Este compromiso ético pasa por construir alternativas y ejemplos prácticos que se basen en la recuperación y conservación de los ecosistemas hídricos. En definitiva, se trata de vivir mejor con menos recursos, pero de mejor calidad y más equitativamente repartidos (Morató *et al.*, 2006).

El uso indiscriminado de las aguas no salinas unido a los intensos períodos de

sequía que sufre el planeta Tierra, ha llevado al hombre a la búsqueda de nuevas alternativas de fuentes de abasto para su uso en actividades que no exijan aguas de excelente calidad, como es el caso de la agricultura (Hernández, M. de Ulloa, Méndez y Pérez, 2007).

1.3. Uso del agua en el riego agrícola, su manejo y su eficiencia

Zamora *et al.* (2007), indican que el riego consume la mayor parte del agua que se extrae (frecuentemente la mitad o más) como resultado de la evaporación, incorporación a los tejidos de las plantas y transpiración de los cultivos. Los cultivos tienen requerimientos específicos de agua, y estos varían dependiendo de las condiciones climáticas locales.

Las demandas de agua producto del incremento de la población urbana, así como la Industria, han aumentado considerablemente y se establece una competencia por el uso de las fuentes de agua con la agricultura, que también ha tenido un desarrollo acelerado y ha generado la necesidad de identificar el uso del agua de buena calidad para el riego. Se necesita hacer un manejo adecuado del riego, así como un uso más eficiente del agua, lo que evidentemente proporcionará un ahorro del consumo del agua. El riego mal empleado puede desencadenar una serie de procesos que degradan la fertilidad del suelo, como son el lavado de nutrientes, salinización, y más (Cabrera, Duarte y Lazo, 2004).

Díaz, Pérez, López, Partidas y Suárez (2008), comunican que ninguno tiene derecho a desperdiciar el agua que otro semejante pueda necesitar, teniendo presente que constituye un recurso escaso. En la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas el riego es la fuente más importante de agua para las plantas, por lo que los problemas de su escasez conllevan al uso más eficiente de la misma, de aquí que, de acuerdo con la fuente antes mencionada, la eficiencia en la aplicación y distribución del agua y nutrientes sean el motivo adecuado para comparar sistemas de riego.

Para Tozzi, Fasciolo y Gabriel (2004), en las zonas áridas, donde la agricultura es el principal usuario del agua, el manejo adecuado de este recurso es cada día

más importante. Si bien se trata de un recurso renovable, es necesario mantener la calidad y asegurar una mayor eficiencia en cada uno de sus usos, ya que con el correr del tiempo la disponibilidad de agua per cápita disminuye.

LAMM (2001), define la eficiencia en el uso del agua como el rendimiento de granos de maíz, entre el total de agua utilizada. Tate (2004), plantea que el concepto de “uso eficiente” se refiere a cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua.

Si bien no existe una crisis global del agua, hay serios problemas de agua y seguridad alimentaria en algunos países en desarrollo que deben ser enfrentados y solucionados. El uso agrícola del agua será un elemento clave para aumentar la producción de alimentos, especialmente en muchos países en desarrollo, donde a menudo es escasa. El uso productivo del agua para la producción agrícola y el desarrollo rural deberá mejorar continuamente para satisfacer los objetivos de la producción de alimentos, el crecimiento económico y el ambiente. Esto requiere la progresiva modernización del manejo del agua en la agricultura, de tal forma que ofrezca una mejor respuesta a la demanda y también que se adapte mejor a las condiciones locales climáticas, ambientales y socioeconómicas (Zamora *et al.*, 2007).

Las crecientes demandas de consumo de agua para el uso doméstico, industrial y agrícola han generado la necesidad de investigar y adoptar nuevas tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de este recurso. En los últimos años se ha trabajado para adoptar una nueva tecnología de riego, llamado sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS), que se define como la forma de aplicar agua a los cultivos en forma subterránea mediante emisores con gastos uniformes, que ha reducido el gasto hasta en un 40 % comparado con otros sistemas de riego, y emplea cintas de goteo enterradas en el suelo, lo cual permite conservar el agua e incrementar significativamente la producción y calidad de los cultivos. Este sistema de riego, evita la saturación del agua en el suelo y el estrés por déficit de humedad al cultivo antes de la aplicación del siguiente riego. Estas condiciones son comunes cuando los cultivos se riegan con el método de riego por inundación de agua o también llamado riego superficial. El déficit de humedad, provoca un cierre

estomático, reduciendo por lo tanto la transpiración y asimilación de CO₂, originando como consecuencia, una menor producción de materia seca (Montemayor, Aguirre *et al.*, 2010).

Entre las condiciones adversas de los sistemas agrícolas del mundo, la salinidad de los suelos es el factor que más ha influido en el establecimiento de las poblaciones humanas. Aproximadamente el 43 % de la superficie terrestre utilizada para el cultivo se encuentra afectado por niveles de salinidad que, en la mayoría, superan la tolerancia de las especies de cultivo tradicionales. Este porcentaje va en aumento a una tasa de 0.5 % anual, debido fundamentalmente a bajas precipitaciones, alta superficie de evaporación, irrigación con aguas salinas y por las prácticas tradicionales de cultivo, que favorecen el incremento de la concentración de sales en el complejo absorbente del suelo (Argentel, González, López, Fonseca y Girón, 2009).

Zamora y Chaterlán (2003), señalan que contradictoriamente, la agricultura intensiva convencional, resultante del desarrollo tecnológico y social, es el mayor degradador de aguas y ambientes agrícolas. Por otra parte, es imposible renunciar a las ventajas del riego debido a que las tierras de regadío son dos veces más productivas que las de temporal, y aunque constituyen la sexta parte de las tierras agrícolas, producen la tercera parte de los alimentos mundiales.

Roque *et al.* (2006), informan que la Asociación de Riego de los EEUU, (Irrigation Association, 2002) consideró en su último Congreso del 2002, que para satisfacer el crecimiento en el uso del agua en la agricultura, previsto a nivel mundial para el 2025 se requerirá de:

- El intercambio de agua entre regiones y países, ejecución de nuevas presas y sistemas de bombeo.
- Uso más eficiente del agua con el empleo de nuevas tecnologías adaptadas y al alcance de un número mayor de agricultores.
- Ver más el rendimiento agrícola como rendimiento por metro cúbico de agua utilizada que rendimiento por hectárea.
- Una capacitación constante de los productores, consultores y extensionistas en el desarrollo de una conciencia del uso eficiente del agua.

- Incrementar el uso de aguas residuales tratadas o recicladas.

Zamora *et al.* (2007), indican que en muchos casos, la agricultura no puede competir económicamente por los escasos recursos de agua disponibles, dado que las ciudades e industrias están en condiciones de pagar cantidades más elevadas por el agua. El sector agrícola tiene que demostrar que los suministros de agua que recibe se utilizan adecuadamente para garantizar la seguridad alimentaria. El agua utilizada para regadío incluye, además de la realmente transpirada por el cultivo que crece, toda el agua aplicada al mismo. Por otra parte, se producen pérdidas por fugas y evaporación en la conducción del agua y por percolación en las parcelas, sin que sea utilizada por el cultivo. Ellos mismos puntualizan: el agua será el elemento clave en la tarea de elevar y sostener la producción agrícola, de manera que satisfaga esas múltiples demandas.

Para Roque *et al.* (2006), existen tres vías factibles para incrementar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura:

- Incrementando la producción agrícola en las áreas bajo riego.
- Disminuyendo el uso del agua para riego con un mismo nivel de producción (riego controlado o deficitario).
- Reutilizando las aguas residuales de otros procesos productivos o de servicios urbanos para la producción agrícola.

Rodríguez (1999), plantea que los estudios determinan que la mayor concentración de alimentos se producirá en las áreas bajo riego, donde existen cerca de 250 millones de hectáreas en tal condición, las que son responsables del 17 % de toda el área cultivable del mundo, y contribuyen con el 40 % de los alimentos que se consumen a nivel mundial.

Roque *et al.* (2006), indican que la mayoría de la agricultura en el mundo es de temporal o sea depende de las lluvias, pero las tierras irrigadas representan aproximadamente una quinta parte del área cultivable en los países en vías de desarrollo. Alrededor del 15 % del agua en la agricultura es usada en el riego. Shiklomanov (1998), afirma que el riego desempeñará un gran rol en el incremento de la producción eficiente de las tierras cultivables y producciones ganaderas.

Una pregunta que nos hacemos frecuentemente y que nos inquieta es: ¿de

dónde se sacará suficiente agua para poder alimentar al mundo? Esta respuesta la podemos encontrar en la mejora de la productividad agrícola y el aprovechamiento del agua, con el empleo de mejores semillas, aumento de la fertilidad del suelo, uso de técnicas novedosas de cultivo y sistemas de riego más eficientes. Mejorando la captación y conservación del agua de lluvia y haciendo un mayor uso de aguas residuales para el riego de los cultivos y el consumo humano (Roque *et al.*, 2006).

1.4. Agua residual y salud

El agua es un elemento básico para la vida y la salud. Consumir agua en mal estado es una de las principales fuentes de infección y la causa de diversas enfermedades gastrointestinales, como el cólera (Morató *et al.*, 2006).

Debido a los recientes problemas de escasez de agua se ha empezado a prestar gran atención al agua residual, que es un recurso cercano, concentrado y cuya calidad es relativamente constante y conocida (Madariaga, Mosquera, Manga y Gallardo, 2005).

Existen actividades y procesos industriales que generan altas cargas contaminantes, produciendo efectos muy variados a los cuerpos receptores, entre los que se pueden mencionar la disminución del oxígeno disuelto y aumento de la materia orgánica, aumento de la sedimentación, muerte de la flora y la fauna, eutrofización, pérdida total de la estética, entre otros (Alfaro *et al.*, 2002).

Los grupos más importantes de contaminantes químicos son los metales pesados, las sustancias hormonales activas (SHA) y los antibióticos. Los riesgos asociados con estas sustancias pueden constituir mayor amenaza para la salud a largo plazo y ser de más difícil manejo que el riesgo causado por los agentes patógenos excretados. La Organización Panamericana de la Salud señaló que en 1998 menos del 14 % de los 600 m³/s de aguas residuales domésticas colectadas en América Latina recibían algún tratamiento antes de ser dispuestas en ríos y mares, solo el 6 % tenía un tratamiento aceptable. A esto se agrega que un 40 % de la población urbana de la Región contrae enfermedades infecciosas asociadas al agua, por lo que este problema demanda urgente atención (Veliz, Llanes, Fernández

y Bataller, 2009).

Para la Organización Mundial de la Salud, más del 20% de las enfermedades que afectan a la humanidad, especialmente a los niños, están directa o indirectamente relacionadas con la contaminación del agua (Bruschi, Chartuni, de Lima, Mota y Alves, 2005).

Por ejemplo, 403.000 habitantes de la ciudad de Milwaukee en los USA fueron afectados el 1993, por un caso de enfermedad gastrointestinal a partir del protozoo *Cryptosporidium*. Pese a que la mortalidad de casos como éste es baja, sólo el impacto socio-económico ya es realmente extraordinario (Morató *et al.*, 2006).

La necesidad de preservar el medio ambiente ha llevado a la búsqueda de nuevos métodos para la eliminación eficiente de los compuestos químicos que alteran la estabilidad de nuestros recursos. La contaminación del agua es un hecho de gran importancia ya que los contaminantes pueden acumularse y transportarse tanto por las aguas superficiales como subterráneas para las cuales la fuente principal de daño son las aguas residuales municipales e industriales (Garcés, Mejía y Santamaría, 2004).

Para Pérez, Marañón *et al.* (2004), las aguas residuales son aquellas cuya calidad original se ha degradado en alguna medida, como consecuencia de su utilización en diferentes acciones y procesos. Estas aguas contienen, como carga contaminante, materia orgánica de origen biológico, compuestos tóxicos, microorganismos patógenos, exceso de nutrientes, entre otros. Por tal razón, antes de su disposición final deben recibir el tratamiento adecuado capaz de modificar, al límite, sus condiciones físicas, microbiológicas y químicas, a fin de evitar problemas de contaminación.

En el ámbito mundial, existen numerosos estudios que proporcionan datos alarmantes acerca del impacto negativo que el hombre ocasiona a los recursos hídricos y se observa un incremento de la contaminación de los cuerpos receptores debido al manejo y vertimiento inadecuado de las aguas residuales de origen urbano e industrial (Pérez, Domínguez *et al.*, 2009).

Según Acevedo, Garrido, Nebot y Sales (2005) los vertidos de aguas residuales urbanas contienen tal cantidad de agentes patógenos que limitan el uso

de las aguas receptoras como, por ejemplo, para el desarrollo de la vida acuática y de las actividades recreativas. En el punto en que las aguas residuales se vierten en un medio acuático, se produce una rápida reducción en la concentración de microorganismos y otros contaminantes, esta reducción mientras más nos alejemos del punto de vertido, aumenta.

Para el sitio argentino de producción animal (2006), las aguas residuales domiciliarias, tal como salen de la casa, contienen distintos contaminantes que, de no ser tratados, pueden afectar nuestra salud y la calidad del ambiente en el que vivimos. Entre estos contaminantes encontramos:

- Microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos) que producen enfermedades como la hepatitis, cólera, disentería, diarreas, giardiasis, y más.
- Materia orgánica (materia fecal, papel higiénico, restos de alimentos, jabones y detergentes) que consume el oxígeno del agua y produce malos olores.
- Nutrientes que propician el desarrollo desmedido de algas y malezas acuáticas en arroyos, ríos y lagunas.
- Otros contaminantes como aceites, ácidos, pinturas, solventes, venenos, etc., que alteran el ciclo de vida de las comunidades acuáticas.

Si se presentan enfermedades, por causa de una calidad deficiente del agua o por consumo de frutas o vegetales contaminados, las consecuencias podrían ser graves generando problemas de salud pública que repercuten en el bienestar de la población y en su economía. Por lo que es necesario garantizar buenas condiciones sanitarias, que por consecuencia garanticen la salud de las personas que están en contacto directo o indirecto con las aguas de reuso (Manga, Logreira y Serralt, 2001).

Grosso (2008), manifiesta que la actitud que el usuario tiene ante la escasa práctica de las medidas de protección sanitaria y fomento de la higiene se debe a la falta de responsabilidad e interés por las mismas, y por otra parte, la ignorancia y desconocimiento de los riesgos del reuso. Estos comportamientos se encuentran en estrecha relación con el ejercicio de las funciones de los organismos de gestión y de control. La carencia de mecanismos de control y la ausencia de políticas de educación al regante, sólo potencian los riesgos de la práctica, limitando los alcances del reuso y principalmente, poniendo en peligro la salud de quienes consumen los

productos regados y de la mano de obra rural que trabaja con el efluente.

Para Grosso (2008), con relación a las aguas residuales, pueden identificarse dos grandes categorías en zonas áridas y semiáridas no costeras: 1) aguas que provienen de usos industriales y agrícolas y 2) aguas que derivan del uso urbano (aguas negras, efluentes cloacales o domésticos). Una creciente urbanización genera un aumento de ésta última categoría, y por tanto, un volumen importante para su reciclaje.

1.4.1. Reuso del agua y el riego agrícola

Como consecuencia del continuo crecimiento de la población, de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, de la desigualdad en la distribución de los recursos hídricos y de las sequías periódicas, se han estado buscando nuevas fuentes de recursos hídricos para satisfacer la demanda de agua (Metcalf & Eddy, 1996).

Manga *et al.* (2001), expresan que el problema de la escasez de agua nos ha llevado a buscar alternativas de suministro, una de ellas es el reuso de las aguas residuales, esto cada vez es más frecuente, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. El reuso del agua residual se puede llevar a cabo en forma directa o indirecta y se le puede dar un uso distinto que el de la primera vez y con una ubicación distinta. Sin embargo en el caso de que el reuso sea para agua potable, el reuso directo no es viable. La calidad del agua dependerá del uso que se le vaya a dar y de las limitaciones de la zona (figura 7).

En los últimos años, debido a la creciente escasez de agua fresca, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reuso controlado de efluentes, lo que representa:

- Reducir considerablemente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales, subterráneos y zonas costeras mediante vías simples, efectivas y de menor costo.
- Incrementar el potencial aprovechable de los recursos hídricos, así como su

mejor manejo al liberar grandes cantidades de agua fresca de mejor calidad para otros usos.

- Mejorar importantes áreas agrícolas aportándole materias orgánicas y nutrientes.
- Fertilizar embalses acuícolas (Veliz *et al.*, 2009).

Figura 7 Usos posibles del reuso del agua

Sector	Usos
Municipio	Limpieza de vías y andenes Riego de parques y jardines Refrigeración Fuentes decorativas Sistemas contra incendios Suministros alternativos Agua potable
Agricultura	Riego
Ganadería	Consumo Refrigeración
Paisaje y medio natural	Recuperación de marismas Riego Aguas libres Recuperación de zonas baldías Sistemas contra incendios
Acuicultura	Crecimiento de peces Crecimiento de algas
Caudal ecológico	Ríos y lagos Mantenimiento de marismas
Minería	Arrastres Limpiezas
Recargas de aguas subterráneas	Recarga/almacenamiento

Fuente: Manga *et al.*, 2001.

Los primeros pasos en el campo de la reutilización del agua residual están identificados con la práctica histórica de la evacuación y aplicación del agua residual al terreno. Ésta principalmente se utilizaba para la evacuación de los vertidos, y en ocasiones para la producción de cultivos y otros usos beneficiosos. Como consecuencia de la demanda de agua, se han desarrollado varios proyectos de recuperación y reutilización de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1996).

Una de las consecuencia por las limitaciones con el agua para el riego, se refleja en la baja producción de alimento animal en áreas urbanas y periurbanas,

situación que repercute negativamente en la seguridad alimentaria de la población, razones que motivan a realizar estudios en el manejo del riego con aguas residuales como alternativa, para obtener producciones altas y estables de granos destinados a la alimentación de los animales. Todo esto influirá en un beneficio económico, social y medio ambiental que contribuirá a la seguridad alimentaria de la región. El uso de las aguas residuales en el riego para incrementar la producción de granos con fines a la alimentación animal es una fuente adicional y segura para satisfacer las demandas productivas en las unidades de producción urbanas, además de liberar considerables volúmenes de agua potable, así como aumentar el área de cultivos bajo riego (Montero, Cun, Pérez, Ricardo y Herrera, 2009).

Ortega y Orellana (2007), plantean que en el riego, es posible el empleo de prácticamente cualquier tipo de agua, a pesar de las malas características que esta pueda tener, siempre que se tenga presente la planificación de las normas de riego, el diseño y forma de siembra. Por otra parte, Pérez y Hernández, (2007) expresan algunas posibilidades que ofrece la utilización de aguas residuales en el riego de los cultivos como son: aumento del 20% de productos agrícolas frescos, ahorro del 10% de fertilizante y disminuye al 60% los gastos por concepto de transportación y otros insumos.

Por lo que el reuso del agua se presenta como un recurso hídrico disponible para combatir la escasez y tiene un papel muy importante en la planificación y gestión integrada del recurso hídrico, porque aumenta la conservación del agua y se tiene propensión por un mejor uso eficiente y sustentable de ésta (Manga *et al.*, 2001).

Desde 1987, Ayers y Westcot planteaban que el uso de las aguas residuales para el riego de los cultivos se había incrementado. Afirman que las descargas de aguas negras pueden ser aprovechadas siempre que se tomen las debidas precauciones y se tengan en consideración los posibles efectos a largo plazo sobre el abastecimiento total de agua, tomando en cuenta el aumento de sales, de elementos nutritivos y de los oligoelementos en la tierra de cultivo.

Las aguas residuales domésticas, sin ningún tratamiento, han sido utilizadas desde hace más de doscientos años en varios países para riego agrícola,

aumentando por un lado la productividad del terreno debido a los elevados contenidos en nutrientes orgánicos para las plantas, pero a su vez, se han incrementado notablemente las enfermedades gastrointestinales como consecuencia de los patógenos contenidos en este tipo de aguas, produciendo verdaderos problemas de salud pública especialmente, en la población infantil (Veliz, *et al.*, 2009).

La forma principal de reutilización de aguas residuales es el riego. Para la aplicación agrícola de aguas residuales se debe de tener una gestión agronómica adecuada, en la que deben de controlarse el contenido de macronutrientes (N, P y K), el nivel de salinidad, el contenido de micronutrientes y elementos traza, entre otros. En las aguas reutilizadas se presentan gran cantidad de macronutrientes (N y P) que pueden utilizarse como fertilizantes en la agricultura de tal manera, que esto contribuye a reducir la utilización de fertilizantes químicos y por consecuencia al beneficio económico del agricultor (Manga *et al.*, 2001).

Veliz *et al.* (2009), nos dicen que el riego con aguas residuales domésticas no tratadas representa un serio riesgo, pues constituyen una importante fuente de agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos (lombrices) que causan infecciones gastrointestinales en los seres humanos. También contienen toxinas químicas muy peligrosas que provienen de fuentes industriales.

Se pueden tomar cuatro medidas principales para proteger la salud al aprovechar las aguas residuales en uso agrícola:

- Tratamiento de las aguas residuales.
- restricción de cultivos.
- Control de los diferentes empleos de las aguas residuales.
- Control de la exposición a las mismas y fomento de la higiene.

Estas medidas pueden integrarse de diversas maneras para evitar la transmisión de patógenos; sin embargo, de éstas, el tratamiento de las aguas residuales y la restricción de los cultivos han sido las más ampliamente utilizadas en los sistemas de aprovechamiento controlado (Grosso, 2008).

En el contexto urbano, se ha intensificado el desarrollo agropecuario, donde el riego juega un papel de gran importancia, sin embargo la disponibilidad de agua de

buena calidad para riego es escasa, situación que exige de fuentes alternativas para estos fines, la que se impone el reuso de aguas residuales urbanas (Montero, Cun, Pérez, Ricardo y Herrera, 2009).

La actividad agrícola, en América Latina, ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto seriamente afectada y en muchos casos, se ha optado por el uso de aguas residuales en el riego agrícola como única alternativa. Esto se revela en la existencia en la Región de más de 500 000 ha agrícolas irrigadas directamente con aguas residuales sin tratar, se han identificado como principales países a México con alrededor de 350 000 ha, Chile con 16 000 ha, Perú con 6 600 ha y Argentina con 3 700 ha, en otras regiones del mundo sobresale China con aproximadamente 1 300 000 ha agrícolas. (Veliz *et al.*, 2009).

El uso productivo de las aguas residuales domésticas o municipales pudiera constituir una vía alternativa importante para riego agrícola por sus contenidos de nutrientes y materia orgánica, lo que favorecería el incremento de las cosechas y el mejoramiento de los suelos. La actividad agrícola ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto seriamente afectada y en muchos casos, se ha optado por el uso de aguas residuales en el riego agrícola como única alternativa. (Veliz *et al.*, 2009).

Expresa Beckmann (2001), que las aguas residuales urbanas y los nutrientes contenidos en estas, son potencialmente valiosos para el riego, la fertilización de cultivos agrícolas y árboles, sobre todo en lugares donde el agua es limitada y los suelos son de naturaleza infértil.

El uso de las aguas residuales se presenta como una de las fuentes alternativas para el riego en la agricultura urbana. Esto nos acarrea un conjunto de interrogantes en cuanto a su manejo y las posibles afectaciones que ellas puedan ocasionar a los frutos cosechados, al suelo y al medio ambiente (Méndez, Ricardo, Pérez, Hernández y Campos, 2006).

De acuerdo con Manga *et al.* (2001), las aguas reutilizadas alteran la salinidad en el sistema agua-suelo-planta, que puede dar como resultado la pérdida de rendimiento en las cosechas y de la calidad del fruto. Por tanto, será necesario determinar la tolerancia de los cultivos de la región a la salinidad, micronutrientes

(sodio y cloro) y elementos traza (boro, cobre, hierro y zinc) del agua reutilizada. En el caso del reuso de aguas residuales para el riego, es necesario llevar a cabo estudios de investigación que determinen la tolerancia de los principales cultivos a la salinidad, micronutrientes y elementos traza del agua reutilizada, para evitar la disminución de la producción agrícola. Uno de los aspectos a tomar en cuenta en el reuso del agua son los requisitos mínimos de calidad que deben de tener las aguas reutilizadas, esto con el fin de garantizar que organismos patógenos presentes en éstas no puedan entrar en contacto con las personas.

Ante escenarios contrarios, por un lado, de escasez hídrica, y por otra parte, de abundancia de aguas residuales, la práctica del reuso agrícola se presenta de tres maneras: a) como potencial herramienta a los objetivos de sustentabilidad ambiental, ya que evita la contaminación de los cauces de riego; b) como recurso hídrico alternativo para ciertos fines agrícolas y por tanto, c) como potencial promotor de expansiones agrarias, principalmente en áreas que no gozan de derecho de riego superficial (Grosso, 2008).

El agua residual contiene diversos tipos de nutrientes que pueden ser utilizados como fertilizantes capaces de promover el crecimiento de las plantas y animales; su reuso, permite obtener otros beneficios, como mayores oportunidades de trabajo en las zonas rurales, más y mejores cultivos y un uso menos frecuente de fertilizantes químicos. Los esquemas de reuso del agua residual, cuando son manejados segura y eficientemente, pueden permitir además, la rehabilitación de grandes extensiones de tierra para múltiples usos y simultáneamente, la preservación de fuentes de agua fresca para el consumo humano. Sin embargo, la irrigación de cosechas con agua residual que no ha recibido un tratamiento adecuado, puede generar problemas de salud pública, debido a las altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos causantes de enfermedades que estas aguas portan (Arnedo, Bracho, Díaz-Suárez y Botero, 2008).

La agricultura es la actividad que utiliza el mayor volumen de agua, más de las dos terceras partes de la que proporcionan los ríos, lagos y acuíferos del planeta. Se destina el 70 %, aproximadamente, de toda el agua utilizada para uso humano, temiéndose que esto pueda afectar al futuro de la producción de alimentos (Zamora

et al., 2007).

Cada proyecto de reuso de agua debe tener en cuenta las características del agua residual, el tipo de tratamiento de ésta, la calidad requerida en el uso posterior del agua y las condiciones naturales de la zona. Por lo que, cada proyecto de reuso de agua debe de llevarse a cabo en el sitio de aplicación, con el fin de escoger la tecnología que más se adapte a las condiciones económicas, ambientales y sociales de la zona (Manga *et al.*, 2001).

1.5. Tratamiento del agua residual

La necesidad de preservar el ambiente libre de contaminación exige la depuración de las aguas residuales antes de ser vertidas a los cauces receptores. En este proceso de depuración se generan elevadas cantidades de residuos orgánicos llamados lodos de depuradoras, biosólidos o fangos. Para darle un destino adecuado a estos residuos, algunas alternativas han sido puestas en práctica; dentro de ellas la utilización agrícola con sus distintas variantes (jardinería, agroforestería, entre otras) es la más adecuada, por ser estos residuos una fuente de materia orgánica y nutrientes esenciales para las plantas, fundamentalmente N, P y Ca. Además, esta práctica es eminentemente sostenible, desde el punto de vista medioambiental y económico (Utria *et al.*, 2006).

Pérez, Marañón *et al.* (2004), indican que la caracterización de las aguas residuales es un aspecto muy importante, ya que permite evaluar el impacto ambiental que producen, de modo que sea posible diseñar el sistema adecuado para su tratamiento y/o aprovechamiento. En la caracterización de residuales se tienen en cuenta los parámetros generales de contaminación: químicos, físicos y físico-químicos, (temperatura, conductividad, caracteres organolépticos, pH, oxígeno disuelto, indicadores de carga orgánica e inorgánica) y microbiológicos (bacterias y coliformes).

La implementación de sistemas integrados de tratamiento y el uso de aguas residuales domésticas deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria estará

determinada por las concentraciones de parásitos, representados por los huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano. La calidad agronómica estará relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros. Finalmente, la calidad ambiental en principio involucra todos los indicadores antes mencionados y otros. En la práctica, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua (Veliz *et al.*, 2009).

Por otro lado Da Cámara, Hernández y Paz, dicen que la mejor forma de tratar las aguas residuales dependerá de una serie de factores característicos, tales como: el caudal, la composición, las concentraciones, la calidad requerida o esperada del efluente, las posibilidades de reutilización de la misma, las posibilidades de vertido a depuradoras municipales, tasas de vertido, y más. Para Metcalf & Eddy (1996), el factor que normalmente determina el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones de tratamiento suele ser el uso a que se destina el agua.

Los nutrientes contenidos en los biosólidos incrementan la biomasa y el rendimiento de las plantas. Sin embargo, su aplicación en los suelos agrícolas puede presentar algunos aspectos negativos, como son la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos, los cuales cuando se presentan en concentraciones excesivas pueden influir negativamente en las características de los suelos y el desarrollo de las plantas de cultivo. Esta composición no sorprende dado su origen, pero es evidente que con un mejor control de las aguas vertidas y de los métodos de depuración, se puede potenciar el valor de los componentes útiles y disminuir la peligrosidad de los otros. La presencia de metales pesados representa la principal limitante para el uso de los biosólidos en la agricultura. Entre estos metales existen algunos como el Cu, Zn, Ni, Fe y Mn, que son esenciales para las plantas y su deficiencia afecta su comportamiento, mientras que si se encuentran en exceso implican riesgos de fitotoxicidad. Existen otros que no tienen funciones fisiológicas

reconocidas y su presencia en el suelo siempre será un riesgo potencial, ya que pueden acumularse y contaminar el agua y los alimentos (Utria *et al.*, 2006).

A nivel internacional se han establecido dos directrices, que han servido para que varios países desarrollen sus reglamentaciones en materia de reuso de agua residual. La primera es la de la Organización mundial de la Salud (OMS, 1989), en donde principalmente se estipulan criterios de carácter microbiológico, y sólo se presenta un límite para las coliformes fecales y para los huevos de los nemátodos intestinales. Estas normas fueron pensadas para países en vías de desarrollo, en los que unas medidas innecesariamente rigurosas conducirían, probablemente, a que fueran ignoradas por completo (Mara y Cairncross, 1989). No se plantea un indicador para los virus, debidos a su difícil detección y al alto costo de los estudios, y se utilizan los coliformes fecales como indicador de la posible presencia de virus. La segunda es la directriz del estado de California, EUA dictada en 1978 y conocida también como "Título 22". Aquí se establece como requerimiento un tratamiento biológico convencional de las aguas residuales y continuando con un tratamiento terciario, filtración y desinfección por cloración, esto para que el efluente pueda ser utilizado para riego. Esta directriz presenta un planteamiento tecnológico con elevados costos (Manga *et al.*, 2001).

Arango, Garcés, Molina y Piedrahita (2008), mencionan los tratamientos que se aplican a las aguas residuales domésticas para la remoción de contaminantes y depuración: Los fisicoquímicos, denominados tratamientos primarios, como son la precipitación, la coagulación, la floculación y la filtración, que son útiles para eliminar sólidos suspendidos, coloides y algunos sólidos inorgánicos disueltos. Los biológicos, que pueden ser aerobios o anaerobios, los cuales se denominan tratamientos secundarios, y eliminan los contaminantes orgánicos. En algunos casos se hace necesario utilizar procesos terciarios para completar el tratamiento. Estos procesos son muy específicos y eliminan, en muchos casos, la totalidad de compuestos químicos residuales que no alcanzan a ser eliminados por procesos primarios o secundarios. Los procesos terciarios más comunes son la absorción, el intercambio iónico, la ultrafiltración y la ósmosis inversa.

Las impurezas se encuentran en el agua como materia en suspensión, como

materia coloidal o como materia en solución, la materia en suspensión siempre se separa por medio mecánico con intervención o no de la gravedad, la materia coloidal requiere un tratamiento fisicoquímico preliminar y la materia en solución puede tratarse en el propio estado molecular, iónico o precipitarse y separarse utilizando procesos semejantes a los empleados para la separación de los sólidos inicialmente en suspensión. A esto es a lo que se le llama tratamiento de las aguas (Da Cámara *et al.*, s.f.)

El uso de efluentes domésticos e industriales en la agricultura cobra mayor importancia con el tiempo, debido a la creciente escasez hídrica en las regiones áridas del mundo. Aunque los líquidos tratados son un recurso muy valioso, algunos contienen microorganismos que pueden llegar a ser patógenos. Por lo tanto, se debe poner especial cuidado en minimizar el riesgo que su uso representa para la salud de quienes consumen los productos regados y de los agricultores que manejan estos cultivos (Grosso, 2008).

El tratamiento del agua residual es de importancia vital para evitar o reducir la contaminación ambiental, se han desarrollado procesos que combinan una alta eficiencia de tratamiento con bajos costos de construcción, de operación y de mantenimiento. Se debe de buscar la aplicación de tecnologías apropiadas a nuestro medio desde el punto de vista tanto técnico como económico y de eficiencia de remoción para obtener un efluente tratado de buena calidad (Torres, 2001).

Para Duarte, Guevara y Méndez (2004), los tratamientos de las aguas constituyen una solución para el uso y reuso de las aguas que disponemos, con ello se impide la formación de costras y o sedimentación en los sistemas de riego localizado, permitiendo mayor durabilidad de los mismos, permitiendo además estimular el crecimiento y desarrollo de los cultivos e incrementos en los rendimientos y la calidad de los mismos. Se precisa la necesidad de validar tecnologías que permitan mejorar la calidad del agua con que se riega y que los resultados puedan ser aplicados en el contexto urbano y rural.

Existe gran variedad de sistemas que pueden ser aplicados para el tratamiento de aguas residuales; sin embargo, mientras en los países desarrollados el número de alternativas es limitado debido a que los estándares de calidad de los

efluentes usualmente aplicados son más rígidos, en los países en desarrollo en general las posibilidades pueden ser mucho mayores debido a la diversidad de criterios de calidad de efluentes, al alto contraste entre áreas urbanas, periféricas y rurales y a factores como costos y requerimientos operacionales, decisivos en la selección de alternativas en estos países (Torres, 2001).

Para Veliz *et al.* (2009), La tecnología de tratamiento que se pretenda instalar para reusar las aguas residuales en riego agrícola debe tener en cuenta:

- Tipo de cultivo (pueden asimilar diferentes calidades de agua).
- Técnicas y sistemas de riego (contenido de partículas que pudieran bloquear o tapar las boquillas u orificios de salida).
- Contenido de nutrientes exigidos (para eliminar o reducir el uso de productos agroquímicos).
- Manejo laboral de las aguas residuales y del riego para la protección de los agricultores (contenido de patógenos).
- Criterios de Salud Pública para la protección de los consumidores (contenido de patógenos).

Para el tratamiento de aguas residuales han sido utilizadas lagunas anaeróbicas, que se caracterizan por presentar bajo costo de construcción, operación simple y bajo requerimiento energético pero, la calidad de las aguas residuales tratadas en lagunas anaeróbicas no es adecuada para ser vertida en los cursos de agua, pues se mantienen por encima de los límites exigidos en relación a: materia orgánica, elementos químicos y sólidos suspendidos (Bruschi *et al.*, 2005).

Torres (2001), dice que en algunos casos, la tecnología de tratamiento anaerobio en sus diversas formas, se presenta no como la única ni como la mejor, sino como la más viable por tener bajo costo, ser sostenible y eficiente en la remoción de compuestos orgánicos biodegradables, aunque compuestos mineralizados como nitrógeno amoniacal, fosfatos y sulfuros y microorganismos patógenos, permanecen en el efluente y deben ser removidos en una etapa adicional de postratamiento.

Se presentan los humedales construidos como un ejemplo de tecnología adecuada y sostenible de tratamiento para una gran variedad de aguas residuales,

incluyendo un origen urbano, agrícola o industrial, entre otros (Morató *et al.*, 2006).

Sin duda alguna, las plantas de tratamiento de aguas residuales son herramientas tecnológicas muy importantes para contribuir en la preservación del medio ambiente, en el reúso del agua y al control de enfermedades, particularmente las gastrointestinales, por lo que favorecer su instalación en todo el territorio nacional es altamente conveniente como parte de acciones de saneamiento básico en la población (Morgan, Revah y Noyola, s.f.).

Entre los materiales removidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales –PTAR– se encuentran residuos tamizados, arenas, escorias, sólidos y biosólidos; estos dos últimos se encuentran en forma líquida o semisólida, dependiendo de la operación o proceso utilizado y son generados en mayor volumen. Su procesamiento, reutilización y disposición es quizás el problema más complejo que se enfrenta en el campo del tratamiento de aguas residuales (Metcalf y Eddy, 2003).

Grandes Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR, del tipo lodos activados convencionales frecuentemente no son adecuadas en algunos lugares debido a la limitada disponibilidad de área, recursos humanos, y más (Torres, 2001).

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental en el desarrollo de un proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad del medio ambiente (Da cámara *et al.*, s.f.).

El tratamiento de las aguas residuales domiciliarias debe ser entendido, como una “necesidad”, a fin de mantener condiciones adecuadas de salud e higiene para la población, conservar la calidad de las fuentes de agua y propender a un uso racional y sustentable de los recursos acuáticos (sitio argentino de producción animal, 2006).

1.5.1. Usos y beneficios del agua residual tratada

La protección y conservación de los recursos naturales constituyen hoy en día una de las principales preocupaciones sociales. Entre estos recursos se destaca en primer lugar el agua como un bienpreciado y escaso, lo que conduce a su adecuado

uso y reciclaje, debido a que las normas legales imponen criterios cada vez más estrictos para obtener una mayor y mejor depuración de las aguas que están contaminadas (Garcés, Mejía, Santamaría, 2004).

Entre las alternativas se encuentran las aguas residuales y ha sido demostrado que el uso de estas, previo tratamiento, no trae consigo problema alguno para consumo posterior de los cultivos, siempre y cuando se tengan en cuenta los parámetros de higiene establecidos. Estas aguas, además, pueden ser empleadas para el riego de plantas ornamentales y de jardín, en pequeñas parcelas o en cultivos organopónicos e hidropónicos que no tienen fuente de abasto garantizada (Hernández *et al.*, 2007).

El riego es la actividad que más consume agua en el mundo. El uso más frecuente que se le da al agua residual es en el riego de cultivos, bosques, jardines, campos de golf, reabastecimiento de mantos subterráneos, entre otros (Manga *et al.*, 2001).

La utilización de efluentes urbanos e industriales para riego se ha vuelto importante en zonas en donde hay escasez de agua. Los efluentes, tratados o no, son utilizados como fuente de riego y también como fuente de macro y micro nutrimentos, y como acondicionador de suelos (Tozzi *et al.*, 2004).

Se sabe que los efluentes domésticos tratados tienen un importante valor de uso directo cuando son utilizados como insumo en la producción agrícola, lo que incluye su potencial como fertilizante. Sin embargo, la incidencia del uso de este tipo de agua en el desarrollo de malezas es uno de los aspectos económicos que se ha destacado como negativo para los cultivos (Tozzi *et al.*, 2004).

Veliz *et al.* (2009), indican que en países desarrollados el uso planificado (de agua residual tratada) es más común, como en los casos de Israel, Australia, Alemania y los Estados Unidos. Israel es el país que está a la vanguardia en el uso planificado de aguas residuales, se plantea que un 70 % del agua que demandará la agricultura en 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de efluentes. Se estima que una décima parte o más de toda la población mundial consumen actualmente alimentos que se producen con aguas residuales, aunque no siempre de una manera segura.

Manga *et al.* (2001), nos dicen que la experiencia que se ha tenido en varios países demuestra que el reuso del agua es una alternativa viable para incrementar la producción agrícola. En el estado de Florida, EUA el reuso de aguas residuales ha llegado a ser muy popular, donde se tiene una capacidad de reuso de casi un 45% de la capacidad total de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el estado.

Crook y Okun (1991), citan un ejemplo de reuso de las aguas residuales en La Florida, donde existen aproximadamente 400 puntos de irrigación paisajística en el estado, incluido la irrigación de muchos campos de golf y el riego urbano.

Veliz *et al.* (2009), describen que Internacionalmente las actividades que más utilizan aguas residuales recuperadas son las siguientes:

- Riego agrícola y de áreas verdes de parques, cementerios, campos deportivos y jardines.
- Actividades industriales, fundamentalmente para torres de enfriamiento, alimentación de calderas y necesidades de los procesos. Los usos industriales varían grandemente, y para garantizar agua de calidad adecuada, por regla general, se requieren tratamientos avanzados.
- Recarga de acuíferos subterráneos.
- Alimentación de lagos recreativos, acuicultura, descarga de inodoros, sistemas contra incendios, aire acondicionado.

Un ejemplo del uso de las aguas residuales con fines de riego es dado por Roviroso (1996), al citar el caso del Club Tepepan en Xochimilco, México. Por la necesidad de reducir los consumos de agua potable han aplicado una tecnología de tratamiento físico – biológico (filtro a presión y desinfección) que les permite el reuso del agua en el riego de áreas verdes y campos de tenis para reducir los consumos de agua potable, dicha tecnología ha dado resultado. En Oron y col. (2001), afirman que las aguas residuales tratadas pueden reutilizarse para el riego en la agricultura, lo cual puede resolver principalmente los problemas de carencia de este vital líquido para el riego. Asano (2001), selecciona la reutilización de las aguas residuales y sus limitaciones potenciales, indicando el uso en la agricultura, como viveros comerciales, jardinería, parques, patios, instalaciones deportivas y zonas verdes de

la periferia urbana.

Un tratamiento eficiente de las aguas residuales, un estricto cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su reúso en riego agrícola, así como un adecuado nivel de información técnico sanitaria de todos los factores que intervienen en el uso productivo de estas aguas, permitiría el aprovechamiento seguro de un gran volumen de agua con gran valor agronómico (Veliz *et al.*, 2009).

Para Roque *et al.* (2006), el uso de aguas residuales tratadas es una alternativa viable de ser empleada en el riego en zonas periurbanas y próximas a las plantas de tratamiento o lagunas de oxidación, siempre considerando los factores básicos para el diseño del sistema de riego, como son el suelo, la topografía, el agua, el clima y el cultivo, teniendo en cuenta y cumpliendo las exigencias medioambientales de la región.

1.5.2. Manejo del agua residual tratada

Para Roque *et al.* (2006), las aguas residuales tratadas pueden reutilizarse para el riego en la agricultura, lo cual puede resolver principalmente los problemas de carencia de aguas. Al mismo tiempo que como agua en general y agua potable en particular comienzan a escasear, la cantidad de aguas residuales y efluentes biológicos están creciendo por día y el uso para el riego de esta agua es una alternativa muy ventajosa, principalmente cuando se usa el riego por goteo subsuperficial en áreas urbanas.

El sistema de riego por aspersión se empezó a utilizar en el año de 1930 para riego de grandes áreas de cultivo. Este sistema es muy aplicado porque es menos esclavo de las pendientes que otros métodos, se utilizan tuberías de aluminio, sin embargo uno de sus inconvenientes es que este sistema es más propenso a las roturas debido a la manipulación constante que requiere para su manejo. La aparición de los materiales plásticos ha acrecentado el interés por este sistema. El riego por aspersión de baja intensidad brinda nuevas perspectivas al poderse instalar en lo fundamental con tuberías plásticas y diámetros inferiores a 100 mm que

resultan más económicos. Por otro lado estos sistemas se adaptan fácilmente a una gran variedad de cultivos y suelos, siendo más eficientes en el uso del agua y más viables para la introducción de la automatización, todo esto en aras de reducir los costos por consumo de energía y fuerza de trabajo (Cisneros, Méndez y Chong, 2004).

Por otra parte Grosso (2008), expresa que el sistema por manto o surco es más económico que el método por goteo o subsuperficial, ya que no implica una inversión inicial onerosa. Esta razón de carácter económica, explica la predominancia en el lugar de las primeras técnicas. El riego subsuperficial y por goteo se consideran más seguro en el aspecto sanitario, ya que impiden el contacto directo del trabajador rural y del cultivo con el efluente. Él mismo comenta la forma de reuso que emplean en Israel, país modelo en lo que hace al reuso con líquidos depurados. Allí poseen muy buen tratamiento de efluentes, incluso terciario. Pero no se preocupan por los análisis periódicos respecto a la concentración de coliformes, debido a que riegan cultivos que no se consumen en fresco y porque utilizan como sistema, el goteo.

Olague *et al.* (2006), indican que el riego por goteo sub-superficial, en los años recientes se ha convertido en un sistema potencial para mejorar el uso del agua en los sistemas de producción agrícola. Este ha sido usado exitosamente en el oeste de Kansas en la producción de maíz, y en Hawai en la caña de azúcar, reduciendo las necesidades de irrigación en un 25 %. Esta se traduce en un ahorro del 35 % al 55 %, comparado con aspersión o riego superficial, los cuales operan en un 85 % y 65 % de eficiencia de aplicación respectivamente. Se obtienen incrementos en producción de 35 % comparado con aspersión.

Para Montemayor, Aguirre *et al.*, (2010) el riego por goteo sub-superficial (RGS), permite un ahorro de agua de 30 % y 50 % con respecto al riego por aspersión e inundación, debido que la aplicación de agua en el RGS es de bajo volumen, además de que la pérdida de agua por evaporación directa del suelo y por percolación profunda es mayor en el sistema de inundación, en el RGS la capa superior del suelo permanece prácticamente seca, disminuyendo la evaporación directa desde el suelo y la proliferación de malezas.

El riego por goteo sub-superficial (RGS) es definido como la aplicación del

agua bajo la superficie del suelo a través de emisores con gastos uniformes. El sistema es diseñado para aplicar bajos volúmenes con altas frecuencias, con el propósito de mantener el contenido de humedad en el suelo en un nivel que permita un crecimiento óptimo de la planta. Cuando se diseña apropiadamente, las aplicaciones de agua son muy uniformes y los requerimientos de agua se ven reducidos hasta en un 40 %. El sistema ha sido utilizado en la producción de maíz en el oeste de Kansas, caña de azúcar en Hawaii, algodón en Arizona y sorgo para grano en Texas, de tal forma que el sistema de riego es económicamente viable para la mayoría de los cultivos. El riego sub-superficial consiste básicamente en un sistema de filtros, tuberías principales, secundarias y líneas regantes enterradas en el suelo, éstas son parcialmente rígidas o flexibles, también conocidas como “cintillas” colocadas a profundidades desde 0.05 a 0.5 m. En el estado de Kansas, por ejemplo, estos sistemas han sido típicamente usados a una profundidad de 40 cm y en un amplio rango de separación entre emisores. La cintillas llevan el agua hasta el cultivo y posteriormente es dosificada gota a gota en la zona radicular del cultivo mediante orificios regularmente espaciados a 20, 30 cm o mayores, dependiendo del cultivo que se desee establecer. La ventaja de la cinta o tubería enterrada, es que en la superficie del suelo prácticamente no hay humedad, por lo tanto, el proceso de evaporación directa del suelo disminuye, porque el agua está más disponible para la planta. Esto es sumamente benéfico en las zonas áridas, donde la radiación solar, es la fuente de energía principal para la evaporación (Montemayor, Gómez *et al.*, 2006).

Para Méndez *et al.* (2006), cuando se dispone de un buen sistema de filtrado y se limpian los emisores sistemáticamente, las aguas residuales pueden aplicarse sin ningún inconveniente a través de los sistemas de riego por goteo, en cultivos que no se consuman frescos.

En cultivos tradicionales como el maíz, estos sistemas han sido típicamente usados a una profundidad de 40 cm y en un amplio rango de separación entre emisores y cintas de riego, sin embargo la profundidad deseada depende del tipo de suelo, cinta, distribución de la raíz, rotación del cultivo, germinación de la semilla, salinidad y de la capilaridad del suelo. Investigaciones futuras entre espaciamientos y

profundidades para cada tipo de cultivo y el análisis económico, determinará si el sistema es económicamente viable (Montemayor, Gómez *et al.*, 2006).

1.6. Sustentabilidad del agua

El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y exista más competencia entre sus diversos usos, obliga a utilizarla de forma eficiente y a manejar con eficacia los mecanismos de gestión (Cisneros *et al.*, 2004).

El agua es una parte esencial de cualquier economía y sociedad, por lo tanto su manejo sustentable es una condición necesaria para una economía y una sociedad sustentables. Aunque el concepto de sustentabilidad puede tener varios significados para la sociedad y sus instituciones (Cervera, 2007). Loucks y Gladwell (1999) señalan que la sustentabilidad es un concepto unificador, el cual enfatiza la necesidad de considerar el futuro a largo plazo tanto como el presente. La idea anterior incluye el futuro de la economía, el ambiente y los impactos sociales y ecológicos resultantes de las acciones y decisiones tomadas en el presente. Así tenemos que la sustentabilidad es un proceso integrador de aspectos tecnológicos, ecológicos y de las infraestructuras sociales y políticas de la sociedad.

Gleick, Postel y Morrison (1996) basado en conceptos generales de sustentabilidad, define el uso sustentable del agua como “el uso de agua que permite sostener a una sociedad para que perdure y se desarrolle en un futuro indefinido sin alterar la integridad del ciclo hidrológico y de los ecosistemas que dependan de él”. Este concepto puede ser discutido como meramente filosófico (utópico) y difícil o imposible de alcanzar en la práctica. Sin embargo, la aproximación a un posible estatus de sustentabilidad requiere el establecimiento de criterios direccionados hacia los sistemas suministradores del recurso agua con el objetivo de ser considerados sustentables. Estos criterios pueden definirse respecto a: 1- diseño, manejo y operación de la infraestructura física, 2- calidad ambiental o salud de los ecosistemas, 3- mantener el agua en estándares de calidad de acuerdo a su uso, 4- contar con datos cualitativos y cuantitativos del agua, 5- desarrollar mecanismos institucionales para prevenir y resolver conflictos sobre el agua, 6- que las partes

involucradas participen en los procesos de diseño y decisión, y 7- las acciones humanas no deberán afectar las tasas de renovabilidad de las fuentes acuíferas y superficiales. Siguiendo las líneas generales puede iniciarse el diseño de indicadores de sustentabilidad.

Bossel (1999), expresa que el desarrollo sustentable es una transformación a la par entre el ser humano y sus sistemas naturales, por lo que en materia del uso sustentable del agua podemos considerar que los elementos son la sociedad y el recurso hídrico. Con lo anterior puede establecerse un sistema que represente la interacción anteriormente descrita.

Para Cervera (2007), los componentes principales de un sistema sustentable son: la sociedad, las instituciones, la infraestructura y el ambiente que sustenta al recurso agua (figura 8). Partiendo de este enfoque de sistema se propondrán indicadores de sustentabilidad.

Rivetti (2006), indica que, con programaciones adecuadas de riego y con altos coeficientes de uniformidad se conseguiría aumentar la eficiencia de riego y se aseguraría una alta producción, en el marco de una agricultura sustentable. Por lo tanto, el desarrollo sustentable de la agricultura como un objetivo deseado en el manejo del riego es un resultado de la reciente conciencia social por la escasez de agua para la producción de alimentos (Díaz, *et al.*, 2008).

El concepto de Gestión Ambiental señala un conjunto de lineamientos y actividades orientadas al manejo apropiado de los recursos naturales y de las relaciones sociedad- naturaleza en pos de alcanzar el desarrollo sostenible. Participación, investigación, información y educación, se constituyen en un grupo de procesos insustituibles para la Gestión Ambiental. La Educación Sanitaria tiene el claro propósito de mejorar la cultura sanitario-ambiental de la población, para que participe activamente en el buen uso y pago oportuno de los servicios y en la conservación de los recursos hídricos de que dispone (Tirado, Vigo y Meza, 1995).

Cervera (2007), dice que una forma de medir el uso sustentable del agua puede ser a partir del desarrollo de indicadores que reflejen la interacción entre la sociedad y el recurso agua. Los indicadores proveen de información comprensiva acerca de los sistemas que dan forma al desarrollo sustentable, y son necesarios

para guiar políticas y ayudar en la toma de decisiones en los diferentes niveles de la sociedad. De acuerdo con Bossel (1999), algunas de las características principales que deben tener los indicadores son las siguientes:

- Deben representar los problemas más importantes en la interacción de los sistemas y su ambiente.
- Deben ser claros y compactos, cubriendo los aspectos relevantes.
- El proceso de búsqueda del indicador debe ser participatorio para asegurar que incluya visiones y valores de la comunidad o región para la cual se desarrollan.
- Deben ser claramente definidos, reproducibles, no ambiguos, entendibles y prácticos.
- Deben ayudar a deducir la viabilidad y sustentabilidad de desarrollos actuales y permitir la comparación con proyectos alternativos.

Estos indicadores deberán revelar las restricciones principales tanto físicas como humanas para el manejo sustentable del agua en la región. En las restricciones físicas los indicadores darán cuenta de la capacidad del sistema natural para brindar un recurso, tal como la tasa de renovabilidad del recurso agua en las zonas de captación.

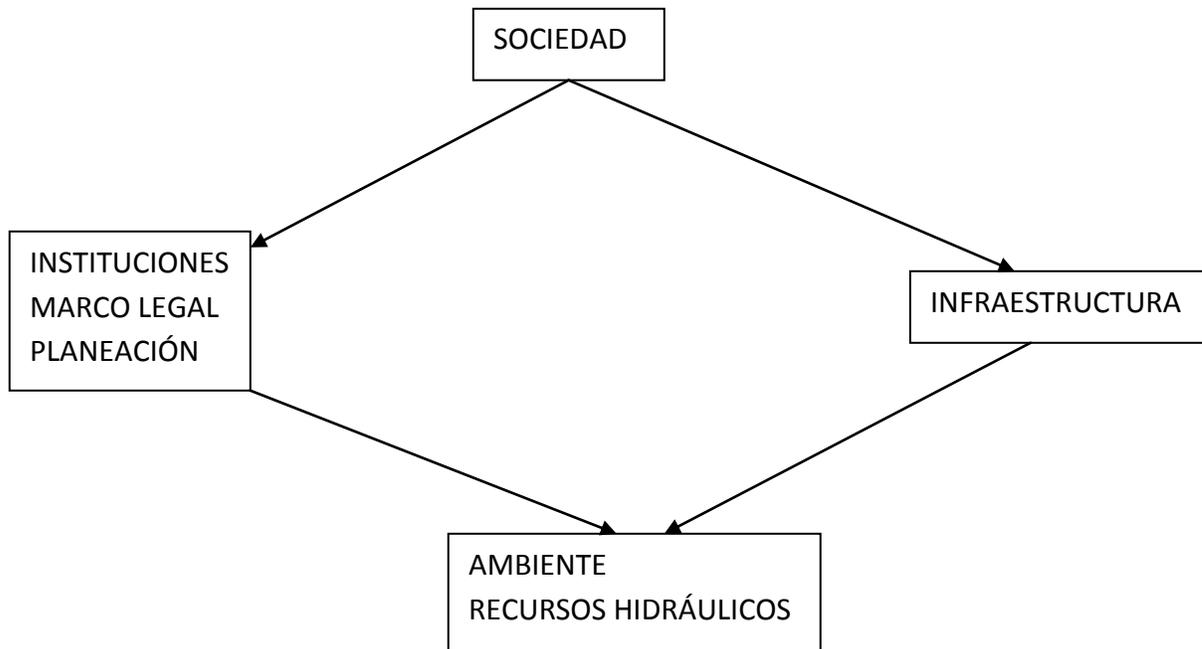
Bossel (1999), hace una clasificación de indicadores, los subdivide en indicadores de presión, estado y de respuesta. Éstos se describen a continuación:

- Indicadores de presión. Permiten medir la presión sobre el ambiente causada por la actividad humana.
- Indicadores de estado. Permiten medir la calidad del ambiente y la cantidad de recursos naturales, incluyendo efectos en la salud humana y de los ecosistemas causados por el deterioro del ambiente.
- Indicadores de respuesta. Permiten medir los esfuerzos tomados por la sociedad para responder a los cambios ambientales.

Para Puiatti, Crespi y Rivetti (2004), apoyándose en un programa de riego, es posible ahorrar más de un 20 % de agua sin afectar significativamente los rendimientos. Una programación de riego satisfactoria requiere un entendimiento de los principios que condicionan el flujo de agua a través del suelo, la absorción del

agua por las plantas y la pérdida de agua hacia la atmósfera.

Figura 8 Componentes principales de un sistema sustentable



Fuente: Cervera, 2007.

1.6.1. Agua residual tratada, sociedad y medio ambiente

Se entiende por eficiencia, la perfección de los sistemas de distribución, transporte y aplicación para evitar pérdidas, y la reutilización de aguas. Esta última alternativa destaca el concepto de aguas residuales (Fasciolo y Bertranou, 2001).

Un tratamiento eficiente de las aguas residuales, un estricto cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su reúso en riego agrícola, así como un adecuado nivel de información técnico sanitaria de todos los factores que intervienen en el uso productivo de estas aguas, permitiría el aprovechamiento seguro de un gran volumen de agua con gran valor agronómico (Veliz *et al.*, 2009).

Para proteger el ambiente y para prevenir en la población la generación de

enfermedades de origen hídrico o por la existencia de condiciones deficientes de saneamiento, se hace necesario conseguir la participación activa de la comunidad. Entiéndase a esta participación como el resultado de un proceso educativo que ha logrado en cada individuo una cultura Sanitario-Ambiental y una actitud responsable frente a los servicios de saneamiento y a su ambiente, convirtiéndolo en un elemento activo en la solución de los problemas y en la sostenibilidad de los servicios. La disponibilidad de servicios de saneamiento es un importante indicador de la calidad de vida de una población y una condición indispensable para alcanzar el desarrollo sustentable. Es un hecho conocido que la gestión de la calidad requiere de la respuesta comunitaria a los esfuerzos del Sector Saneamiento y que esta respuesta es generalmente parte de un proceso de gestión ambiental que la Educación ayuda a encaminar y consolidar (Tirado *et al.*, 1995).

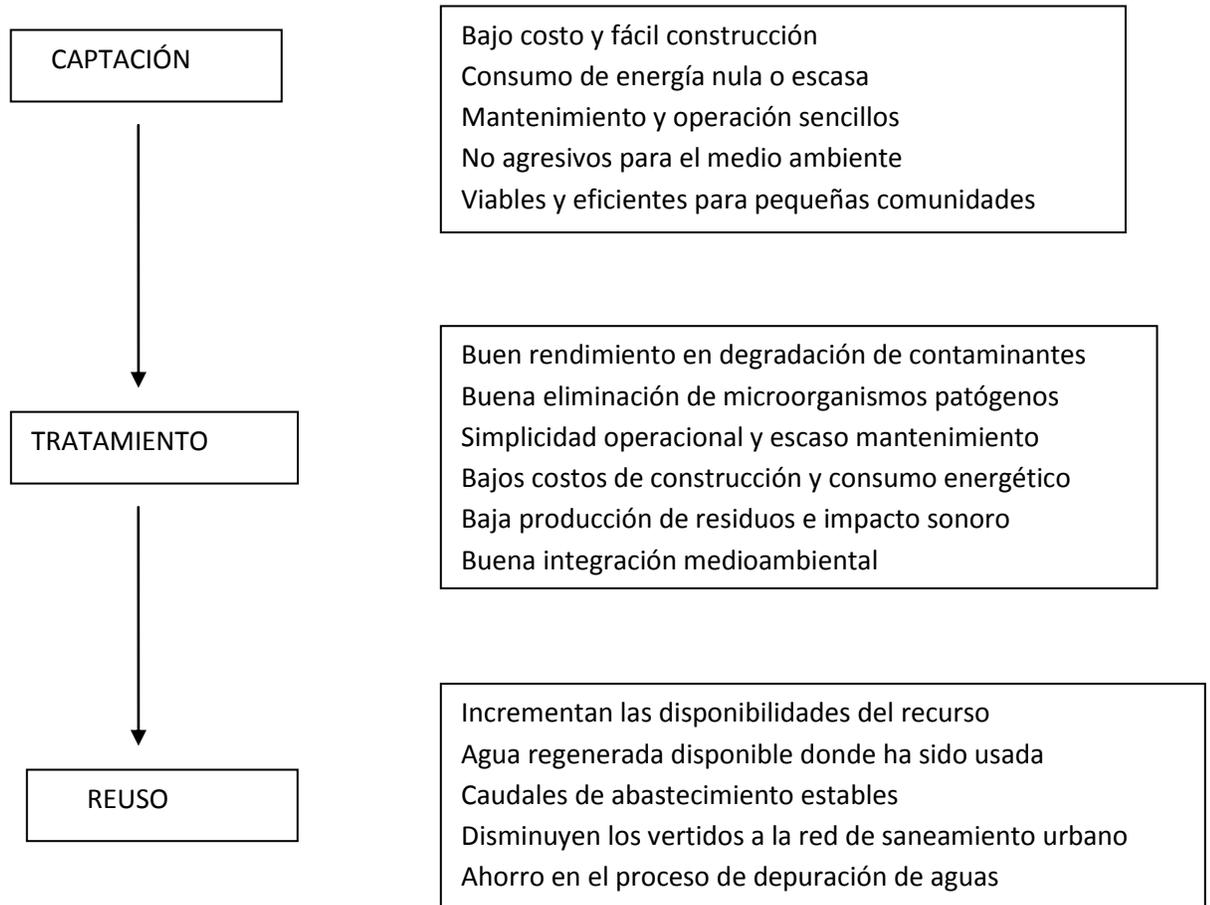
Se debe de llevar a cabo una gestión eficaz basada en el ahorro, el reuso y la no contaminación del agua, todo esto basado en una planificación sostenible de la región donde se aplicará, es decir, desde un alcance económico, social, legal y medioambiental. Las tecnologías sostenibles o apropiadas, son tecnologías de bajo costo que se evalúan según la población a la que van a atender. Estas tecnologías influyen en el desarrollo de la comunidad estimulando la participación, aumentando los conocimientos técnicos de sus miembros y creando un sentimiento de propiedad de la tecnología, propiciando un mayor interés en su mantenimiento (Morató *et al.*, 2006).

Veliz *et al.* (2009), indican que existen normas internacionales que regulan la calidad de las aguas residuales para su reuso en la agricultura, pero muchos países no tienen implementadas normas propias adaptadas a sus propias condiciones técnico-económicas y ambientales.

Muchas veces las tecnologías existentes demandan una utilización de recursos de todo tipo y por consecuencia generan un costo el cual muchas veces no puede ser asumido. Por lo tanto, se requiere de un cambio de tecnología en donde se apliquen los principios del desarrollo sustentable, adapten y mejoren los sistemas de captación, tratamiento y reutilización y convertirlos en sistemas sustentables. El uso de tecnologías sustentables es indispensable para avanzar hacia una mayor

cobertura mundial (figura 9), desde la captación de agua, su tratamiento y el reuso (Morató *et al.*, 2006).

Figura 9 Tecnologías sustentables



Fuente: Morató, Subirana, Gris, Carneiro y Pastor, 2006.

Por otra parte Manga *et al.* (2001), dicen que para establecer una reglamentación del reuso de aguas residuales es necesario tener en cuenta algunas implicaciones socioeconómicas derivadas del reuso y que presentan una gran influencia en el desarrollo de la región. Consideraciones socioeconómicas en el reuso de agua: reuso y comercio, reuso y salud y reuso y empleo.

Se ha demostrado en diferentes países que teniendo una gestión integral del reuso de aguas residuales permite generar empleo en la región y desarrollo económico (Manga *et al.*, 2001).

Es evidente, que la tecnología aplicada sólo es útil en la medida en que la comunidad se apropie de ella y sea capaz de operarla, mantenerla y sostenerla a través del tiempo con un mínimo de apoyo institucional externo (Morató *et al.*, 2006).

Grosso (2008), expresa que el manejo del reuso agrícola involucra una gran variedad de disciplinas y de instituciones; y requiere el abordaje de un enfoque interdisciplinario y la aplicación interinstitucional en el marco de un manejo integrado de recursos hídricos. De esta forma, es conveniente preguntarse y analizar los roles de cada uno de los organismos públicos y privados relacionados con la temática y las relaciones que poseen entre sí, ya que si no se encuentran bien definidos los campos de acción, se confunde y se entorpece la administración responsable de las actividades de reuso. Los desentendimientos en la gestión y control provocan serios impactos ambientales, sanitarios y económicos que repercuten en la población y su territorio. Él mismo enumera las propuestas que se consideran necesarias para alcanzar la plena práctica del reuso:

- Definir claramente las funciones de los organismos involucrados, haciendo hincapié en los roles respecto al control. Fijar puntualmente qué institución se encargará de la vigilancia de la calidad de los líquidos tratados, de los cultivos que se riegan, del acatamiento de los tiempos post cosecha, de las medidas de higiene en los trabajadores rurales, entre otros.
- Promocionar el rol del Organismo Administrador del Agua de Riego, hacerlo conocer entre los regantes e instituciones.
- Estimular y propagar los estudios sobre los potenciales riesgos del reuso agrícola.
- Divulgar los resultados entre los organismos involucrados, regantes y consumidores.
- Capacitar a los usuarios en el manejo de efluentes cloacales tratados, a los efectos de optimizar su uso y evitar problemas sanitarios. Un medio efectivo puede ser a través de cursos de educación ambiental y charlas sobre medidas

de prevención en las reuniones de regantes.

- Se debe considerar la ampliación del número de regantes.
- Invertir en correctas obras de ingeniería en la planta de tratamiento, teniendo en cuenta el incremento paulatino y futuro de la región.

Ruiz, A. (2005), puntualiza, el reuso y recirculación son operaciones que hacen parte de las estrategias de manejo del agua. Es indispensable hacer tratamiento a las aguas residuales. Éstos deben ser adecuados para el propósito, tener alta efectividad y bajos costos y traer ventajas ambientales. Grosso (2008), indica también que los líquidos tratados, deben ser sometidos a periódicos controles de laboratorio que permitan determinar las condiciones físico-químicas y microbiológicas, asegurando que los parámetros, tanto como los procesos y técnicas aplicadas a los efluentes cumplen con las pautas de calidad exigidas. De no ser así, los organismos responsables del reuso pueden restringir aún más la selección de cultivos a regar, es decir, utilizando una categoría de cultivos permitidos inferior, logrando de esta forma, continuar con la práctica del reuso. En función al nivel de tratamiento del efluente, es el tipo de cultivo que se puede irrigar. Y son las preferencias agrícolas de los productores, que son en definitiva, quienes adoptarán la medida. Ello dependerá de los conocimientos previos respecto a un determinado cultivo, y de las posibilidades de su buena comercialización.

1.7. Conclusiones del Capítulo I

El 70 % del agua se utiliza en la producción de alimentos, y con el crecimiento de la población se requerirá de la intensificación de la agricultura de regadío. El hombre ha buscado nuevas alternativas para satisfacer las demandas de agua y su uso eficiente y sustentable (adaptado a las condiciones climáticas, ambientales y socioeconómicas) sobretodo en la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas.

Para tener una mayor producción agrícola, sobretodo en la periferia de las ciudades, una alternativa es la reutilización de aguas residuales generadas de otros procesos productivos o de servicios urbanos. Estas aguas residuales tienen muchos contaminantes, por lo cual deben de ser tratadas adecuadamente para su reuso con

el fin de evitar afectaciones a nuestra salud y a la calidad del medio ambiente. Una herramienta tecnológica y conveniente para el tratamiento del agua residual son las PTAR. Por otra parte, el reuso del agua tiene un papel muy importante en la planificación y gestión integrada de este recurso. El riego con agua residual tratada debe ser seguro en el aspecto sanitario, impidiéndose el contacto directo del agricultor y del cultivo con el efluente. Los productos que se cultivan con dicha agua no se deben de consumir en fresco porque podrían provocar enfermedades gastrointestinales.

La tecnología aplicada en los nuevos sistemas de riego ha ayudado a un mejor aprovechamiento del agua, por ejemplo, el riego por goteo se ha utilizado en la producción de maíz en el oeste de Kansas lo cual ha bajado hasta en un 40% el requerimiento de agua. Para un buen diseño del sistema de riego se deben de considerar factores básicos como son: el suelo, la topografía, el agua, el clima, el cultivo y las exigencias medioambientales de la región.

Estos conceptos, de una u otra forma, describen y tienen relevancia en la zona de estudio, por lo cual son base para el desarrollo del análisis de datos que se describe en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Introducción

La evaluación de la gestión del agua es un campo muy vasto. Sin embargo, para efectos de esta investigación pueden destacarse el siguiente método: Blaney–Cridle (1998), utilizan un método empírico, cuyo objetivo es calcular el agua necesaria que requiere un cultivo mediante el uso de las siguientes variables: evapotranspiración, temperatura y luz. En el presente capítulo se describen los procedimientos que se llevaron a cabo para alcanzar los objetivos de esta investigación, con base al método de Blaney–Cridle (1998), cuya ventaja sobre los demás métodos es que éste puede aplicarse con una escasa disponibilidad de datos climatológicos.

2.2. Técnicas de análisis

Para lograr lo anterior, el estudio se dividió en dos partes, una parte social elaborada en campo y en la cual se entrevistó a parte de los potenciales usuarios del agua residual tratada, y otra parte técnica –centrada en análisis documental-, realizada en escritorio. Lo primero fue ponerse en contacto con el encargado del mantenimiento de la PTAR y explicar el motivo de la visita. Se realizó un recorrido de conocimiento de la zona de estudio y, al mismo tiempo, se platicó con los agricultores para comenzar a tener una mutua identificación.

2.2.1. Análisis documental

a) Revisión de documentos técnicos.

Para comenzar a conseguir datos para el desarrollo del análisis técnico, se recurrió: a la estación climatológica de Santa María del Río para la obtención de datos estadísticos anuales con referencia a las condiciones climáticas (temperatura, lluvia) de la zona; al Inifap (Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias), instituto que depende de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) ahí, se consiguió el folleto técnico No. 12 con título “Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas media y altiplano de San Luis Potosí” en el cual, a base de datos estadísticos, se obtiene la cantidad de agua que necesita cierto cultivo con relación a las condiciones del medio ambiente. También se hizo uso de algunas tablas estadísticas, relacionadas con el tema de interés, que se encuentran en el libro “Procesos del ciclo hidrológico”.

b) Revisión de literatura especializada

Para llevar un proceso del análisis de todos los datos técnicos y estadísticos recabados se utilizó el libro “Procesos del ciclo hidrológico” cuyo autor es el ingeniero

Campos Aranda, (catedrático jubilado de la UASLP y cuyo libro es impreso y editado en la misma casa de estudios) en este libro el autor indica el proceso completo, en base a fórmulas y procedimientos matemáticos ya definidos, para llevar a cabo el análisis necesario para esta investigación.

c) Revisión del terreno que comprende la zona de estudio

Por medio del INEGI se consiguió el plano de curvas de nivel del terreno de la zona de estudio, simplemente para corroborar las pendientes aguas río abajo, las cuales se verificaron con anterioridad en el momento de la visita a la zona. Se tomó una muestra de terreno para poder clasificarlo (anexo III), el cual se analizó en los laboratorios de la facultad de ingeniería y, por supuesto, también se cuenta con la cantidad de agua residual tratada saliente de la PTAR.

2.2.2. Datos de campo

a) Entrevista a usuarios del agua

Como instrumento para la realización de la parte social se elaboró una entrevista semiestructurada de diez preguntas (anexo I), se efectuaron tres visitas de campo para realizar las entrevistas.

La entrevista cualitativa es más flexible y abierta, y se define como una conversación entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado). Una entrevista semiestructurada se basa en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas deseados (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

La entrevista estuvo elaborada con diez preguntas, algunas, son generales las cuales parten de planteamientos globales para ir llegando al tema que interesa al entrevistador, otras, son estructurales en las cuales el entrevistador solicita al entrevistado una lista de ítems a manera de conjunto o categorías (Hernández,

Fernández y Baptista, 2003).

La muestra es una unidad de análisis o conjunto de personas, contextos, eventos o sucesos sobre la cual se recolectan los datos sin que necesariamente sea representativo del universo; y para delimitar la población se puede hacer antes de recolectar los datos o durante el proceso (Hernández, Fernández y Baptista, 2003). La entrevista se aplicó a una muestra de quince agricultores repartidos en la zona de estudio (anexo II).

Desde el punto de vista estadístico, el haber entrevistado a sólo 15 usuarios, representa la totalidad de personas que accedieron a contestar la entrevista, de 16 que se localizaron en los tres días de visita a la zona de estudio (solamente uno no quiso contestar la entrevista), la poca cantidad de agricultores se debe a que existen varios terrenos de cultivo abandonados por la falta de agua. Es importante mencionar que si bien este número representa solo 18% del universo de productores de la zona, fue aleatorio y casuístico. Sin embargo, la relevancia de esta muestra podría situarse en: a) 100% de los entrevistados son productores agrícolas; b) 27% de los entrevistados sí hacen uso de las aguas residuales tratadas para efectos de su producción; el resto, 73%, no hace uso de ella, porque no hay una adecuada distribución y manejo de las aguas tratadas por parte de las autoridades; por desconocimiento o falta de cultura de la gestión del agua. Esto constituye el núcleo central de la problemática en la que se enfoca esta investigación. En consecuencia, independientemente del grado de confianza de la muestra, el valor cualitativo de la información obtenida a través de este procedimiento o técnica, es fundamental para alimentar el análisis de la problemática en el caso de estudio y, eventualmente en el sentido de las conclusiones a las que llega esta investigación.

2.3. Proceso técnico de análisis

2.3.1. Uso consuntivo

Un dato muy importante y esencial para llegar a dar resultados sobre el uso y forma de distribución del agua residual tratada para el riego es el cálculo del uso consuntivo

del agua (cantidad de agua que es necesario suministrar para que sea utilizada en la construcción de los tejidos de las plantas, en la transpiración de las mismas y en la evaporación realizada por el suelo, durante todo el ciclo vegetativo de los cultivos). Para el cálculo de los requerimientos hídricos de un cultivo se hizo uso de un método empírico llamado método de Blaney-Criddle, los cuales desarrollaron una relación empírica entre la evapotranspiración y la temperatura media del aire y porcentaje promedio de horas luz mensual, su expresión matemática es muy fácil de usar y es probablemente el método más popular para la estimación del uso consuntivo (inifap, 2001). La principal hipótesis del método consiste en considerar que la evapotranspiración potencial varía directamente con la suma de los productos de la temperatura media mensual del aire y el porcentaje promedio mensual de horas luz durante el día, cuando existe adecuada humedad en el suelo (Campos, 1998).

Debido a la escasa disponibilidad de datos climatológicos en nuestro país es muy válida la aplicación de métodos empíricos para estimar los usos consuntivos. Estas estimaciones pueden servir como base al iniciar la planeación o proyecto de una zona agrícola o para estimar los consumos en áreas bajo explotación (Campos, 1998).

La ecuación del método de Blaney-Criddle es la siguiente:

$$U.C. = \sum_1^m K p (0.457 T + 8.128)$$

Donde: U.C = uso consuntivo en mm por mes, durante el periodo de desarrollo del cultivo, cuyo número de meses es m

K = coeficiente mensual de uso consuntivo (tabla 1)

p = porcentaje promedio de horas luz en el mes (tabla 2)

T = temperatura media mensual del aire, en °C (tabla 3)

El U.S. Soil Conservation Service en 1967 efectuó dos modificaciones a la fórmula de Blaney–Criddle cuando esta se aplica a zonas áridas y semiáridas; estas

modificaciones consisten en sustituir el coeficiente K por dos coeficientes, uno denominado climático (K_t) y otro de cultivo (K_c), el primero está relacionado directamente con la temperatura media mensual del aire, por la expresión:

$$K_t = 0.03114 T + 0.2396$$

El coeficiente de cultivo (K_c) (tabla 9 y tabla 10) refleja la influencia de las etapas de desarrollo del cultivo en la evapotranspiración.

$$\text{Por lo tanto: } U.C. = K_t \cdot K_c \cdot p (0.457 T + 8.128)$$

2.3.2. Láminas de riego.

Es necesario determinar la lámina de presiembra (L_p), la cual se define como el espesor de agua que repone toda la humedad utilizable por las plantas a un suelo, y la lámina de riego (L_r), la que será el espesor o lámina de agua que equivale al 50% de la lámina de presiembra (L_p) y que por lo tanto, repone el 50% de la humedad utilizable por el cultivo. Por lo que se tiene que:

$$L_p = \frac{(C.C. - P.M.P.) D_a}{100} Pr$$

$$L_r = 0.50 L_p$$

Donde: C.C. = capacidad de campo (tabla 11)

P.M.P. = punto de marchitamiento permanente (tabla 11)

D_a = densidad aparente

Pr = profundidad radicular (tabla 4)

Para conocer la textura del suelo, en una cuarta visita de campo, se tomó una muestra representativa del terreno de la zona de estudio, la cual se llevó al laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UASLP para ser analizada, los resultados se describen en el anexo III; de estos estudios se tomó la densidad aparente.

2.3.3. Lluvia efectiva

Se entiende por lluvia efectiva a la parte de la lluvia que permanece en el suelo y contribuye al desarrollo de los cultivos. Para Campos, (1998) los principales factores que influyen en la magnitud de la lluvia efectiva son los siguientes:

- 1.- Factores de lluvia: cantidad, intensidad, probabilidad y distribución en el tiempo y en el espacio.
- 2.- Factores meteorológicos: temperatura, radiación, humedad relativa y velocidad del viento.
- 3.- Factores del terreno: topografía, pendiente y uso.
- 4.- Factores del suelo: profundidad, textura, estructura, densidad aparente y contenidos de sales y materia orgánica.
- 5.- Factores de cultivo: naturaleza, profundidad del sistema radicular, desarrollo foliar, fase de crecimiento y rotación de cultivos.

Para la estimación de la lluvia efectiva y para fines de estudio, se puede emplear el Método Empírico del U.S. Soil conservation Service que se basa en la precipitación media mensual y en el valor del uso consuntivo medio mensual.

Pasos para la obtención de la lluvia efectiva:

- 1.- Para cada cultivo se determina su uso consuntivo mensual y la lluvia media mensual durante sus meses de desarrollo, con estos datos se obtiene de la tabla 5 la precipitación efectiva media mensual.
- 2.- Conociendo la magnitud de la lámina de riego (L_r), se determina de la tabla 6 el factor de ajuste de la precipitación efectiva por la lámina de riego (L_r). La

precipitación efectiva no puede exceder a la lluvia media mensual ni al uso consuntivo medio mensual. Cuando la aplicación de los factores de la tabla 6, conduzcan a un valor de la precipitación efectiva mayor que cualquiera de los dos valores citados, deberá de reducirse al menor de ellos. Además, no se deberán aplicar los factores de ajuste a aquellos valores de la precipitación efectiva media mensual, consignados por debajo de las líneas horizontales marcadas en la tabla 5.

3.- Cuando la lluvia media mensual sea menor de 12.5 mm, se debe considerar 100% efectiva.

4.- La cantidad de lluvia es variable cada año en cualquier localidad por lo que es necesario considerar que la precipitación promedio anual es una cantidad que puede ser excedida hasta en un 50% en diferentes años. Por lo que es conveniente estimar las demandas de riego en base a una probabilidad de la precipitación efectiva y no únicamente en función de la lluvia promedio. En la tabla 7 se obtienen los factores de ajuste de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia (comúnmente se adopta un 80%) y la precipitación media anual.

2.3.4. Estimación de los intervalos de riego.

El requerimiento de riego, será el valor que nos indique la cantidad de agua que habrá que aplicarse a un cultivo, tomando en cuenta la evapotranspiración, una cantidad adicional de agua para lavado de sales y la precipitación del lugar.

Conviene aclarar que cuando el suelo tiene exceso de sales es necesario adicionar un sobrerriego por concepto de lavado del suelo o lixiviación de las sales del suelo. Para este estudio, este concepto no se tomó en consideración por ser un suelo sin exceso de sales.

Un método práctico para conocer los intervalos entre riegos es por medio del método gráfico, consiste en construir para cada cultivo su curva de uso consuntivo mensual acumulado contra su período vegetativo o de desarrollo en meses (abscisas). Se deberá de representar el uso consuntivo real, o sea, el valor de la

evapotranspiración potencial menos la precipitación efectiva, este valor se acumula al día final del mes. En esta gráfica las láminas de riego quedarán indicadas por líneas verticales acotadas según el eje de las ordenadas, tales láminas se irán consumiendo debido a la evapotranspiración, esto último se representa por una línea recta horizontal hasta interceptar la curva de uso consuntivo real acumulado, en tal punto se deberá disponer de un nuevo riego y de esta forma se obtiene el intervalo en días o calendario de riego.

2.3.5. Conducción del agua.

Las pérdidas en el transporte están condicionadas por el tipo de conducción, como son: los canales en tierra, canales revestidos y las tuberías.

Las pérdidas en la aplicación del riego dependen de los factores siguientes: evaporación durante y después del riego, pérdidas por percolación y pérdidas por escurrimiento superficial.

Para estimar las eficiencias anteriormente citadas, podemos utilizar la tabla 8, donde los valores mínimos de la eficiencia de aplicación se deben de emplear en aquellas áreas con suelos permeables, pendientes importantes y donde el agricultor tiene escasa experiencia en el riego. Los valores máximos se utilizarán en zonas con suelos de poca permeabilidad a normal, de poca pendiente y donde el agricultor tiene experiencia en el riego. En otras condiciones se tomará el valor medio.

Por lo tanto los riegos requeridos o láminas netas (L_n) se deberán de convertir a láminas de derivación o brutas (L_b), al dividir las entre las eficiencias de conducción (E_c) y de aplicación (E_a), esto es:

$$L_b = L_n / (E_c \cdot E_a)$$

Donde: L_b y L_n en mm

E_c y E_a en decimal

2.4. Conclusiones del capítulo II

Con los datos obtenidos en campo, se procederá a realizar el análisis cualitativo por medio de “análisis de discurso”, el cual es el más óptimo por la estructura de la entrevista y la forma en que los entrevistados respondieron a las preguntas; se obtendrán resultados y conclusiones de acuerdo a las opiniones de los agricultores. Para la parte técnica se hará la aplicación de los datos técnicos y estadísticos obtenidos y descritos en este capítulo, se analizarán tres de los cultivos más comunes de la zona de estudio, como son maíz, avena y alfalfa aplicando el “Método de Blaney-Criddle”. También se analizará la forma en que se pueda conducir el agua para obtener resultados y así dar sugerencias sobre la manera de conducir el agua residual tratada.

De esta manera, en el siguiente capítulo, se podrán dar resultados y conclusiones pertinentes al caso de estudio.

CAPÍTULO III. Caso de estudio. Resultados

3.1. Introducción

Como ya se indicó en el apartado metodológico, las fuentes de información utilizadas en esta investigación fueron de dos tipos: documental y de campo. En este capítulo se presenta, primordialmente, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el trabajo de campo, a través de la encuesta aplicada a quince productores; así como también se analizan e interpretan los resultados en el aspecto técnico por medio del método de Blaney- Criddle.

3.2. Análisis de la información

3.2.1. Aspectos sociales

En un análisis cualitativo, el material debe de encontrarse muy bien organizado; el analista reduce datos pero con mucho cuidado de no perder información; el análisis de los datos no está determinado completamente, sino que es prefigurado o sea, se comienza a efectuar bajo un plan general, pero su desarrollo va sufriendo modificaciones de acuerdo con los resultados (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

Para la parte social se tomaron las respuestas de los quince entrevistados y se realizó un “análisis de discurso”, analizándose cada respuesta, englobando a cada entrevistado, el cual se presenta a continuación:

Interpretación de los resultados de acuerdo a los reactivos aplicados (anexoIV)

- ¿Es usted dueño o encargado de la parcela?

Nos damos cuenta que la relación que existe entre el trabajador y las tierras de cultivo es de varios tipos. Uno es ser mediero, lo que significa que es el que va a medias con otro, en este caso, es la persona que trabaja la parcela y por lo general va a medias con el dueño de dicha parcela, los dos involucrados deben de llegar a un acuerdo donde definan, tanto sus obligaciones como la cantidad o porcentaje que recibirán de la cosecha.

Otro es el dueño, es el que posee la parcela, el que tiene escrituras que lo definen como dueño de esa parcela y que además él mismo la trabaja.

El siguiente es el encargado, esta persona es el que realiza el trabajo en la parcela, por un sueldo previamente definido entre él y el dueño de la parcela.

El rentero es aquel que paga una cantidad de dinero cada cierto tiempo al dueño de la parcela, cantidad que se estipula con anterioridad.

También se encuentran los ayudantes tanto del mediero como del rentero, a estos se les paga un sueldo semanal.

Otros involucrados son los parientes de los dueños, por ejemplo tenemos al sobrino de la dueña, el cual trabaja la parcela de la tía.

De las personas entrevistadas tenemos la siguiente clasificación con referencia a la

relación que tienen con la tierra que trabajan:

Mediero	6.67 %
Dueño	40.00 %
Encargado	20.00 %
Rentero	20.00 %
Ay. del mediero	6.67 %
Ay. del rentero	6.66 %

- ¿Qué tipos de cultivos acostumbra regar?

Los tipos de cultivos que más acostumbran sembrar son: cereales: maíz, avena y sorgo. Leguminosas: frijol, ejote, chícharo, frijol ejotero, cacahuate. Semilla: haba. Bulbos: cebolla rábano. De fruto: calabacita, calabaza, pepino, chile, jitomate. De hoja: repollo, acelga. Brotes: alfalfa, cilantro. Tubérculos: camote, jícama. Frutas secas: nueces. Frutas: melón, sandía. Y floricultura. Pero, estos son cultivos que por tradición, costumbre y necesidades de autoalimentación están sembrando en la región, son cultivos que se regaban con aguas limpias para el riego de cualquier cultivo. Son pocos los cultivos que se están regando propios para las aguas tratadas. Las personas de la zona están acostumbradas a sembrar cultivos que anteriormente regaban con agua limpia, solamente el 20 % indicó que riega cultivos para forraje. Se debe de informar e instruir a la gente para que sepa qué tipo de cultivos debe de regar con el agua tratada.

- ¿Qué sabe usted del agua tratada?

Parte de las personas que están utilizando esta agua tratada la consideran buena para la siembra porque saben que tiene muchos nutrientes, y que les indicaron que tiene una calidad de 03, por lo que consideran que las condiciones del agua son propias para el trabajo que ellos desempeñan y muy provechosa para sus cultivos. Por otra parte hay personas que dudan si el agua tratada les va a servir, o que tanto, bueno o malo, o si les va a afectar en los cultivos que quieren sembrar. Otras personas no saben nada sobre el agua tratada ya sea porque no les interesa o

porque sus cultivos los riegan con agua de pozo o están esperando hasta que se arregle la situación del agua tratada, o simplemente sólo saben que es agua reciclada. Otros prefieren bombear y regar con agua del río combinada con aguas negras porque saben que el río filtra naturalmente el agua y dicen que está más limpia que la de la tratadora, otros factores por lo que no les convence el agua tratada es el olor y que deja costra en la tierra.

Sobre el conocimiento que la gente tiene de lo que es el agua residual tratada la mayoría opina que no tiene conocimiento de ella.

Opiniones:

Buena	33.33 %
Duda	6.67 %
Mala	6.67 %
No sabe	53.33 %

De las personas que no saben, el 13.33 % es porque no les ha interesado el agua tratada, tienen pozo para regar sus tierras.

- ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para riego de cultivos?

Algunas gentes del campo están contentas y sienten un gran estímulo, porque al contar con esta agua tratada, se revivió una región que estaba muerta y quieren echarle ganas al trabajo. Saben que habiendo agua para riego, ésta, es una gran ayuda para el pueblo porque se genera trabajo. Dicen que el agua está al puro tiro para ser aprovechada, que su sanidad es buena y es la mejor para los cultivos que se siembran en la región, con ella se pueden sacar buenos productos de las cosechas, que al consumirlos no afectan al cuerpo humano, estas personas hacen la comparación del agua residual con el agua ya tratada y les parece una buena opción usar el agua tratada porque ya viene limpia y es un beneficio para todos. Otras personas todavía no se atreven a dar una opinión y tienen duda porque no ven el agua tratada lo suficientemente limpia, piensan que le falta tratamiento. Una persona indicó que él no la usaría en sus cultivos porque tiene mucho cloro y este afecta al producto.

En relación a usar agua tratada para el riego de cultivos, la gente está muy entusiasmada porque ya se cuenta con un recurso hídrico el cual se puede aprovechar para reactivar la región agrícola, y por consecuencia la generación de empleos.

Opiniones:

Acepta el uso del agua tratada	86.66 %
No opina sobre el uso del agua tratada	6.67 %
Opina que no es bueno el uso del agua tratada	6.67 %

- ¿Qué información se le ha dado acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Con respecto a la información acerca del aprovechamiento del agua tratada, que se les ha hecho llegar a los usuarios, algunos indican que hasta el momento no tienen información al respecto, otros tuvieron contacto con autoridades anteriores las cuales les comentaron sobre un proyecto que tenían preparado, haciéndoles saber que iban a poner tomas de agua y sobretodo informándoles que el agua debe de tener un precio de venta para poder mantener en buen estado la planta tratadora. Con el cambio de autoridades los usuarios han tratado de acercarse a ellas, pero se les ha dicho, por medio del secretario de Desarrollo Social, que esa agua está contaminada y que sirve solamente para regar árboles y plantas de ornato, y para eso va a poner un encargado para repartir el agua, por lo que no están de acuerdo porque en esta zona se pueden regar más cultivos. Por otra parte se les ha prometido que ya se va a poner a funcionar el sistema de aguas tratadas, lo que no se ha hecho realidad, por lo que han decidido mandar una solicitud firmada por todos ellos, dirigida a la presidencia municipal, para pedir apoyo.

De la información, acerca de cómo se debe de aprovechar el agua tratada, que se les ha proporcionado a los usuarios, el 66.67 % no ha recibido ninguna información al respecto, a otras personas, las autoridades correspondientes, solamente les han hecho comentarios sin ninguna base de trabajo o simplemente promesas que no les han cumplido.

- ¿Cómo cree usted que debería de conducirse el agua tratada?

La opinión que la gente tiene sobre la forma que debería de conducirse el agua tratada es variada de acuerdo a lo que conocen y han estado acostumbrados a usar. Unos dicen que debería ser por medio de canal de concreto con compuerta en cada predio como si fuera una toma de agua, con este canal se impide que se escape el agua y se desperdicie, pero si son pocos los que van a regar con esta agua, está bien así, que se limpien las acequias y que se usen todos sus secundarios porque están completos, y así se aprovecha la filtración para los mantos freáticos, y no se tendría que invertir más que en la limpieza de las acequias. Otros opinan que se entube el agua tratada y se coloquen tomas con válvula en cada predio para evitar desperdicio. En la campaña del gobierno actual se les dijo que el agua se iba a entubar o a limpiar la acequia para mantener en buen estado los nogales, y una persona de Desarrollo Social les indicó que se iba a poner una llave de entrada en cada predio.

Para la forma que se debería de conducir el agua tratada se tienen las siguientes opiniones según la experiencia de los entrevistados:

Canal de concreto	46.66 %
Acequia existente	26.67 %
Tubería de PVC	26.67 %

- ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

En estos momentos algunos de los usuarios no tiene una idea clara sobre cuáles son los cultivos que se recomiendan regar con agua tratada, algunos están regando de todo como lo hacían anteriormente con agua limpia de la acequia, otros usan esta agua para regar cultivos cuyo producto no tenga contacto con el agua para evitar su contaminación, otros riegan pastura o árboles frutales como el nogal.

Con respecto a los cultivos que los usuarios de la zona consideran regar con el agua tratada, el 33.33 % de los entrevistados indican que se puede regar de todo y el 20 % dice no saber. El restante 46.67 % tiene alguna noción o tiene dudas al respecto, por

lo que se requiere asesoramiento para la buena aplicación de esta agua.

- ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

No se ha definido una forma de repartir el agua por falta de organización e interés, tanto de las autoridades como de los propietarios de las parcelas, no se tiene un encargado que organice el reparto del agua tratada. En estos momentos, es poca la gente que está trabajando las tierras, hay varias tierras abandonados porque dicen que ya no costea trabajarlas. A estas personas les falta comunicación y unión para ponerse de acuerdo y tener alguna junta o reunión donde se obtenga una propuesta y presentársela a las autoridades correspondientes para llegar a una solución. También falta una parte del sistema de la planta tratadora que no ha sido conectada, todavía no está terminado y algunos usuarios están esperando que se resuelva esta situación y ver qué pasa para pedir información. Las autoridades correspondientes deben de acercarse, incentivar y organizar a los agricultores que están interesados en el uso del agua tratada.

No se ha definido una forma de repartir el agua tratada porque los usuarios no saben exactamente quién o quiénes son los responsables de organizar e indicar cómo repartir el agua tratada. El 33.33 % dice que las autoridades municipales son las indicadas, las cuales no tienen ningún interés, el 46.67 % dice que son ellos mismos los que no han mostrado un interés para llegar a un acuerdo, el otro 20 % dice que no sabe quién deba de organizar o indica que el sistema debe ser terminado antes de tomar alguna decisión.

- ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Por principio de cuentas los agricultores de la región no son muy comunicativos entre ellos. Hay trabajadores de parcelas que no quieren usar esta agua porque dicen que no está limpia, que les deja algunos residuos y que huele mal, parece ser que es gente que no tiene información sobre el agua tratada, otros opinan que sí sirve para la siembra y sería muy bueno aprovecharla y de gran beneficio. En estos momentos

los más beneficiados son las personas que tienen sus tierras cercanas a la planta tratadora, además la planta tratadora está ubicada al lado de la acequia de los Aguacates y no se han tomado en cuenta a las personas de la acequia del Salitre que es la del otro lado del río, y el agua se debe de compartir entre las dos acequias. Según los agricultores de la región, no hay mucha comunicación entre ellos, pero son variados los comentarios que han escuchado de sus vecinos, uno de los más significativos es el comentario que hacen acerca de quiénes y cuantos van a ser los beneficiarios del agua tratada, si solamente los que están cerca de la planta tratadora, que corresponde a los agricultores de la acequia de los Aguacates, o también a los que están del otro lado del río que son los agricultores que corresponden a la acequia del Salitre.

- ¿Cuál es la confianza que tiene usted en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Algunos agricultores no tienen la confianza y tampoco se animarían a consumir los productos regados con aguas tratadas. "Ellos no se los comerían", pero están consientes que probablemente ya han comido de estos productos porque no se han dado cuenta ni se han enterado con qué tipo de agua los han regado. Por otra parte están los que sí se comerían, con mucha confianza, cualquier producto regado con agua tratada, y algunos otros mientras no les pase nada seguirán consumiéndolos, otros solamente consumirán productos que sean propios de regar con el agua tratada.

La confianza que tienen los agricultores para consumir los productos obtenidos con riego de agua tratada son variados, el 40 % de los entrevistados dice que sí los consumiría, otro 40 % dice que no y el 20 % restante no contestó.

3.2.2. Aspectos técnicos

Se analizaron y se obtuvieron los resultados de tres cultivos: maíz, avena y alfalfa, los cuales son representativos de la zona de estudio al ser, por una parte, de los más

comúnmente sembrados por los agricultores, y por otra, por ser de los cultivos apropiados para regar con las aguas tratadas de la planta tratadora de la región, según La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Con base en el acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la secretaría de medio ambiente y recursos naturales, así como la ratificación de las mismas previa a su revisión quinquenal, publicado en el diario oficial de la federación el 23 de abril del 2003.

Interpretación de resultados de los aspectos técnicos

En base al gasto de la planta de tratamiento que es igual a 30 l/s, al análisis de estos tres cultivos y al tipo de conducción, se podrá obtener la cantidad de área de cultivo a regar, por ejemplo:

$$\text{Vol. anual (planta tratadora)} = Q \cdot t = (0.03 \text{ m}^3/\text{s}) (365) (86400) = 946080 \text{ m}^3$$

Los volúmenes necesarios de agua anuales de los tres cultivos son los siguientes:

Maíz: 524.16 mm

Avena: 524.16 mm

Alfalfa: 1497.60 mm

Si suponemos la alfalfa y el tipo de conducción riego por gravedad con canales revestidos para un pequeño distrito tendremos que:

$$L_b = L_n / (E_c \cdot E_a)$$

$$L_n = 1497.60 \text{ mm}$$

$$E_c = 85 \%$$

$$E_a = 70 \%$$

$$\text{Entonces: } L_b = 1497.60 \text{ mm} / (0.85 \cdot 0.70) = 2516.97 \text{ mm}$$

$$\text{Por lo tanto: } 946080 \text{ m}^3 / 2.51697 \text{ m} = 375880.52 \text{ m}^2$$

Tendremos que:

$$375880.52 \text{ m}^2 = 37.60 \text{ Ha}$$

Se podrán regar 37.60 Ha de alfalfa en el año.

Ahora bien, si se quiere regar solamente 15 Ha de alfalfa y para el área restante regar maíz y avena tendremos que:

$$L_b = L_n / (E_c \cdot E_a)$$

$$L_n = 1048.32 \text{ mm}$$

$$E_c = 85 \%$$

$$E_a = 70 \%$$

$$\text{Entonces: } L_b = 1048.32 \text{ mm} / (0.85 \cdot 0.70) = 1761.88 \text{ mm}$$

Por lo que:

$$946080 \text{ m}^3 = (2.51697 \text{ m}) (150000 \text{ m}^2) + (1.76188 \text{ m}) (A)$$

$$A = 322686.28 \text{ m}^2 = 32.27 \text{ Ha}$$

Por lo tanto, se podrán regar 15 Ha de alfalfa y 32.27 Ha entre maíz y avena al año.

De esta manera podremos calcular las hectáreas posibles de riego en base al gasto de la planta tratadora, al cultivo que se quiera sembrar y al tipo de conducción que se pretenda implementar.

A continuación se presenta el desarrollo analítico descrito en el capítulo II apartado 2.3. Proceso técnico de análisis; del proceso siguiente se obtuvieron los datos para la interpretación de resultados de los aspectos técnicos mencionados en el punto anterior:

Método de Blaney-Criddle

MAÍZ

Uso Consuntivo:

$$U.C. = K_t \cdot K_c \cdot p (0.457 T + 8.128)$$

$$K_t = 0.03114 T + 0.2396$$

CONCEPTO	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Temperatura media mensual (T) en °C	22.0	21.0	21.1	20.3
Coefficiente climático (Kt)	0.9256142	0.8929172	0.8969654	0.871742
Coefficiente de cultivo (Kc)	0.5	0.85	1.08	0.93
Porcentaje de horas luz (p)	9.05	9.29	8.98	8.29
Uso Consuntivo (U.C.)	76.2109892	124.913123	154.629371	116.977402

Lámina de agua utilizable:

$$L_p = \frac{(C.C. - P.M.P.) D_a}{100} P_r \quad L_r = 0.50 L_p$$

capacidad de campo	C.C.	14%
punto de marchitamiento permanente	P.M.P.	6%
densidad aparente	Da	1.56
profundidad radicular	Pr	1200mm

Lp	149.76 mm
Lr	74.88 mm

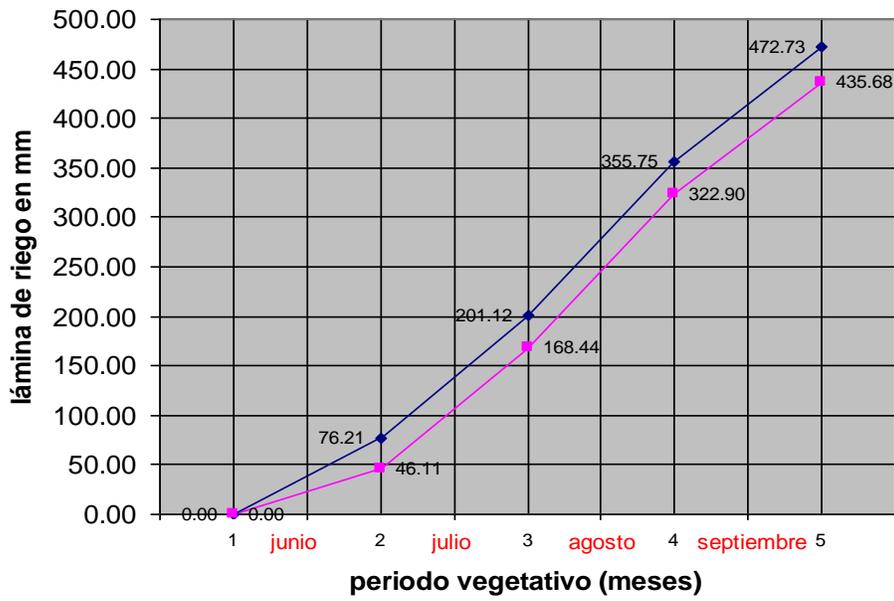
Estimación de la lluvia efectiva mensual por el método del U.S. SOIL Conservation Service

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Lluvia media mensual, en mm	61.2	61.6	58.2	70.9
uso consuntivo mensual, en mm	76.21	124.91	154.63	116.98
precipitación efectiva media mensual, en mm	41.76	45.33	45.57	51.40
Precipitación efectiva corregida por lámina de riego, en mm	41.75	45.32	45.56	51.39
Precipitación efectiva adoptada, en mm	41.75	45.32	45.56	51.39
Precipitación efectiva final (corregida por probabilidad de ocurrencia), en mm	30.10	32.68	32.85	37.05

Uso consuntivo acumulado			
Junio	Julio	Agosto	Septiembre
76.21	124.91	154.63	116.98
	201.12		
		355.75	
			472.73

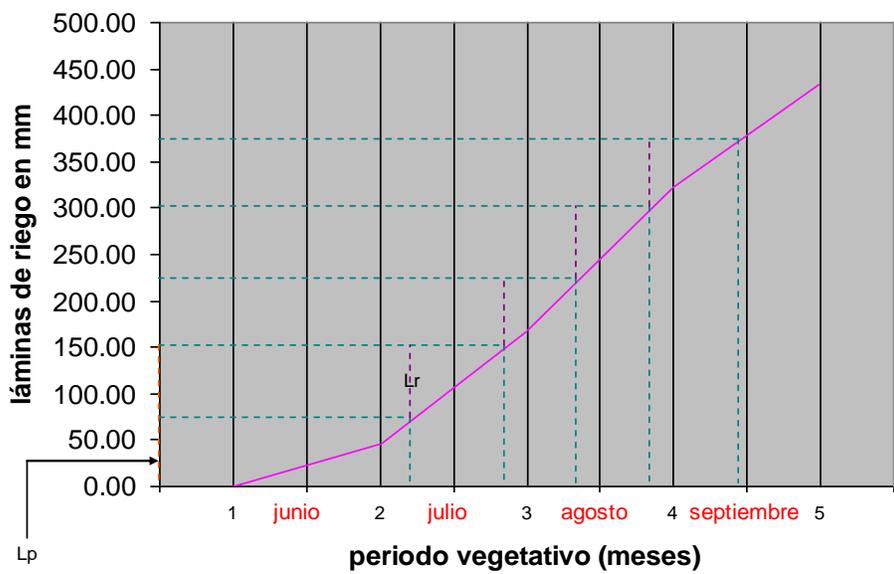
Uso consuntivo acumulado - Lluvia efectiva final			
Junio	Julio	Agosto	Septiembre
46.11	168.44	322.90	435.68

ESTIMACIÓN DEL CALENDARIO DE RIEGOS



◆ curva de uso consuntivo acumulado (U.C.A.)
■ curva de U.C.A. menos lluvia efectiva

ESTIMACIÓN DEL CALENDARIO DE RIEGOS



— curva de U.C.A. menos lluvia efectiva

CALENDARIO DE RIEGOS

Lp	15 de mayo
1° riego (Lr)	5 de julio
2° riego (Lr)	24 de julio
3° riego (Lr)	10 de agosto
4° riego (Lr)	24 de agosto
5° riego (Lr)	27 de septiembre

Volumen de agua anual necesario = 149.76 mm (Lp) + 5[74.88 mm (Lr)] = 524.16 mm

AVENA

Uso Consuntivo:

$$U.C. = K_t \cdot K_c \cdot p (0.457 T + 8.128)$$

$$K_t = 0.03114 T + 0.2396$$

CONCEPTO	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Temperatura media mensual (T) en °C	18.3	16.3	14.6	14.2	16.0
Coeficiente climático (Kt)	0.8107076	0.747182	0.6939326	0.6820994	0.73784
Coeficiente de cultivo (Kc)	0.33	1.09	1.60	1.27	0.76
Porcentaje de horas luz (p)	8.15	7.54	7.62	7.71	7.24
Uso Consuntivo (U.C.)	35.997020 6	95.655699 7	125.17733 7	97.658861 1	62.684714 2

Lámina de agua utilizable:

$$L_p = \frac{(C.C. - P.M.P.) D_a}{100} P_r \quad L_r = 0.50 L_p$$

capacidad de campo	C.C =	14%
punto de marchitamiento permanente	P.M.P.=	6%
densidad aparente	Da =	1.56
profundidad radicular	Pr =	1200mm

Lp =	149.76 mm
Lr =	74.88 mm

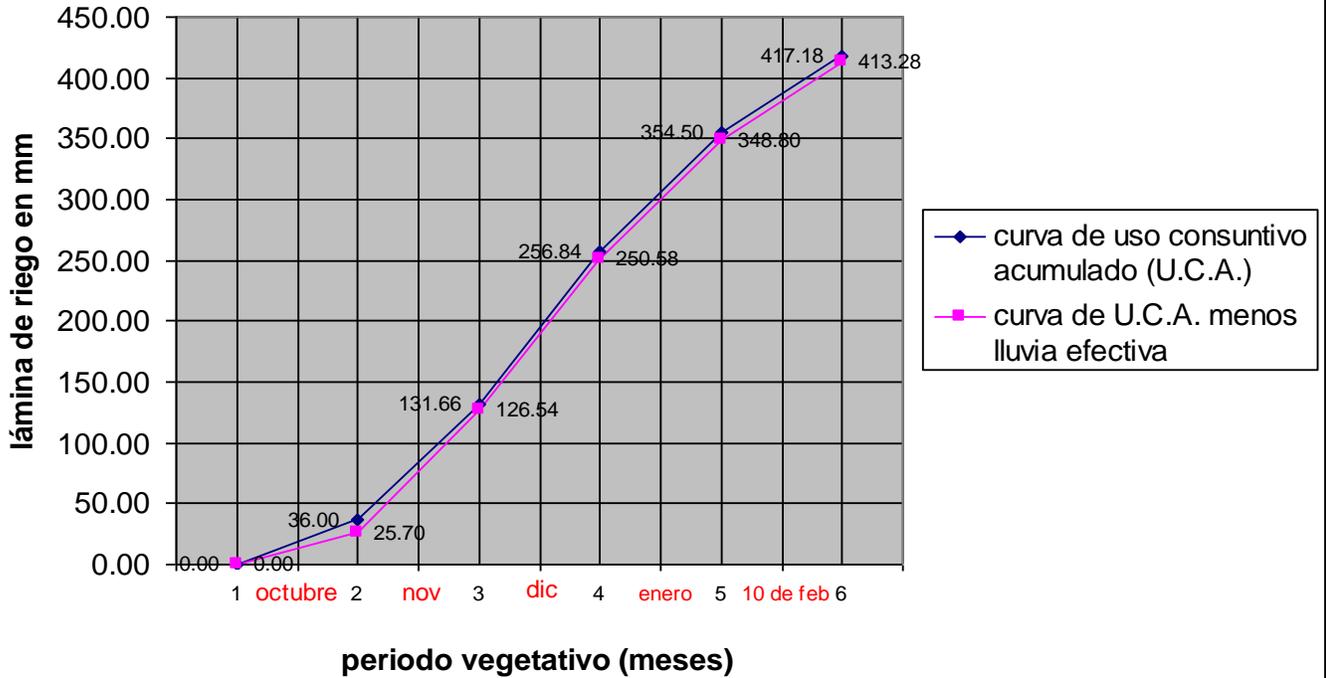
Estimación de la lluvia efectiva mensual por el método del U.S. SOIL Conservation Service

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Lluvia media mensual, en mm	23.0	7.1	13.3	7.9	5.4
uso consuntivo mensual, en mm	36.00	95.66	125.18	97.66	62.68
precipitación efectiva media mensual, en mm	14.28	7.10	9.81	7.90	5.40
Precipitación efectiva corregida por lámina de riego, en mm	14.28	7.10	9.81	7.90	5.40
Precipitación efectiva adoptada, en mm	14.28	7.10	8.68	7.90	5.40
Precipitación efectiva final (corregida por probabilidad de ocurrencia), en mm	10.30	5.12	6.26	5.70	3.89

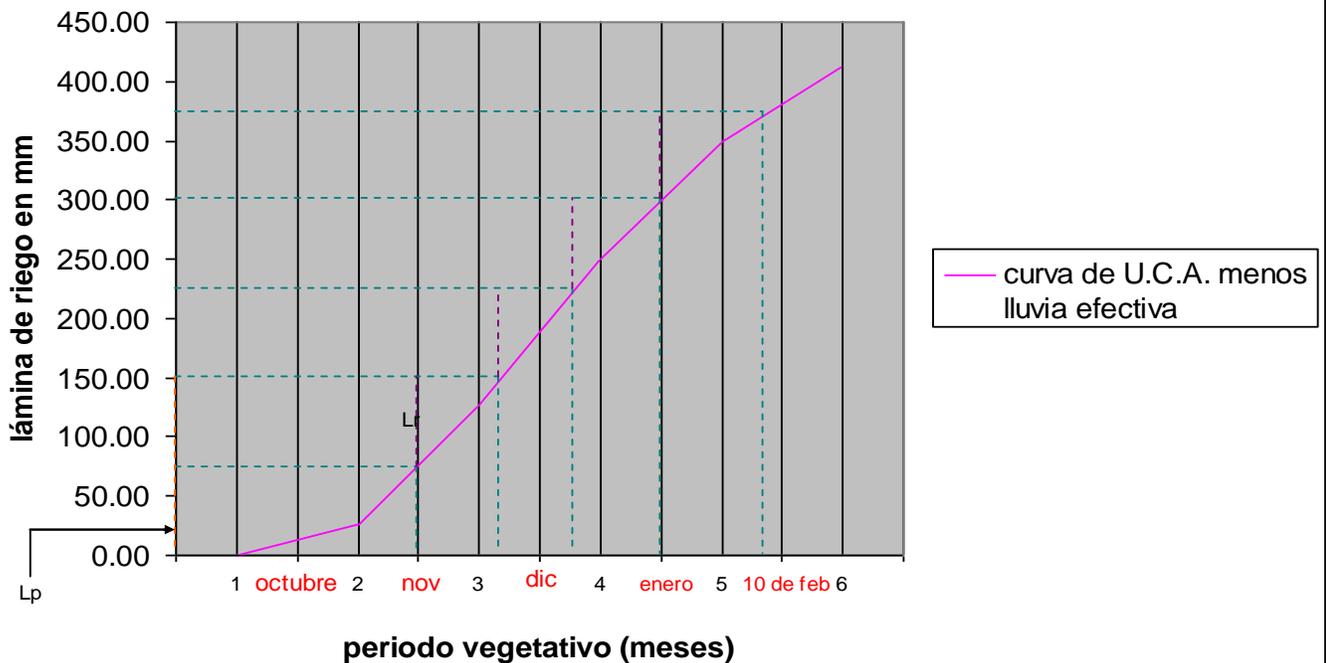
Uso consuntivo acumulado				
Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
36.00	95.66	125.18	97.66	62.68
	131.66			
		256.84		
			354.50	
				417.18

Uso consuntivo acumulado - Lluvia efectiva final				
Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
25.70	126.54	250.58	348.80	413.28

ESTIMACIÓN DEL CALENDARIO DE RIEGOS



ESTIMACIÓN DEL CALENDARIO DE RIEGOS



Calendario de riegos

Lp	15 de septiembre
1° riego (Lr)	15 de noviembre
2° riego (Lr)	4 de diciembre
3° riego (Lr)	8 de diciembre
4° riego(Lr)	15 de enero
5° riego (Lr)	4 de febrero

Volumen de agua anual necesario = 149.76 mm (Lp) + 5[74.88 mm (Lr)] = 524.16 mm

ALFALFA

Uso Consuntivo:

$$U.C. = Kt \cdot Kc \cdot p (0.457 T + 8.128)$$

$$Kt = 0.03114 T + 0.2396$$

CONCEPTO	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura media mensual (T) en °C	14.2	16.0	19.0	21.1
Coeficiente climático (Kt)	0.6820994	0.73784	0.8318828	0.8975882
Coeficiente de cultivo (Kc)	0.65	0.75	0.85	1.00
Porcentaje de horas luz (p)	7.71	7.24	8.40	8.54
Uso Consuntivo (U.C.)	49.9828816	61.8599153	99.90563	136.324674

CONCEPTO	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Temperatura media mensual (T) en °C	22.5	22.0	21.0	21.1
Coeficiente climático (Kt)	0.9390044	0.9256142	0.8929172	0.8969654
Coeficiente de cultivo (Kc)	1.10	1.13	1.12	1.08
Porcentaje de horas luz (p)	9.18	9.05	9.29	8.98
Uso Consuntivo (U.C.)	174.396252	172.236836	164.59141	154.629371

CONCEPTO	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media mensual (T) en °C	20.3	18.3	16.3	14.6
Coeficiente climático (Kt)	0.871742	0.8107076	0.747182	0.6939326
Coeficiente de cultivo (Kc)	1.00	0.90	0.80	0.65
Porcentaje de horas luz (p)	8.29	8.15	7.54	7.62
Uso Consuntivo (U.C.)	125.782153	98.1736926	70.2060181	50.853293

Lámina de agua utilizable:

$$L_p = \frac{(C.C. - P.M.P.) D_a}{100} P_r \quad L_r = 0.50 L_p$$

capacidad de campo	C.C.	14%
punto de marchitamiento permanente	P.M.P.	6%
densidad aparente	Da	1.56
profundidad radicular	Pr	1500mm

Lp	187.20 mm
Lr	93.60 mm

Estimación de la lluvia efectiva mensual por el método del U.S. SOIL Conservation Service

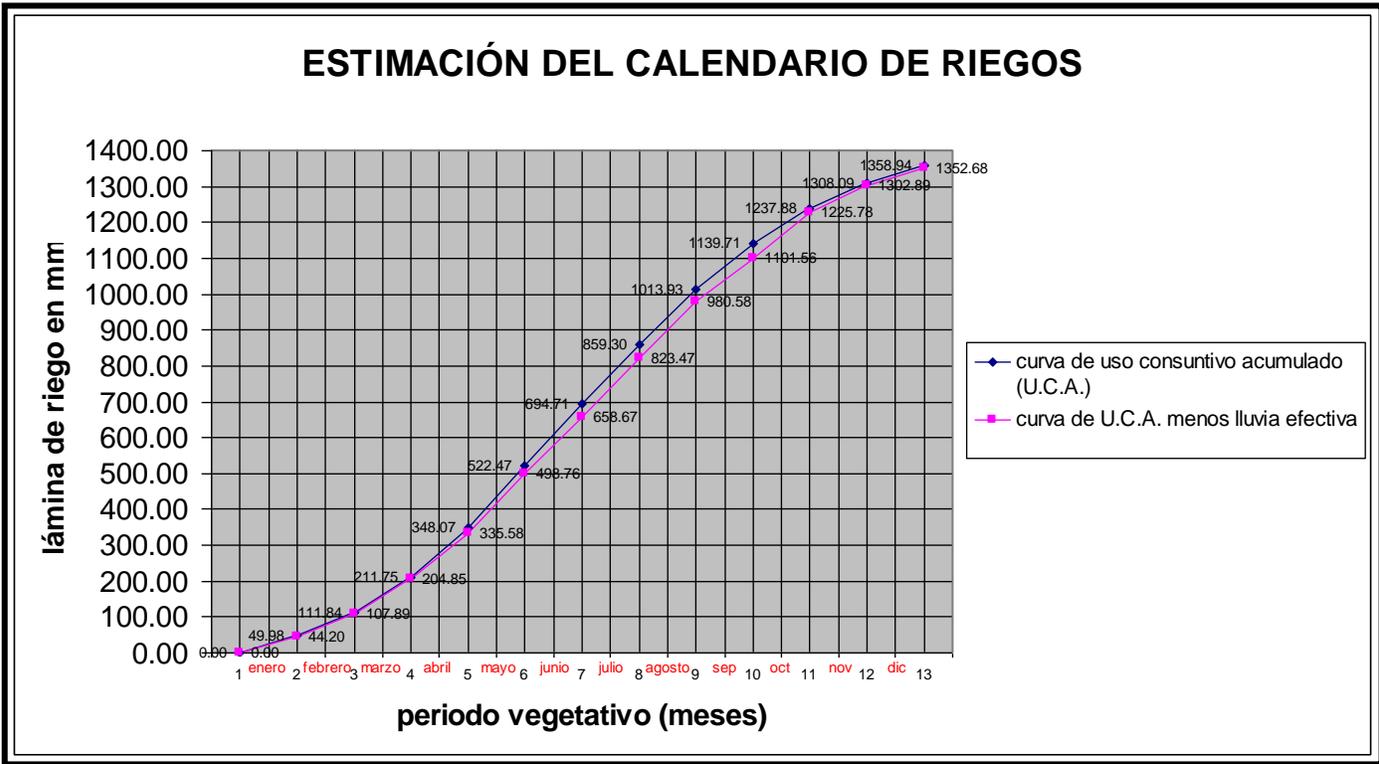
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Lluvia media mensual, en mm	7.9	5.4	13.1	22.4
uso consuntivo mensual, en mm	49.98	61.86	99.91	136.32
precipitación efectiva media mensual, en mm	7.90	5.40	9.43	17.07
Precipitación efectiva corregida por lámina de riego, en mm	8.02	5.48	9.57	17.33
Precipitación efectiva adoptada, en mm	8.02	5.48	9.57	17.33
Precipitación efectiva final (corregida por probabilidad de ocurrencia), en mm	5.78	3.95	6.90	12.49

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Lluvia media mensual, en mm	38.9	61.2	61.6	58.2
uso consuntivo mensual, en mm	174.4	172.24	164.59	154.63
precipitación efectiva media mensual, en mm	32.39	49.24	48.96	45.57
Precipitación efectiva corregida por lámina de riego, en mm	32.88	49.98	49.69	46.25
Precipitación efectiva adoptada, en mm	32.88	49.98	49.69	46.25
Precipitación efectiva final (corregida por probabilidad de ocurrencia), en mm	23.71	36.04	35.83	33.35

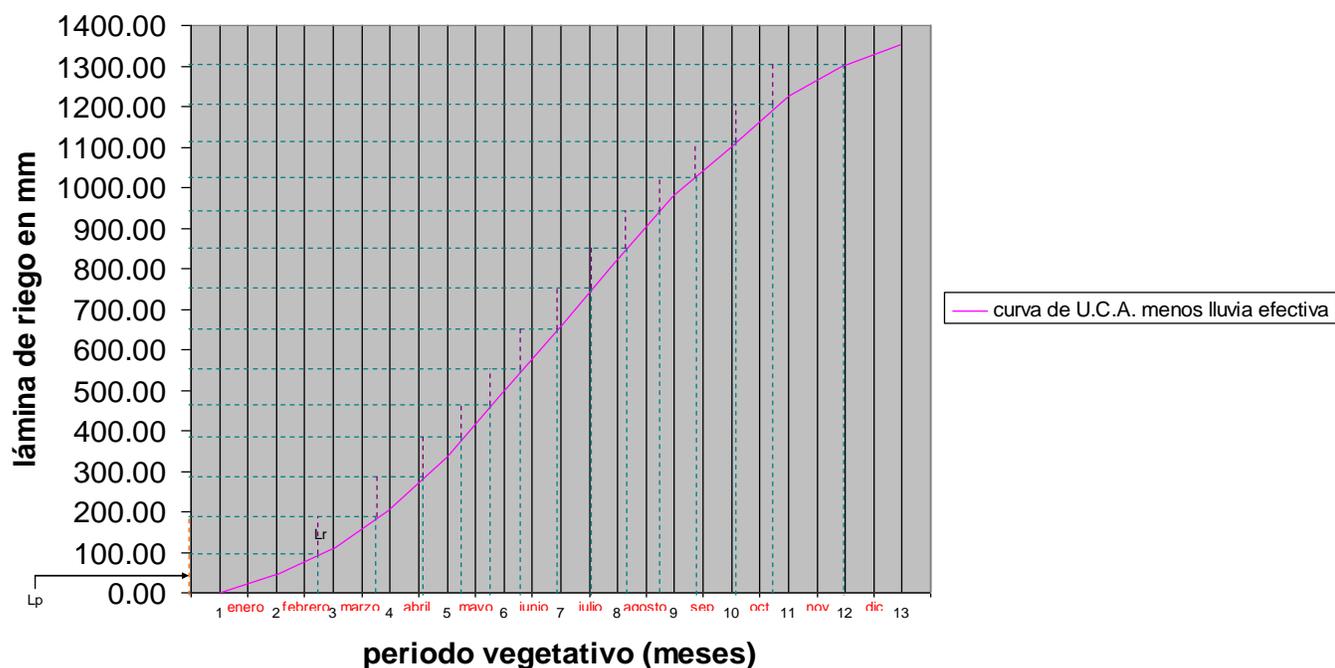
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Lluvia media mensual, en mm	70.9	23.0	7.1	13.3
uso consuntivo mensual, en mm	125.78	98.17	70.21	50.85
precipitación efectiva media mensual, en mm	52.13	16.53	7.10	8.55
Precipitación efectiva corregida por lámina de riego, en mm	52.91	16.78	7.21	8.68
Precipitación efectiva adoptada, en mm	52.91	16.78	7.21	8.68
Precipitación efectiva final (corregida por probabilidad de ocurrencia), en mm	38.15	12.10	5.20	6.26

Uso consuntivo acumulado											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
49.98	61.86	99.91	136.32	174.4	172.24	164.59	154.63	125.78	98.17	70.21	50.85
	111.84										
		211.75									
			348.07								
				522.47							
					694.71						
						859.3					
							1013.93				
								1139.71			
									1237.88		
										1308.09	
											1358.94

Uso consuntivo acumulado - Lluvia efectiva final											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44.20	107.89	204.85	335.58	498.76	658.67	823.47	980.58	1101.56	1225.78	1302.89	1352.68



ESTIMACIÓN DEL CALENDARIO DE RIEGOS



CALENDARIO DE RIEGOS

Lp	15 de diciembre
1° riego (Lr)	7 de febrero
2° riego (Lr)	9 de marzo
3° riego (Lr)	3 de abril
4° riego (Lr)	9 de mayo
5° riego (Lr)	23 de mayo
6° riego (Lr)	9 de junio
7° riego (Lr)	28 de junio
8° riego (Lr)	18 de julio
9° riego (Lr)	5 de agosto
10° riego (Lr)	24 de agosto
11° riego (Lr)	11 de septiembre
12° riego (Lr)	3 de octubre
13° riego (Lr)	23 de octubre
14° riego (Lr)	30 de noviembre

Volumen de agua anual necesario = 187.2 mm (Lp) + 14[93.60 mm (Lr)] = 1,497.6mm

3.3. Conclusiones del capítulo III

Del total de personas entrevistadas, solamente el 40 % son dueños de la parcela y que la trabajan directamente; con este recurso hídrico: ¿qué tan atractiva (ecológica y económicamente) pudiera ser la zona de estudio para que los propietarios de las parcelas quisieran invertir, sobre todo su tiempo, para el desarrollo de la región?

Con el efluente que actualmente genera la PTAR no se podrá regar en su totalidad, para fines agrícolas, el área de estudio. La muestra tomada en campo (agricultores entrevistados) se encontró dispersa en las aproximadamente 80 hectáreas.

El implementar un sistema más eficiente llevaría a una inversión económica mayor pero, que a la larga, esta eficiencia, daría más área de riego y por consecuencia más agricultores beneficiados, mayor producción y financieramente su recuperación sería rápida. Cualquiera que fuere la técnica que se implemente, se tendría que capacitar a los agricultores en el uso y manejo de esta agua residual tratada.

Al definir el uso y manejo del agua residual tratada, los agricultores podrán obtener productos confiables y de calidad.

A los agricultores de la región se les debe de orientar y capacitar para que tengan el conocimiento sobre cuáles son las características y cualidades del agua residual tratada que están utilizando y qué cultivos son los más óptimos para regar con esta agua.

Con respecto al manejo (conducción) del agua se tiene una opinión mayoritaria para el uso de canales de concreto que, parece ser, es de lo que más conocimiento tienen los agricultores.

Los agricultores, hasta la fecha, no se han organizado de tal manera que puedan contactarse con las autoridades u organismo gubernamental al cual le compete la administración de estas aguas, y ponerse de acuerdo para definir un uso y manejo del agua que más convenga.

Los tres cultivos analizados en el capítulo anterior son de los cultivos que

actualmente se siembran en la zona de estudio, y que son propios para regarse con agua residual tratada.

La conducción del agua, por medio de canales de concreto, sería relativamente económica, ya que se podrían aprovechar las antiguas acequias. Técnicamente, si se utilizara canales de concreto, se podrían regar 47.27 Hectáreas, pero si se implementa otro tipo de conducción, como el de aspersión o por goteo, la eficiencia sería mayor y se podrían cubrir más hectáreas de riego.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES

4.1. Introducción

En el caso de estudio se ha propuesto que el agua residual tratada puede usarse en cultivos como el maíz, avena y la alfalfa sin ningún inconveniente, siendo estos cultivos, como ya se indicó en el capítulo V, de los que más se siembran en la zona de estudio, lo que no quiere decir que sean los únicos cultivos propios para regar con esta agua, se puede hacer el análisis, para este uso del agua, en variadas siembras como las que indican los agricultores en las entrevistas, siempre en base a las normas establecidas para el uso agrícola de dicha agua.

En lo que respecta al manejo del agua residual tratada, se tomó como propuesta la conducción por gravedad a través de canales revestidos por ser ésta la que los agricultores de la zona de proyecto conocen y por las características físicas del terreno; por supuesto que existen otras alternativas para este manejo que podrían resultar más eficientes en el aprovechamiento del agua, estas alternativas se tendrían que analizar de acuerdo a todo el ambiente (social, económico, cultural, ecológico) que implica a la zona de estudio para llegar a la mejor opción.

4.2. Desarrollo de la discusión

El agua, como ya se ha mencionado, es un bien preciado. Existen regiones, como las áridas y semiáridas, en donde el agua es escasa tanto para consumo humano,

consumo animal y para la producción agrícola, por lo que se deben de tomar alternativas sustentables para abastecer a la población de este vital líquido; tal es el caso para suministrar agua para riego agrícola, y en particular en las zonas de tierras de cultivo que rodean la mancha urbana, donde una muy buena alternativa es el uso del agua residual tratada. En el caso de investigación, la cabecera municipal de Santa María del Río cuenta con una PTAR cuyo efluente no es aprovechado de la mejor manera; en este estudio de caso se ha propuesto una alternativa de uso y manejo del agua residual tratada para el riego agrícola en base a un estudio social y a un estudio técnico, dejando abierta la posibilidad de proponer otras alternativas de uso y manejo de esta agua en esta cabecera municipal.

4.3. Principales hallazgos de la investigación

En los procesos de recorrido para conocer la zona de estudio y en el de la aplicación de las entrevistas se tuvo contacto con un agricultor, usuario del agua residual tratada, el cual siembra cebolla, la cebolla es un bulbo que por consecuencia tiene contacto directo con la tierra regada y se puede contaminar, parte de este producto se manda al mercado local y otra parte para autoconsumo, se comprobó que algunas personas consumen este producto en fresco , con el riesgo de que contraigan alguna enfermedad de origen gastrointestinal.

Los pocos agricultores que todavía siembran en esta zona, comienzan a desesperarse y a desilusionarse a tal grado de pensar en tener que abandonar sus tierras y buscar otro medio de vida, como ya lo han hecho otros, porque dicen que las autoridades competentes no le dan una solución al uso y manejo del agua residual tratada para su mejor aprovechamiento.

4.4. Recomendaciones para iniciar un proceso de gestión

Con el fin de impulsar un modelo de gestión local se recomienda:

- 1) Establecer una mesa de diálogo y negociación entre los actores participantes.
- 2) Realizar un censo, basado en el caudal de agua que sale de la PTAR, para saber

cuántos y quiénes serían los agricultores beneficiados con esta agua.

- 3) Contratar a personal calificado (que tenga conocimiento y experiencia en agua residual tratada) para que informe y capacite a los agricultores, sobre lo que es el agua residual tratada, la manera de usarla, sus beneficios y sus limitaciones y riesgos.
- 4) Apoyo técnico especializado en modelos de gestión.

4.5. Agenda a futuro

En este punto se agendan estudios complementarios a este proyecto que se pueden realizar a futuro:

- 1) El proyecto sobre la administración de la PTAR y el agua residual tratada.
- 2) Hablando de riego agrícola: estudiar si es viable; sobre todo en lo social, económico y medioambiental, el desarrollo de la zona de estudio en comunidad, tanto en la producción como en la comercialización de productos cultivados por los agricultores.
- 3) Un estudio que indique si el efluente de la PTAR, junto con la región y sus habitantes, podría ser detonante de otros proyectos diferentes al relacionado con el riego agrícola.

4.6. Usos alternativos del agua residual tratada para esta región

Por la posición geográfica de la cabecera municipal de Santa María del Río - ubicada sobre la carretera federal 55 – y la ubicación de la PTAR, el agua de ésta podría ser utilizada para otros fines, como por ejemplo:

- 1) Parque recreativo: donde se contara con áreas verdes para el descanso, días de campo, campamentos e instalaciones óptimas para el fomento del deporte. Todo bajo la cultura ecológica del aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.
- 2) Desarrollo campestre: Cabe la posibilidad de que los agricultores vendan sus

parcelas a particulares (sobre todo a personas de la cd. De San Luis Potosí) para casas y huertas de descanso.

- 3) Desarrollo industrial: Solicitud de empresas demandando disponibilidad de agua para su instalación en la región, aprovechando la cercanía que existe entre la PTAR y la carretera federal 57.

Bibliografía

- Acevedo, A., Garrido, C., Nebot, E. y Sales, D. (2005). Fenómenos de dilución y autodepuración de un vertido de aguas residuales urbanas en un ecosistema litoral: el caso del estuario del Río Iro (suroeste de España). *Ciencias Marinas*, 1B, 221-230.
- Alfaro, O.G., Sánchez, I., Calderón, H. y San Pedro, A. (2002). Caracterización de las aguas residuales de la fábrica de compotas caney. *Tecnología Química*, 3, 48-52.
- Arango, Á., Garcés, L. F., Molina, S. y Piedrahitas, J. S. (2008). Análisis de costos de la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción + Limpia*, 2, 10-22.
- Argentel, L., González, L. M., López, R., Fonseca, I. y Girón, R. (2008). Efecto de la salinidad sobre la fenología, los componentes del rendimiento y su relación con la tolerancia varietal a la salinidad en trigo (*triticum aestivum* y *t. durum*). *Cultivos Tropicales*, 3, 53-57.
- Arnedo, I., Bracho, M., Díaz-Suárez, O. y Botero, L. (2008). Técnicas para la detección de *Cryptosporidium* sp. en Sistemas de Tratamiento de Agua Residual. *Kasmera*, 36, 120-128.
- Asano, T. (2001). Reutilización de las aguas residuales para aplicaciones no potables: una introducción. *Revista Internacional de Agua y Riego*, 21, 18-24.
- Ayers, R.S. y Westcott, D.W. (1987). La calidad del agua en la agricultura. *Serie riego y drenaje*, 29, 1-174.
- Badii, M. H., Landeros, J. y Cerna, E. (2008). El recurso de agua y sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*. Recuperado el 6 de Julio de 2015, de <http://www.spentamexico.org/v3-n1/3%281%29%20661-671.pdf>
- Beckmann, R. (2001). A process termed FILTER is helping Australia and China make best use urban wastewater and the nutrients it contains to irrigate and fertilize crops, *Partners in research for development*, 14.
- Bossel, H. (1999). Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. Winnipeg, Canadá: International Institute for Sustainable

Development.

- Bruschi, R. A., Chartuni, E., de Lima, P. C., Mota, M. y Alves, R. (2005). Caracterización de suelos cultivados con café y el fertirriego con aguas residuales de la cría de porcinos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2, 49-57.
- Cabrera, M., Duarte, C. y Lazo, R. (2004). Demanda hídrica de la variedad de tomate FL-5 en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2, 1-10.
- Campos, D.F. (1998). Procesos del ciclo hidrológico. San Luis Potosí, S.L.P., México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos. (1996, diciembre). *Dictamen del estudio de rentabilidad social de los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales tangamanga I y norte en San Luis Potosí*. Recuperado el 26 de junio de 2015 de <http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/52961/Doc-21.pdf>
- Cervera, L. E. (2007). Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios Fronterizos*, 16, 9-41.
- Cisneros, E., Méndez, M. y Chong, C. (2004). Nuevos enfoques sobre el riego por aspersión de baja intensidad en la agricultura cubana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13, 1-10.
- Comisión Estatal del Agua. (2010). *Programas Sectoriales 2010-2015 Agua*. Recuperado el 8 de julio de 2015, de <http://201.144.107.246/InfPubEstatad2/COMISI%C3%93N%20ESTATAL%20DEL%20AGUA/Art%C3%ADculo%2022.%20fracc.%20I/Programa%20Sectorial/PLAN%20SECTORIAL%20AGUA.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2010, marzo). *Manual para el manejo de zonas de riego con aguas residuales*. Recuperado el 17 de junio de 2015, de <http://senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=28068&IdUrl=72467&down=true>
- Comisión Nacional del Agua. (2011). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. Recuperado

el 29 de junio de 2015 de
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAP_DS-INVENTRIO%202011%20FINAL.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2011, 9 de junio). *Experiencia del reúso del agua tratada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí*. Recuperado el 8 de julio de 2015, de http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/presentaciones/albertorojas_c_easlp.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2013). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. Recuperado el 19 de junio de 2015, de www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGAPDS-3-13.pdf

Crook J. y Okun, D. A. (1991). Reuso da água para fins nao potaveis: seu lugar no generacimento de recursos hídricos, *Revista DAE – SABESP*, 51, 15–19.

Da Cámara, L., Hernández, M. y Paz, L. (s. f.). *Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias*. Recuperado el 11 de noviembre de 2010 de http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.pdf

De la Peña, M. E., Ducci, J. y Zamora, V. (2013). *Tratamiento de aguas residuales en México*. Recuperado el 3 de julio de 2015, de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37783778>

Departamento de agua potable municipal. (s.f.). Recuperado el 13 de julio de 2015, de <http://www.santamariadelrioslp.gob.mx/docs/M.O.%20AGUA%20POTABLE.pdf>

Díaz, T., Pérez, N. W., López, A., Partidas, L. y Suárez, Y. E. (2008). Manejo sostenible del agua en zonas semiáridas: evaluación de dos técnicas de riego y fertilización nitrogenada en Sinaloa, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 1, 53-56.

Duarte, C. E., Guevara, G. y Méndez, M. (2004). Uso del agua activada y con tratamiento magnético del tomate en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3, 1-14.

- Enciclopedia de los Municipios de México estado de san Luis Potosí. Santa María del Río. (2005). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, gobierno del Estado de San Luis Potosí. Recuperado el 10 de octubre de 2010 de www.e-local.gob.mx/.../sanluispotosi/.../24032a.htm
- Fasciolo, G. y Bertranou, A. (2001). Manejo de aguas marginales en zonas áridas. En IV Diálogo Interamericano sobre Manejo de Agua, Brasil.
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. Recuperado el 1 de julio de 2015 de http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- Garcés, L. F., Mejía, E. A. y Santamaría, J. J. (2004). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista lasallista de investigación, 1*, 83-92.
- Gleik, P., Postel, S. y Morrison, J. (1996), *The Sustainable Use of Water in the Lower Colorado River Basin*. Oakland, California: The Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security.
- González, R. J. (2012). *Mercados potenciales y beneficios del uso de agua residual tratada en la ciudad de Tijuana, Baja California*. Tesis de maestría, El colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California. Recuperado el 17 de junio de 2015, de www.colef.mx/posgrado/wp.../03/Tesis-completa-González-Rebeca.pdf
- Grosso, M. V. (2008). Uso, gestión e impactos del uso agrícola de aguas residuales en zonas áridas. Departamento de Lavalle, Mendoza, Argentina. *Revista Geográfica, 144*, 57-112.
- Hernández, G., M. de Ulloa, L., Méndez, M. A. y Pérez, J. (2007). Posibilidades de riego de las áreas agrícolas de la cuenca del arroyo Guachinango. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2*, 40-42.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación* (3a. ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.
- H. congreso del estado de San Luis Potosí instituto de investigaciones legislativas informática legislativa. (2001, diciembre). *Ley de agua potable, alcantarillado*,

tratamiento y disposición de aguas residuales para el estado y municipios de san Luis Potosí. Recuperado el 23 de junio de 2015, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/SAN%20LUIS%20POTOSI/Municipios/SLPMPLe1.pdf>

inifap (2001). Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas media y altiplano de San Luis Potosí. Folleto técnico No.12.

Instituto de investigaciones legislativas unidad de informática legislativa. (2010, diciembre). *Ley de aguas para el estado de san Luis Potosí.* Recuperado el 23 de junio de 2015, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/San%20Luis%20Potosi/wo29913.pdf>

Lamm, F.R. y Trooien, T. P. (2001). Irrigation capacity and plant population effects on corn production using SDI. En Proc. Irrigation Assn. Int'l, *Irrigation technical Conf.* (pp. 73-84). San Antonio, TX.

Loucks, P. y Gladwell J. (1999). Sustainability Criteria for Water Resource Systems, International Hydrology Programme. Cambridge: Cambridge University Press.

Madariaga, C., Mosquera, M., Manga, J. y Gallardo, L. D. (2005). La dinámica urbana desde la perspectiva social y comunicación alrededor de las aguas residuales en la guajira (Colombia). *Investigación y desarrollo*, 1, 204-205.

Manga, J., Logreira, N. y Serralt, J. (2001). Reuso de aguas residuales: un recurso hídrico disponible. *Ingeniería y Desarrollo*, 9, 12-21.

Mara, D. y Cairncross, S. (1989). Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. Ginebra, Suiza: Measures for public health protection, OMS.

Mejía, E., Siebe, C. y Paillés, C. A. (s.f.). Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura (FAO, WHO, UNEP, UNU-INWEH, UNW-DPC, IWMI e ICID) *Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en México.* Recuperado el 7 de julio de 2015, de http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/148/MEXICO_produccion%20de%20aguas%20servidas,%20tratamiento%20y%20uso.pdf.pdf

- Méndez, M. A., Ricardo, M. P., Pérez, J., Hernández, G. y Campos, O. (2006). Uso de las aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas, en la agricultura urbana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3, 17-21.
- Metcalf & Eddy, INC. (1996). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. México, D. F.: McGrawHill.
- Montemayor, J. A., Aguirre, H. W., Olague, J., Román, A., Rivera, M., Preciado, P., et al. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Rev Mex Cienc Pecu*, 2, 145-156.
- Montemayor, J. A., Gómez, A. O., Olague, J., Zermeño, A., Ruiz, E., Fortis, M., et al. (2006). Efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo en la eficiencia de uso de agua y en el rendimiento de maíz forrajero. *Téc Pecu Méx*, 44, 359-364.
- Montero, L., Cun, R., Pérez, J., Ricardo, M. P. y Herrera, J. (2009). Riego con aguas residuales a los cultivos del sorgo y maíz como alternativa para la producción de alimento animal. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4, 44-48.
- Monografías municipales. (2005). Recuperado el 10 de octubre de 2010 de www.sanluispotosi.gob.mx
- Morató, J., Subirana, A., Gris, A., Cameiro, A. y Pastor, R. (2006). Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. *Revista lasallista de investigación*, 1, 19-29.
- Morgan, J. M., Revah, S. y Noyola, A. (s. f.). *Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos*. Recuperado el 11 de noviembre de 2010, de <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>
- Olague, J., Montemayor, J. A., Bravo, S. R., Fortis, M. Aldaco, R. A. y Ruiz, E. (2006). Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego subsuperficial. *Téc Pecu Méx*, 3, 351-357.
- Olivo, S. y Martínez, J. B. (2000). *Saneamiento integral de las aguas residuales de la zona conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.* Recuperado el 26 de junio de 2015 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/mexicona/R-0217.pdf>

- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (s.f.). *Estudio del potencial del uso alternativo de fuentes de agua: las aguas residuales*. Recuperado el 2 de julio de 2015, de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/estudio/aguasresiduales/REUSO_SEGURO_DE_AGUAS_RESIDUALES_EN_ARGENTINA.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (1989). *Elath guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Ginebra Suiza: World Health Organization Tech. Rep. series 778, OMS.
- Oron, G. y col. (2001). El riego por goteo subterráneo como medio de recuperación de aguas residuales. *Revista Internacional de Agua y Riego*, 21, 32 – 34.
- Ortega, F. y Orellana, R. (2007). El riego con agua de mala calidad en la agricultura urbana, aspectos a considerar II, Aguas residuales urbanas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3, 25-27.
- Pérez, J. y Hernández, G. (2007). Valoración de la calidad del agua del arroyo Guachinango con fines de riego. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3, 6-9.
- Pérez, M. M., Domínguez, E. R., Martínez, P., López, M. E., Gonzáles, Y. M. y Monteagudo, M. (2009). Eficiencia de diferentes sustratos de filtros de suelo plantados en la depuración de aguas residuales domésticas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 3, 181-185.
- Pérez, N., Marañón, A., Bermúdez, R. C., Aguilera, I., Cumbá, F. y Abalos, A. (2004). Caracterización de las aguas residuales de la refinería "Hermanos Díaz". *Revista cubana de química*, 1, 53-60.
- Puiatti, J. M. P., Crespi, R. J. y Rivetti, A. R. (2004). Respuesta productiva a diferentes programaciones de riego en trigo (*triticum aestivum* L.) región semiárida de córdoba, argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 2, 89-96.
- Reynolds, K.A. (2002, SEPTIEMBRE/OCTUBRE). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. *Identificación del problema*. Recuperado 22 de junio de 2015, de www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf
- Rivetti, A. R. (2006). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego

- complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. *Rev. FCA UNCuyo*, 2, 25-36.
- Rodríguez, F. (1999). El futuro del agua está en Latinoamérica. *Revista Chile, Riego*, 1, 26.
- Rolland, L. y Vega, Y. (2010, 16 DE FEBRERO). La gestión del agua en México. Recuperado el 23 de junio de 2015, de www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/polis/cont/20102/.../art6.pdf
- Roque, R., Alemán, C. y Roviroso, N. (2006). Uso de las máquinas de pivote central en el riego con aguas residuales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 1, 47-50.
- Roviroso, N. (1996). Diseño y encalado de un filtro anaerobio para el tratamiento y reuso de aguas residuales domésticas. Tesis en opción al grado en Maestros en Ciencias del Agua, centro de Hidrología y Calidad de las Aguas, La Habana, Cuba.
- Ruiz, A. (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista lasallista de investigación*, 1, 49-56.
- Santa Cruz, G. (2007). *Hacia una gestión integral de los recursos hídricos en la cuenca del río valles, huasteca, México*. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí. Recuperado el 1 de julio de 2015, de <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectoaguaSLP/Documentos/TESSANTACRUZ.pdf>
- Shiklomanov, I. A. (1998). World Water Resources. A New Appraisal and Assessment for the 21 ST. *Century*, 37, UNESCO.
- Sitio argentino de Producción Animal. (2006, octubre). *Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias*. Recuperado el 11 de noviembre de 2010, de http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/37manual_sistemas_tatamiento.pdf
- Tate, D. M. (2004). *Principios del uso eficiente del agua*. Recuperado el 15 de noviembre de 2010 de www.unesco.org/phi/libros/uso.eficiente/cap.2.html
- Tirado, M., Vigo, E. y Meza, R. (1995, mayo). *Plantas de tratamiento de agua potable como ámbito para la educación y gestión ambiental*. Recuperado el 11 de noviembre de 2010, de

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/eduamb/peru/peresp002.pdf>

- Torres, P. (2001). Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ciencia y Tecnología*, 1, 35-42.
- Tozzi, F., Fasciolo, G. y Gabriel, E. (2004). Desarrollo de malezas en cultivos regados con efluentes domésticos tratados. Mendoza, argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 2, 31-37.
- Utria, E., Reynaldo, I., Cabrera, A., Morales, D., Morúa, A. y Álvarez, N. (2006). Caracterización de los biosólidos de aguas residuales de la estación depuradora de aguas residuales "quibú". *Cultivos Tropicales*, 3, 83-87.
- Veliz, E., Llanes, J. G., Fernández, L. A. y Bataller, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 1, 35-44.
- Zamora, E. y Chaterlán, Y. (2003). Estrategia ambiental de riego y drenaje para la seguridad alimentaria en Cuba. *Revista ciencias técnicas agropecuarias*, 3, 1-3.
- Zamora, S., Fenech, L., Ruiz, F. H., Pérez, W. y López, A. (2007). Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea Mays L.*) con riego por goteo, en el Valle de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 3, 33-36

Anexos

Anexo I.

Entrevista semiestrurada para usuarios del agua tratada

Nombre _____

Edad _____

Escolaridad _____

Lugar de nacimiento _____

- 1 - ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?
- 2 - ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?
- 3 - ¿Qué sabe usted del agua tratada?
- 4 - ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?
- 5 - ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?
- 6 - ¿Cómo cree usted que debería conducirse el agua tratada?
- 7 - ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?
- 8 - ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?
- 9 - ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?
- 10 - ¿Cuál es la confianza que tiene usted en el consumo de los productos regados con agua tratada?

Anexo II.

a.- Nombre: Alfonso Villegas

Edad: 56 años

Escolaridad: sexto de primaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

- 1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Mediero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol, tomate, chile, ejote, calabacita, jícama, avena, saliendo la avena. Veremos que se echa.

3) ¿Qué sabe Ud. del agua tratada?

Sé que el agua está buena, en condiciones de trabajar.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Es una ayuda para el pueblo y trabajo para más gente y para sacar buenas cosechas, es una buena idea el de poner esta planta. Habiendo agua hay trabajo. El agua está al puro tiro para echarle ganas.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No me han informado nada.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Con canal de concreto para que no se escape el agua, canales con compuerta para que no se desperdicie el agua. Se necesita un día a cada quien para regar, no por horas porque si no, no acaba.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Pos será de todo. Antes se regaba con puras aguas negras y la gente se comía todo sin saberlo y no se enfermaron.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Porque hace falta que alguien distribuya el agua, que la reparta por días. Que haya un encargado.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Algunos no quisieron el agua, dirán que no está limpia, es gente que no sabe nada. El agua se filtra en la tierra y se limpia.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Yo sabía que sí se puede comer, sí me los comería. Mi hermano vende elotes de Soledad regados con agua negra y sí se los comen.

b.- Nombre: Orlando Hernández Segura

Edad: 38

Escolaridad: técnico agropecuario :

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Cebolla, chícharo, avena, maíz, frijol, calabaza, cacahuate, fríjol ejotero.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Es buena para la siembra, trae muchos nutrientes.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Es la mejor para los cultivos antes mencionados.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

El anterior presidente tenía un proyecto para poner tomas y cobrar a un precio bajo para el mantenimiento de la planta. Este presidente no se ha parado, como va a opinar si no sabe.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Meter canal de concreto y poner en cada parcela una toma como con el agua potable.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Ya con el agua tratada se puede regar todos los antes mencionados. Sin tratamiento se recomendaba para maíz, frijol, avena, cebada, pura pastura.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Falta de organización de la presidencia y facilidades. El anterior presidente tenía buena voluntad y venía a diario.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Varias opiniones: unos dicen que no sirve y otros que sí. Pero la mayoría está conciente de que si sirve para la siembra.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con

aguas tratadas?

Con mucha confianza porque uno mismo lo cultiva. La gente que come no pregunta si se riega con agua tratada.

c.- Nombre: Carlos de la Rosa

Edad: 26

Escolaridad: técnico agropecuario

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Sobrino de la dueña.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Calabacita, maíz, jitomate, cilantro.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

En realidad no mucho, tengo la duda si me va a servir para el tipo cultivo que pienso implementar. Voy a implementar cultivo biointensivo, pero lo que he escuchado es que no debo utilizar agua tratada químicamente. Esta agua tratada no se que tanto pueda afectar.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Está bien siempre y cuando el agua no afecte al consumo humano.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No me han informado nada. Hace poco firmamos una solicitud para pedir apoyo. El de desarrollo social dice que esta agua no sirve.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Así como está, está bien porque somos muy pocos regando. Opino que así se aprovecha la filtración para los mantos freáticos.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Los que no vayan en contacto con el agua.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

No hay interés de los propietarios ni de las autoridades que nos incentiven.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas

acerca del uso del agua tratada?

Algunos dicen que les deja algunos residuos y no les gustó, también dicen que huele mal.

Otros sí están muy interesados en aprovecharlas.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Si no te enteras no tienes problema.

d.- Nombre: Jesús

Edad: 62

Escolaridad: abogado

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño, heredero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol, avena, chícharo, haba, nogales.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Es una de la mejores en todo el estado por ser la 003.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

En primer lugar, revivió una región muerta y su sanidad es muy buena.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Que está contaminada y que no sirve para riego, manifestado por el director de desarrollo social cuando se le presentó la petición de apoyo.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Canal de concreto con compuerta en cada predio.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Maíz, alfalfa, avena, chícharo, haba, árboles frutales, sandía, pepino.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Porque se están empezando a acercar a las autoridades.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas

acerca del uso del agua tratada?

Un vecino dice que no sirve. Pero es cuestión política por estar mal informados.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

El 100% confiables por la experiencia y los años que tengo en este ramo.

e.- Nombre: Noé Hernández

Edad: 45 años

Escolaridad: secundaria terminada

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Encargado.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol, cebolla, chícharo, cacahuete, ejote.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Si está clara, pero si te lavas las manos si huele, pero ya le pusieron cloro y salió más limpia.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Si es buena el agua, porque sí se da lo que uno siembra.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

El de desarrollo social me dijo que ya van a poner un encargado para repartir el agua.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

El presidente actual cuando estuvo en campaña, dijo que iba a poner tubo de PVC o limpiar la acequia para que los nogales no se secan. Yo prefiero que se limpie la acequia

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Varios, pues esa agua tratada ya está limpia para regar cosas que se comen, muchos dijeron que cuando menos para sembrar pastura, ese es mi punto de vista.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

El presidente municipal no ha hecho esa organización.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

El hijo de don Arturo dice que el agua no sirve.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Si los consumo y también la familia.

f.- Nombre: Arturo Ventura

Edad: 60 años

Escolaridad: primaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, alfalfa, avena, calabaza, frijol ejotero.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No sé, porque no hago uso de ella, tengo pozo.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

No tengo opinión, pero limpia no está, está media sucia.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Ninguna información.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Yo digo que como está, que se aprovechen las regaderas (acequia) secundarias porque todas están.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

No sé.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Me imagino que no nos hemos puesto de acuerdo los vecinos, no se ha hecho ninguna junta o reunión.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Ninguno.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Yo no los comería, no me convence el agua así como está.

g.- Nombre: Víctor

Edad: 45 años

Escolaridad: primaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Rento

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, avena, alfalfa.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Le falta, no está tratada, sólo está licuada, yo trabajé en la construcción y ahí me dí cuenta de cómo jalan los filtros, yo he regado con aguas negras del río y está más tratada, no queda costra, el río la filtra y la limpia.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

No tiene nada de malo, la ventaja es que estamos en una zona donde no tenemos industria, la industria contamina mucho y es necesario otro tipo de tratamiento.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Es buena yo sí la acepto hasta para regar legumbres.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Tubería de PVC para que no haya pérdida, bajadas secundarias y tomas con válvula para cada predio.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Maíz y avena, legumbres no, pero al no haber más con que regar también sembrar legumbres.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

La gente no se pone de acuerdo.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

No, casi no platico con los demás.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Mientras no me lleve la chingada, todo está bien, sí me las como.

h.- Nombre: Ignacio Villegas

Edad: 19 años

Escolaridad: secundaria terminada

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Ayudante del mediero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No, nada.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Está bien.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No, nada.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Canal de concreto.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

No sé.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

No sé, yo nada mas vengo de vez en cuando.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas

acerca del uso del agua tratada?

Que no sale tan limpia algunas veces, eso dicen algunos.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

No mucha.

i.- Nombre: Enrique Ramírez

Edad: 72 años

Escolaridad: tercero de primaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz de preferencia, alfalfa, sorgo.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Casi no sé nada, sólo sé que no se tomo en cuenta la acequia del Salitre, que es la del otro lado del río, solamente tomaron en cuenta la de los Aguacates, que es esta, entonces dicen ahora que se debe de compartir el agua entre las dos acequias y yo lo veo muy bien.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Hay muchos comentarios, pero esta agua todavía no está muy bien tratada.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Un técnico de Desarrollo Social me dijo que la intención es poner una llave de entrada a cada predio para aprovechar el agua. Pero no creo que sirva porque él dice que esta agua es solamente para regar árboles y plantas de ornato, aquí se riegan mucho más cosas.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Canal de concreto así no se desperdicia mucho el agua.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Maíz es el más apropiado.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Por puras envidias y conveniencias de algunos de los dueños de los terrenos, es por eso que no se han podido poner de acuerdo.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

No sé qué piensan los demás porque no nos comunicamos.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Yo no me animaría, pero a lo mejor, ya he comido y no me he dado cuenta.

j.- Nombre: Guadalupe Ramírez

Edad: 30 años

Escolaridad: secundaria terminada

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Trabajador del dueño.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol, alfalfa.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No mucho.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Está bien porque está limpia si la comparamos con las aguas negras del río.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No tengo información.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Canal de concreto porque rinde más el agua.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

No se cuales, pero he oído que muchos de los cultivos que se están sembrando no se deben de regar.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

No hay un acuerdo entre todos, si hubiera unión esto se arreglaría.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

No he escuchado comentarios.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

No se trata de confianza sino que uno no sabe de dónde vienen los productos y con qué tipo de agua los han regado.

k.- Nombre: Rosalío Ramírez

Edad: 31 años

Escolaridad: secundaria terminada

Lugar de nacimiento: San Luís Potosí, S.L.P.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Encargado.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Pasto (jardín).

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No sé, sé que es agua reciclada.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Es una buena opción.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Todavía no tengo información.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Por tubería de PVC estaría bien.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Son los que los frutos de la planta no toquen la tierra, por ejemplo el maíz, realmente no sé mucho.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Están esperando información para ver qué pasa.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Nos comentaron los encargados de la planta tratadora que a lo mejor el agua pasa por donde regamos, y sería muy bueno aprovecharla.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Dependiendo del producto, yo creo que si los comería.

I.- Nombre: Fernando Martínez

Edad: 48 años

Escolaridad: ninguna

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Ayudante del rentero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, frijol, melón, sandía.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No sé nada.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Es bueno usarla porque ya está tratada, viene más limpia, si no está tratada perjudica mucho la salud.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No me han informado nada.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Canal de concreto para no desperdiciar tanta agua.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Maíz, frijol. Cebolla y cilantro no.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Porque esto apenas está empezando y no hay quien organice.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas

acerca del uso del agua tratada?

No sé qué piensan los demás porque no nos comunicamos.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

No con mucha confianza.

m.- Nombre: Andrés Cano

Edad: 63 años

Escolaridad: segundo de primaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Rentero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Maíz, jícama, pepino, camote, cacahuete.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

Está bien, se aprovecha para los cultivos.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Está bien, ya tratada no es lo mismo que el agua negra.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

No, todavía no, pero es un beneficio para todos.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Entubada con PVC, dejar salidas de agua en cada predio, así no se desperdiciaría, es cuestión de ponerse de acuerdo para distribuir el agua.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Así como está, está preparada para cualquier cultivo.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Porque todavía no está bien terminado todo.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

No he platicado ahorita con nadie, ahorita sólo los que se benefician del agua tratada

son los más cercanos a la tratadora.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

Ahorita en realidad no hay agua limpia para el riego ni en los pozos porque se contamina, y los fertilizantes también afectan al producto.

n.- Nombre: Javier Hernández

Edad: 39 años

Escolaridad: secundaria terminada

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño y rentero.

2) ¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Repollo, cebolla, calabaza, maíz.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

No sé, no me he interesado en eso, hasta que ya esté todo arreglado.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Para mí está bien, estoy de acuerdo.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Ninguna.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Así como está, ya no se invertiría más que en darle una limpieza a la acequia.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Maíz.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

Porque hay poca gente que trabaja, la mayoría de las tierras están abandonadas porque ya no costea trabajarlas esto es como una diversión y como una distracción.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Poco, que si se hace será un buen beneficio.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

No muy confiado.

o.- Nombre: Pedro Quevedo Orta

Edad: 67 años

Escolaridad: primero de secundaria

Lugar de nacimiento: Santa María del Río, Cabecera Mpal.

1) ¿Es usted dueño, encargado, etc. de la parcela?

Dueño.

¿Qué tipo de cultivos acostumbra regar?

Cilantro, rábano, acelga, cebolla, calabacita, chile, floricultura.

3) ¿Qué sabe ud. del agua tratada?

En realidad nada yo riego con pozo. Nos han hecho puras promesa de echar a jalar el agua tratada, aparte yo creo que no es suficiente para todos, a mi parecer se necesita definir un área para el riego con el agua tratada. Falta que el gobierno ponga de su parte, no tiene dialogo con la gente para poder sacar buenas alternativas.

4) ¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para el riego de cultivos?

Está bien, pero yo no la usaría para mis cultivos porque tiene mucho cloro y el producto pierde sabor y color. Por ejemplo el rábano se decolora y la calabaza se amarga.

5) ¿Qué información se le ha dado, acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?

Ninguna información. Aquí en la cabecera municipal no tenemos ningún apoyo por parte del gobierno.

6) ¿Cómo cree ud. que debería conducirse el agua tratada?

Tubería de PVC, con diámetro de 12" creo que es suficiente, con tomas en cada predio.

7) ¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?

Frutales.

8) ¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?

El municipio no ha hecho juntas con las personas que están interesadas. Nos deberían de preguntar a la gente que tenemos muchos años trabajando en esto para poder decidir qué se debe de hacer con el agua tratada.

9) ¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?

Aquí la gente no es muy comunicativa, nos falta comunicación por eso no hay avances y por consecuencia no hay producción.

10) ¿Cuál es la confianza que tiene ud. en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?

No me los comería.



San Luis Potosí, S.L.P., a 30 de Marzo de 2011

Ing. José Rosillo Martínez:

Por medio de la presente se entregan los resultados de:

**ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MATERIAL
PROVENIENTE DE "SANTA MARÍA DEL RÍO"**

TEXTURA DEL SUELO	DENSIDAD APARENTE	POROSIDAD (%)	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIFICACIÓN "SUCS"
FRANCO ARENOSO	1.56	36.6	52.33	20.19	27.48	ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD (SC)
(RANGO NORMAL)	(1.40 - 1.60)	(40 -47)				

NOTA: LA REFERENCIA UTILIZADA PARA DEFINIR LA TEXTURA CORRESPONDE AL TRIANGULO DE TEXTURAS "U.S.D.A. 1960".

EL TERMINO "FRANCO", CORRESPONDE AL TERMINO "MIGAJÓN" DEL TRIANGULO DE TEXTURAS.

Sin más que agregar me despido de Usted haciendo llegar un cordial saludo.

Atentamente



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DR. ÁNGEL ISMAEL CÁRDENAS MARTÍNEZ
Jefe del Laboratorio de Materiales
Área Civil



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**
Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria • CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336
www.uaslp.mx

ccp.- archivo

Anexo IV

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	mediero	mediero		mediero	Nos damos cuenta que la relación que existe entre el trabajador y las tierras de cultivo es de varios tipos. Uno es ser mediero, lo que significa que es el que va a medias con otro, en este caso, es la persona que trabaja la parcela y por lo general va a medias con el dueño de dicha parcela, los dos involucrados deben de llegar a un acuerdo donde definan, tanto sus obligaciones como la cantidad o porcentaje que recibirán de la cosecha.
	dueño	dueño		dueño	Otro es el dueño, es el que posee la parcela, el que tiene escrituras que lo definen como dueño de esa parcela y que además él mismo la trabaja.
	sobrino de la dueña	sobrino de la dueña		sobrino, dueña	El siguiente es el encargado, esta persona es el que realiza el trabajo en la parcela, por un sueldo previamente definido entre él y el dueño de la parcela.
	dueño heredero	dueño heredero		dueño, heredero	El rentero es aquel que paga una cantidad de dinero cada cierto tiempo al dueño de la parcela, cantidad que se estipula con anterioridad.
	encargado	encargado		encargado	También se encuentran los ayudantes tanto del mediero como del rentero, a estos se les paga un sueldo semanal.
	dueño	rentero		dueño	Otros involucrados son los parientes de los dueños, por ejemplo tenemos al sobrino de la dueña, el cual trabaja la parcela de la tía.
¿Es usted dueño o encargado de la parcela?	rentero	ayudante del mediero		rentero	
	ayudante del mediero	ayudante del rentero		ayudante, mediero	
	dueño	dueño y rentero		dueño	
	encargado			encargado	
	encargado			encargado	
	ayudante del rentero			ayudante, rentero	
	rentero			rentero	
	dueño y rentero			dueño, rentero	
	dueño			dueño	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	maíz, frijol, tomate, chile, ejote, calabacita, jicama, avena	maíz, avena, sorgo		maíz, frijol, tomate, chile, ejote, calabacita, jicama, avena	
	cebolla, chícharo, avena, maíz, frijol, calabaza, cacahuate, frijol ejotero	frijol, ejote, chícharo, frijol ejotero, habas, cacahuate		cebolla, chícharo, avena, maíz, frijol, calabaza, cacahuate, frijol ejotero	Los tipos de cultivos que más acostumbran sembrar son legumbres como, cereales: maíz, avena y sorgo. Leguminosas: frijol, ejote, chícharo, frijol ejotero, cacahuate. Semilla: haba Bulbos: cebolla rábano. De fruto: calabacita, calabaza, pepino, chile, jitomate. De hoja: repollo, acelga. Brotes: alfalfa, cilantro. Tubérculos: camote, jicama. Frutas secas: nueces. Frutas: melón, sandía. Y floricultura. Pero, estos son cultivos que por tradición, costumbre y necesidades de auto alimentación están sembrando en la región,

					son cultivos que se regaban con aguas limpias para el riego de cualquier cultivo. Son pocos los cultivos que se están regando propios para las aguas tratadas.
	calabacita, maíz, frijol, jitomate, cilantro	cebolla, rábano		calabacita, maíz, frijol, jitomate, cilantro	
	maíz, frijol, avena, chícharo, habas, nogales	calabacita, calabaza, pepino, chile, jitomate (tomate)		maíz, frijol, avena, chícharo, habas, nogales	
	maíz, frijol, cebolla chícharo, cacahuete, ejote	repollo, acelga		maíz, frijol, cebolla chícharo, cacahuete, ejote	
¿Qué tipos de cultivos acostumbra regar?	maíz, alfalfa, avena, calabaza, frijol ejotero	alfalfa, cilantro		maíz, alfalfa, avena, calabaza, frijol ejotero	
	maíz, avena, alfalfa	camote, jícama		maíz, avena, alfalfa	
	maíz, frijol	nogales, melón, sandía		maíz, frijol	
	maíz de preferencia, alfalfa, sorgo	floricultura		maíz, alfalfa, sorgo	
	maíz, frijol, alfalfa			maíz, frijol, alfalfa	
	pasto (jardín)			pasto	
	maíz, frijol, melón, sandía			maíz, frijol, melón, sandía	
	maíz, jícama, pepino, camote, cacahuete			maíz, jícama, pepino, camote, cacahuete	
	repollo, cebolla, calabaza, maíz			repollo, cebolla, calabaza, maíz	
	cilantro, rábano, acelga, cebolla, calabacita, chile, floricultura			cilantro, rábano, acelga, cebolla, calabacita, chile, floricultura	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	sé que el agua está buena		se, está	agua	
	en condiciones de trabajar		trabajar		
	es buena para la siembra	Sé que el agua está buena. Es buena para la siembra. Si está clara. Trae muchos nutrientes. Es una de las mejores en todo el estado por ser la 003. Está bien se aprovecha para los cultivos. En condiciones de trabajar.	es	siembra	
	trae muchos nutrientes		trae	nutrientes	
	en realidad no mucho	En realidad no mucho. Tengo la duda si me va a servir para el tipo de			

		cultivo que pienso implementar. Esta agua tratada no se que tanto pueda afectar.			
	tengo la duda si me va a servir para el tipo de cultivo que pienso implementar	No sé, no hago uso de ella, tengo pozo. No nada. Casi no sé nada. No mucho. No sé. No sé nada. No sé, no me he interesado en eso, hasta que ya esté todo arreglado. En realidad nada yo riego con pozo.	tengo, servir, pienso, implementar	cultivo	Parte de las personas que están utilizando esta agua tratada la consideran buena para la siembra porque saben que tiene muchos nutrientes, y que les indicaron que tiene una calidad de 003, por lo que consideran que las condiciones del agua son propias para el trabajo que ellos desempeñan y muy provechosa para sus cultivos. Por otra parte hay personas que dudan si el agua tratada les va a servir, o que tanto, bueno o malo, les va a afectar en los cultivos que quieren sembrar. Otras personas no saben nada sobre el agua tratada ya sea porque no les interesa o porque sus cultivos los riegan con agua de pozo o están esperando hasta que se arregle la situación del agua tratada, o simplemente sólo saben que es agua reciclada. Otros prefieren bombear y regar con agua del río combinada con aguas negras porque saben que el río filtra naturalmente el agua y dicen que está más limpia que la de la tratadora, otros factores por lo que no les convence el agua tratada es el olor y que deja costra en la tierra,
	esta agua tratada no se que tanto pueda afectar		se, pueda, afectar	agua	
	es una de las mejores en todo el estado por ser la 003		es, ser	estado	
	si está clara		está		
	pero si te lavas las manos, si huele		lavas, huele	manos	
¿Qué sabe usted del agua tratada?	pero ya le pusieron cloro y salió más limpia	Le falta, no está tratada, sólo está licuada. Pero si te lavas las manos, si huele. Pero ya le pusieron cloro y salió más limpia.	pusieron, salió	cloro	
	no sé, no hago uso de ella, tengo pozo		sé, hago, uso, tengo	pozo	
	le falta, no está tratada, sólo está licuada	Yo he regado con aguas negras del río y está más tratada, no queda costra, el río la filtra y la limpia.	falta, está		
	yo he regado con aguas negras del río y está más tratada, no queda costra, el río la filtra y la limpia	Sé que es agua reciclada.	regado, está, queda, filtra, limpia	aguas, río, costra	
	no, nada				
	casi no sé nada		sé		
	no mucho				
	no sé		sé		
	sé que es agua reciclada		sé, es	agua	
	no sé nada		sé		

	está bien, se aprovecha para los cultivos		está, aprovecha	cultivos	
	no sé, no me he interesado en eso, hasta que ya esté todo arreglado		sé, he interesado, esté		
	en realidad nada, yo riego con pozo		riego	pozo	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	es una ayuda para el pueblo		es, ayuda	pueblo	
	trabajo para más gente		trabajo	gente	
	para sacar buenas cosechas	Es una ayuda para el pueblo. Trabajo para más gente. Habiendo agua hay trabajo	sacar	cosechas	
	habiendo agua hay trabajo	El agua está al puro tiro para echarle ganas. Es la mejor para los cultivos antes mencionados. Para sacar buenas cosechas. Sí se da lo que uno siembra	habiendo, hay	agua, trabajo	
	el agua está al puro tiro para echarle ganas	Su sanidad es muy buena. Está bien, siempre y cuando el agua no afecte al consumo humano. Si no está tratada perjudica mucho la salud.	está, echarle	agua	
	es la mejor para los cultivos antes mencionados	Revivió una región muerta	es, mencionados	cultivos	
	está bien, siempre y cuando el agua no afecte al consumo humano	Si es buena el agua. No tiene nada de malo. Es buena, yo si la acepto hasta para regar legumbres. Es una buena opción. Es bueno usarla porque ya está tratada. Viene más limpia. Está bien, porque está limpia, si la comparamos con las aguas negras del río. Está bien, ya tratada no es lo mismo que el agua negra. Para mí está bien, estoy de acuerdo. Está bien. Es un beneficio para todos.	está, afecte	agua, humano	Algunas gentes del campo están contentas y sienten un gran estímulo, porque al contar con esta agua tratada, se revivió una región que estaba muerta y quieren echarle ganas al trabajo. Saben que habiendo agua para riego, ésta, es una gran ayuda para el pueblo porque se genera trabajo. Dicen que el agua está al puro tiro para ser aprovechada, que su sanidad es buena y es la mejor para los cultivos que se siembran en la región, con ella se pueden sacar buenos productos de las cosechas, que al consumirlos no afectan al cuerpo humano, estas personas hacen la comparación del agua residual con el agua ya tratada y les parece una buena opción usar el agua tratada porque ya viene limpia y es un beneficio para todos. Otras personas todavía no se atreven a dar una opinión y tienen duda porque no ven el agua tratada lo suficientemente limpia, piensan que le falta tratamiento. Una persona indicó que él no la usaría en sus cultivos porque tiene mucho cloro y este afecta al producto.
	revivió una región muerta	No tengo opinión, pero limpia no está, está medio sucia. No me convence el agua así como está	revivió	región	

	su sanidad es muy buena		es	sanidad	
	si es buena el agua		es	agua	
	sí se da lo que uno siembra		da	siembra	
¿Cuál es su opinión acerca de usar agua tratada para riego de cultivos?	no tengo opinión, pero limpia no está, está medio sucia	Esta agua todavía no está bien tratada. Yo no la usaría para mis cultivos, porque tiene mucho cloro y el producto pierde sabor y color.	tengo, está		
	no tiene nada de malo		tiene		
	es buena, yo si la acepto hasta para regar legumbres		es, acepto, regar	legumbres	
	no me convence el agua así como está		convence, estar	agua	
	está bien		está		
	hay muchos comentarios		hay	comentarios	
	esta agua todavía no está bien tratada		está	agua	
	está bien porque está limpia si la comparamos con las aguas negras del río		está, comparamos	aguas, río	
	es una buena opción		es	opción	
	es bueno usarla porque ya está tratada		es, usarla, está		
	viene más limpia		viene		
	si no está tratada perjudica mucho la salud		está, perjudica	salud	
	está bien porque está limpia si la comparamos con las aguas negras del río		está, comparamos	aguas, río	
	está bien, ya tratada no es lo mismo que el agua negra		está, ser	agua	
	para mí está bien, estoy de acuerdo		está, estoy		
	está bien		está		
	yo no la usaría para mis cultivos porque tiene mucho cloro y el producto pierde sabor y color		usaría, tiene, pierde	cultivos, cloro, producto	
	es un beneficio para todos		es, beneficio	todos	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	no me han informado nada		han, informado		
	el anterior presidente tenía un proyecto para poner tomas y cobrar a un precio bajo para el mantenimiento de la planta	No me han informado nada. Ninguna información. No, nada. No tengo información. No me han informado nada. No, todavía no. Ninguna. Ninguna información	tenía, poner, cobrar, mantenimiento	presidente, proyecto, tomas, precio, planta	
	este presidente no se ha parado, como va a opinar si no sabe nada		ha, parado, opinar, sabe	presidente	
¿Qué información se le ha dado acerca de cómo se debe aprovechar (manejar, distribuir, usar) el agua tratada?	no me han informado nada	El anterior presidente tenía un proyecto para poner tomas y cobrar a un precio bajo para el mantenimiento de la planta. Este presidente no se ha parado, como va a opinar si no sabe nada. Aquí, en la cabecera municipal, no tenemos ningún apoyo por parte del gobierno. Falta que el gobierno ponga de su parte, no tiene diálogo con la gente, para poder sacar buenas alternativas. Nos han hecho puras promesas de echar a jalar el agua tratada	informado		Con respecto a la información acerca del aprovechamiento del agua tratada, que se les ha hecho llegar a los usuarios, algunos indican que hasta el momento no tienen información al respecto, otros tuvieron contacto con autoridades anteriores las cuales les comentaron sobre un proyecto que tenían preparado, haciéndoles saber que iban a poner tomas de agua y sobretodo informándoles que el agua debe de tener un precio de venta para poder mantener en buen estado la planta tratadora. Con el cambio de autoridades los usuarios han tratado de acercarse a ellas, pero se les ha dicho, por medio del secretario de Desarrollo Social, que esa agua está contaminada y que sirve solamente para regar árboles y plantas de ornato, y para eso va a poner un encargado para repartir el agua, por lo que no están de acuerdo porque en esta zona se pueden regar más cultivos. Por otra parte se les ha prometido que ya se va a poner a funcionar el sistema de aguas tratadas, lo que no se ha hecho realidad, por lo que han decidido mandar una solicitud firmada por todos ellos, dirigida a la presidencia municipal, para pedir apoyo.
	hace poco firmamos una solicitud para pedir apoyo		firmamos, pedir, apoyo	solicitud	
	el de Desarrollo Social dice que esta agua no sirve	Que está contaminada y que no sirve para riego.	dice, sirve	Desarrollo Social, agua	
	que está contaminada y que no sirve para riego		está, sirve	riego	
	el de desarrollo social me dijo que ya van a poner un encargado para repartir el agua	El de desarrollo social me dijo que ya van a poner un encargado para repartir el agua. El de Desarrollo social dice que esta agua no sirve. El de Desarrollo Social dice que esta agua es solamente para regar árboles y plantas de ornato, aquí se riegan mucho	dijo, van, poner, repartir	Desarrollo Social, encargado, agua	

		más cosas.			
	ninguna información			información	
	no, nada				
	no tengo información		tengo	información	
	todavía no tengo información	Hace poco firmamos una solicitud para pedir apoyo	tengo	información	
	no me han informado nada		han, informado		
	no, todavía no				
	ninguna				
	ninguna información			información	
	aquí en la cabecera municipal no tenemos ningún apoyo por parte del gobierno		tenemos, apoyo	cabecera municipal, gobierno	
	nos han hecho puras promesas de echar a jalar el agua tratada.		han, hecho, echar, jalar	promesas, agua	
	falta que el gobierno ponga de su parte, no tiene diálogo con la gente para poder sacar buenas alternativas		ponga, tiene, diálogo, poder, sacar	gobierno, diálogo, gente, alternativas	
	el de desarrollo social dice que esta agua es solamente para regar árboles y plantas de ornato, aquí se riegan mucho más cosas		dice, es, regar, riegan	Desarrollo Social, agua, árboles, plantas, cosas	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	con canal de concreto para que no se escape el agua		escape	canal, agua	
	canales con compuerta para que no se desperdicie el agua	Con canal de concreto para que no se escape el agua. Canales con compuerta para que no se desperdicie el agua. Meter canal de concreto y meter en cada parcela una toma como con el agua potable. Canal de concreto con compuerta en cada predio. Canal de concreto. Canal de concreto así no se desperdicia mucho el	desperdicie	canales, compuerta, agua	

		agua. Canal de concreto porque rinde más el agua. Canal de concreto para no desperdiciar tanta agua.			
	meter canal de concreto y meter en cada parcela una toma como con el agua potable	Así como está, está bien, porque somos muy pocos regando. Yo prefiero que se limpie la acequia. Yo digo que como está. Que se aprovechen las regaderas (acequia) secundarias porque todas están. Opino que así se aprovecha la filtración para los mantos freáticos. Yo prefiero que se limpie la acequia. Yo digo que como está. Que se aprovechen las regaderas (acequias) secundarias porque todas están. Así como está, ya no se invertiría más que en darle una limpieza a las acequias.	meter,	canal, parcela, toma, agua	La opinión que la gente tiene sobre la forma que debería de conducirse el agua tratada es variada de acuerdo a lo que conocen y han estado acostumbrados a usar. Unos dicen que debería ser por medio de canal de concreto con compuerta en cada predio como si fuera una toma de agua, con este canal se impide que se escape el agua y se desperdicie, pero si son pocos los que van a regar con esta agua, está bien así, que se limpien las acequias y que se usen todos sus secundarios porque están completos, y así se aprovecha la filtración para los mantos freáticos, y no se tendría que invertir más que en la limpieza de las acequias. Otros opinan que se entube el agua tratada y se coloquen tomas con válvula en cada predio para evitar desperdicio. En la campaña del gobierno actual se les dijo que el agua se iba a entubar o a limpiar la acequia para mantener en buen estado los nogales, y una persona de Desarrollo Social les indicó que se iba a poner una llave de entrada en cada predio
	así como está, está bien, porque somos muy pocos regando		está, somos, regando		
	opino que así se aprovecha la filtración para los mantos freáticos	El presidente actual, cuando estuvo en campaña, dijo que iba a poner tubo o a limpiar la acequia para que los nogales no se sequen. Un técnico de Desarrollo Social me dijo que la intención es poner una llave de entrada en cada predio para aprovechar el agua.	opino, aprovecha, filtración	mantos	
	canal de concreto con compuerta en cada predio			canal, compuerta, predio	
	el presidente actual, cuando estuvo en campaña, dijo que iba a poner tubo o a limpiar la acequia para que los nogales no se secan	Tubería para que no haya pérdida, bajadas secundarias y tomas con válvula para cada predio. Por tubería estaría bien. Entubada, dejar salidas de agua en cada predio, así no se desperdiciaría. Tubería de PVC, con diámetro de 12" creo que es suficiente, con tomas en cada predio	estuvo, dijo, poner, limpiar, secaran	presidente, campaña, tubo, acequia, nogales	
	yo prefiero que se limpie la		prefiero, limpie	acequia	

	acequia				
	yo digo que como está		digo, está		
¿Cómo cree usted que debería de conducirse el agua tratada?	que se aprovechen las regaderas(acequia) secundarias porque todas están	es cuestión de ponerse de acuerdo para distribuir el agua	aprovechen, están	regaderas(acequia)	
	tubería para que no haya pérdida, bajadas secundarias y tomas con válvula para cada predio		haya,	tubería, bajadas, tomas, válvula, predio	
	canal de concreto			canal	
	canal de concreto, así no se desperdicia mucho el agua		desperdicia	canal, agua	
	canal de concreto porque rinde más el agua		rinde	canal, agua	
	por tubería estaría bien		estaría	tubería	
	canal de concreto para no desperdiciar tanta agua		desperdiciar	canal, agua	
	entubada, dejar salidas de agua en cada predio, así no se desperdiciaría		entubada, dejar, desperdiciaría	Salidas, agua, predio	
	es cuestión de ponerse de acuerdo para distribuir el agua		es, ponerse, distribuir	agua	
	así como está, ya no se invertiría más que en darle una limpieza a las acequias		está, invertiría, darle , limpieza	acequia	
	tubería de PVC, con diámetro de 12" creo que es suficiente, con tomas en cada predio		creo, es	tubería, tomas, predio	
	un técnico de desarrollo social me dijo que la intención es poner una llave de entrada a cada predio para aprovechar el agua		dijo, poner, aprovechar	técnico, llave, predio, agua	

CONTEXTUALIZANDO		DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN	
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	pos será de	Pos será de todo.	será		

	todo	Con el agua tratada se pueden regar todos los antes mencionados			
	con el agua tratada se pueden regar todos los antes mencionados	Los que no vayan en contacto con el agua. Son los que los frutos de la planta no toquen la tierra.	pueden, regar, mencionados	agua	En estos momentos algunos de los usuarios no tiene una idea clara sobre cuáles son los cultivos que se recomiendan regar con agua tratada, algunos están regando de todo como lo hacían anteriormente con agua limpia de la acequia, otros usan esta agua para regar cultivos cuyo producto no tenga contacto con el agua para evitar su contaminación otros riegan pastura o árboles frutales como el nogal.
	los que no vayan en contacto con el agua	Pura pastura. Muchos dijeron que cuando menos para sembrar pastura	vayan	agua	
	maíz, alfalfa, avena, chícharo, haba, árboles frutales, sandía, pepino	maíz, alfalfa, avena, chícharo, haba, árboles frutales, sandía, pepino		maíz, alfalfa, avena, chícharo, haba, árboles, sandía, pepino	
	pura pastura			pastura	
¿Cuáles son los cultivos que más se recomiendan regar con agua tratada?	varios, pues esa agua tratada ya está limpia para regar cosas que se comen, ese es mi punto de vista	Varios, pues esa agua tratada ya está limpia para regar cosas que se comen, ese es mi punto de vista. Así como está, está preparada para cualquier cultivo.	está, regar, comen	agua, cosas	
	muchos dijeron que cuando menos para sembrar pastura	maíz y avena, legumbres no. Maíz. Maíz. Frijol. Cebolla y cilantro no. Maíz, Frutales.	dijeron, sembrar	pastura	
	no sé		sé		
	maíz y avena, legumbres no	Pero al no haber más con que regar, también legumbres		maíz, avena, legumbres	
	pero al no haber más con que regar, también legumbres		haber, regar	legumbres	
	no sé		sé		
	maíz es el más apropiado		es	maíz	
	no sé cuales, pero he oído que muchos de los cultivos que se están sembrando no se deben de regar	No sé. No sé. No se cuales, pero he oído que muchos de los cultivos que se están sembrando no se deben de regar. Realmente no sé mucho.	sé, he, oído, están, sembrando, deben, regar	cultivos	
	son los que los frutos de la planta no toquen la tierra		toquen	frutos, planta, tierra	
	el maíz			maíz	
	realmente no sé mucho		sé		
	maíz, frijol			maíz, frijol	
	cebolla y cilantro no			cebolla, cilantro	
	así como está, está preparada para cualquier		está, preparada	cultivo	

	cultivo				
	maíz			maíz	
	frutales			frutales	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	porque hace falta que alguien distribuya el agua, que la reparta por días	Porque hace falta que alguien distribuya el agua, que la reparta por días. Que haya un encargado. No hay quién organice.	hace, distribuya, reparta	alguien, agua, días	
	que haya un encargado		haya	encargado	
	falta de organización de la presidencia y facilidades	No hay interés de los propietarios.	organización	presidencia	
	el anterior presidente tenía buena voluntad y venía a diario	Falta de organización de la presidencia y facilidades. No hay interés de las autoridades, que nos incentiven. El presidente municipal no ha hecho esa organización. Porque se están empezando a acercar las autoridades. El anterior presidente tenía buena voluntad y venía a diario. El municipio no ha hecho juntas con las personas que están interesadas.	tenía, venía	presidente	No se ha definido una forma de repartir el agua por falta de organización e interés, tanto de las autoridades como de los propietarios de las parcelas, no se tiene un encargado que organice el reparto del agua tratada. En estos momentos, es poca la gente que está trabajando las tierras, hay varias tierras abandonados porque dicen que ya no costea trabajarlas. A estas personas les falta comunicación y unión para ponerse de acuerdo y tener alguna junta o reunión donde se obtenga una propuesta y presentársela a las autoridades correspondientes para llegar a una solución. También falta una parte del sistema de la planta tratadora que no ha sido conectada, todavía no está terminado y algunos usuarios están esperando que se resuelva esta situación y ver que pasa para pedir información. Las autoridades correspondientes deben de acercarse, incentivar y organizar a los agricultores que están interesados en el uso del agua tratada.
	no hay interés de los propietarios	Me imagino que no nos hemos puesto de acuerdo los vecinos. La gente no se pone de acuerdo. No se ha hecho ninguna junta o reunión. La gente no se pone de acuerdo. No hay un acuerdo entre todos. Si hubiera unión esto se arreglaría.	hay	propietarios	
	no hay interés de las autoridades, que nos incentiven		hay, incentiven	autoridades	
	porque se están empezando a acercar las autoridades	Por puras envidias y conveniencias de algunos de los dueños de los terrenos, es por eso que no se han podido poner de acuerdo.	están, empezando, acercar	autoridades	
	el presidente municipal no ha hecho esa		ha, hecho	presidente, organización	

	organización				
	me imagino que no nos hemos puesto de acuerdo los vecinos	No sé, yo nada mas vengo de vez en cuando.	imagino, hemos	vecinos	
	no se ha hecho ninguna junta o reunión		Ha, hecho	junta, reunión	
	la gente no se pone de acuerdo	Están esperando información para ver qué pasa. Porque esto apenas está empezando. Porque todavía no está bien terminado todo.	pone	gente	
	no sé, yo nada mas vengo de vez en cuando		sé, vengo		
¿Por qué no se ha organizado una forma de repartir el agua tratada?	por puras envidias y conveniencias de algunos de los dueños de los terrenos, es por eso que no se han podido poner de acuerdo	Porque hay poca gente que trabaja. La mayoría de las tierras están abandonadas. Ya no costea trabajar la tierra, esto es como una diversión y como una distracción.	han, podido, poner	dueños, terrenos	
	no hay un acuerdo entre todos		hay	acuerdo	
	si hubiera unión esto se arreglaría		hubiera, arreglaría	unión	
	están esperando información para ver que pasa	nos deberían de preguntar a la gente que tenemos muchos años trabajando en esto para poder decidir qué se debe de hacer con el agua tratada	están, esperando, ver, pasa	información	
	porque esto apenas está empezando		está, empezando		
	no hay quién organice		hay, organice		
	porque todavía no está bien terminado todo	Yo creo que no es suficiente para todos, a mi parecer se necesita definir un área para el riego con el agua tratada.	está, terminado		
	porque hay poca gente que trabaja		hay, trabaja	gente	
	la mayoría de las tierras están abandonadas		están	tierras	
	ya no costea trabajar la tierra, esto es como una diversión y como una distracción		costea, trabajar, es	tierra	
	el municipio no ha hecho juntas con las		ha, hecho, están	municipio, juntas, personas	

	personas que están interesadas				
	nos deberían de preguntar a la gente que tenemos muchos años trabajando en esto para poder decidir qué se debe de hacer con el agua tratada		deberían, preguntar, tenemos, trabajando, poder, decidir, hacer	gente, agua	
	yo creo que no es suficiente para todos, a mi parecer se necesita definir un área para el riego con el agua tratada		creo, necesita, definir	área, riego, agua	

CONTEXTUALIZANDO			DESCONTEXTUALIZANDO		CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	algunos no quisieron el agua, dirán que no está limpia, es gente que no sabe nada	Algunos no quisieron el agua, dirán que no está limpia, es gente que no sabe nada. Algunos dicen que les deja algunos residuos y no les gustó. Dicen que huele mal. Que no sale tan limpia algunas veces, eso dicen algunos.	quisieron, dirán, está, sabe	agua, gente	
	el agua se filtra en la tierra y se limpia	Unos dicen que no sirve y otros que sí. La mayoría está conciente de que sí sirve para la siembra.	filtra, limpia	agua, tierra	
	unos dicen que no sirve y otros que sí	Un vecino dice que no sirve. El hijo de don Arturo dice que el agua no sirve. Que no está buena.	dicen, sirve		Por principio de cuentas los agricultores de la región no son muy comunicativos entre ellos. Hay trabajadores de parcelas que no quieren usar esta agua porque dicen que no está limpia, que les deja algunos residuos y que huele mal, parece ser que es gente que no tiene información sobre el agua tratada, otros opinan que sí sirve para la siembra y sería muy bueno aprovecharla y de gran beneficio. En estos momentos los más beneficiados son las personas que tienen sus tierras cercanas a la planta tratadora, además la planta tratadora está ubicada al lado de la acequia de los Aguacates y no se han tomado en cuenta a las personas de la acequia del Salitre que es la del otro lado del río, y el agua se debe de compartir entre las dos acequias.
	la mayoría está conciente de que sí sirve para la siembra	El agua se filtra en la tierra y se limpia	está, sirve	siembra	
	algunos dicen que les deja algunos residuos y no les gustó		dicen, deja, gustó	residuos	

	dicen que huele mal	Ninguno. No, casi no platico con los demás. No he escuchado comentarios. No sé qué piensan los demás porque no nos comunicamos. No he platicado ahorita con nadie. Poco, que si se hace será un buen beneficio. Aquí la gente no es muy comunicativa. Nos falta comunicación por eso no hay avances y por consecuencia no hay producción.	dicen, huele		
	un vecino dice que no sirve		dice, sirve	vecino	
	es cuestión política por estar mal informados		es, estar, informados	política	
	el hijo de don Arturo dice que el agua no sirve		dice, sirve	hijo, Arturo, agua	
	ninguno				
	no, casi no platico con los demás		platico		
	que no sale tan limpia algunas veces, eso dicen algunos	Nos comentaron los encargados de la planta tratadora que a lo mejor el agua pasa por donde regamos, y sería muy bueno aprovecharla.	sale, dicen	algunos	
	que no está buena		está		
	no he escuchado comentarios	Ahorita sólo los que se benefician del agua tratada son los más cercanos a la tratadora.	escuchado	comentarios	
¿Cuáles son los comentarios de los demás dueños o encargados de las parcelas acerca del uso del agua tratada?	nos comentaron los encargados de la planta tratadora que a lo mejor el agua pasa por donde regamos, y sería muy bueno aprovecharla	Sólo sé que no se tomó en cuenta la acequia del Salitre, que es la del otro lado del río, solamente tomaron en cuenta la de los Aguacates, que es esta, entonces dicen ahora que se debe de compartir el agua entre las dos acequias y yo lo veo muy bien.	comenta- ron, pasa, regamos, sería, aprove- charla	encargados, planta, agua	
	no sé qué piensan los demás porque no nos comunicamos		sé, piensan, comunica- mos		
	no he platicado ahorita con nadie		platicado		

	ahorita sólo los que se benefician del agua tratada son los más cercanos a la tratadora		benefician	agua, tratadora	
	poco, que si se hace será un buen beneficio		hace, será	beneficio	
	aquí la gente no es muy comunicativa		es	gente	
	nos falta comunicación por eso no hay avances y por consecuencia no hay producción		falta, hay	producción	
	sólo sé que no se tomó en cuenta la acequia del Salitre, que es la del otro lado del río, solamente tomaron en cuenta la de los Aguacates, que es esta, entonces dicen ahora que se debe de compartir el agua entre las dos acequias y yo lo veo muy bien		sé, tomó, es, tomaron, dicen, debe, compartir, veo	acequia, río, agua	

CONTEXTUALIZANDO		DESCONTEXTUALIZANDO			CONTEXTUALIZACIÓN
PREGUNTA	RESPUESTAS	AGRUPACIÓN	VERBOS	SUSTANTIVOS	RECONSTRUCCIÓN DEL DISCURSO
	yo sabía que sí se pueden comer, sí me los comería	Yo no me los comería. No mucha. No con mucha confianza. No muy confiado. No me los comería.	sabía, pueden, comer, comería		
	mi hermano vende elotes de Soledad regados con aguas negras y si se los comen		vende, regados, comen	hermano, elotes, Soledad, aguas	
	con mucha confianza, porque uno mismo los cultiva	Mi hermano vende elotes de Soledad regados con aguas negras y sí se los comen. No se trata de confianza, sino que uno no sabe de dónde vienen los productos y con qué tipo de agua los han regado. Yo no me animaría, pero a lo mejor, ya he comido	cultiva		Algunos agricultores no tienen la confianza y tampoco se animarían a consumir los productos regados con aguas tratadas. "Ellos no se los comerían", pero están concientes que probablemente ya han comido de estos productos porque no se han dado cuenta ni se han enterado con qué tipo de agua los han regado. Por otra parte están los que sí se comerían, con mucha confianza, cualquier producto regado con agua tratada, y algunos otros mientras no les pase nada seguirán consumiéndolos, otros solamente consumirán productos que sean propios de regar con el agua tratada.

		y no me he dado cuenta. Si no te enteras no tienes problemas.			
	la gente que los come no pregunta si se riegan con agua tratada		come, pregunta, riegan	gente, agua	
	si no te enteras no tienes problemas		enteras, tienes	problemas	
	el 100% confiables por la experiencia y los años que tengo en este ramo		tengo	100%, años, ramo	
	sí los consumo y también la familia		consumo	familia	
	yo no me los comería		comería		
¿Cuál es la confianza que tiene usted en el consumo de los productos regados con aguas tratadas?	mientras no me lleve la chingada, todo está bien, si me las como	Yo sabía que sí se pueden comer, sí me los comería. La gente que los come no pregunta si se riegan con agua tratada. Sí los consumo y también la familia. El 100% confiables por la experiencia y los años que tengo en este ramo. Con mucha confianza porque uno mismo los cultiva. Mientras no me lleve la chingada, todo está bien, si me las como. Dependiendo del producto, yo creo que sí los comería.	lleve, está, como		
	no mucha				
	yo no me animaría, pero a lo mejor, ya he comido y no me he dado cuenta		animaría, he, comido, dado		
	no se trata de confianza, sino que uno no sabe de dónde vienen los productos y con qué tipo de agua los han regado		trata, sabe, vienen, han, regado	confianza, productos, agua	
	dependiendo del producto, yo creo que sí los comería		dependiendo, creo, comería	producto	
	no con mucha confianza			confianza	
	no muy confiado				
	no me los comería		comería		

Tablas

Tabla 1 coeficientes de uso consuntivo (K) para diferentes cultivos

CULTIVO	PERIODO DE CRECIMIENTO VEGETATIVO	COEFICIENTE K
Aguacate	Todo el año	0.50 a 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas En invierno	0.80 a 0.85 0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60 a 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.0 a 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60 a 0.65
Cacao	Todo el año	0.75 a 0.80
Café	Todo el año	0.75
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Todo el año	0.75 a 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 a 0.65
Cereales de grano pequeño (alpiste, avena, cebada, trigo)	3 a 6 meses	0.75 a 0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 a 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárragos	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Todo el año	0.45 a 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 a 0.70
Frutales de hoja caduca	Entre heladas	0.60 a 0.70
Frutales perennifolios	Todo el año	0.75 a 0.80 de ETA ¹
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 a 0.70
Girasol	4 meses	0.50 a 0.65
<i>Gladiola</i>	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60 a 0.70
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechuga y Col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 a 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75 a 0.85
Mango	Todo el año	0.75 a 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.70
Nogal	Entre heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 a 0.75
Palma datilera	Todo el año	0.80 a 0.85
Palma de coco	Todo el año	0.80 a 0.90
Papaya	Todo el año	0.60 a 0.80
Plátano	Todo el año	0.80 a 1.0
Pastos de gramíneas	Todo el año	0.75
Trébol ladino	Todo el año	0.80 a 0.85
Remolacha	6 meses	0.65 a 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 7 meses	0.60 a 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70 a 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70
zanahoria	2 a 4 meses	0.60

Fuente: inifap, 2001

Tabla 2 Porcentajes (p) de horas luz en el día para cada mes respecto al total anual

LAT. NTE.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.39	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

Fuente: inifap, 2001

Tabla 3 Datos climatológicos en la estación Santa María del Río
 Latitud: 21° 48' N Longitud: 100° 44' O Altitud: 1,710 m.s.n.m.

concepto	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D
Temperatura media mensual (T) en °C	14.2	16.0	19.0	21.1	22.5	22.0	21.0	21.1	20.3	18.3	16.3	14.6
Lluvia media mensual total (P) en mm.	7.9	5.4	13.1	22.4	38.9	61.2	61.6	58.2	70.9	23.0	7.1	13.3

Fuente: estación climatológica Santa María del Río

Tabla 4 Profundidad radicular de los principales cultivos

cultivo	Profundidad radicular (Pr). metros
Alfalfa	1.50 a 3.00
Algodón	1.20 a 1.80
Caña de azúcar	1.00
Cebolla	0.45
Cereales (trigo, cebada, etc.)	1.20
Cítricos	1.20 a 1.80
Col	0.60
Fríjol	0.90
Frutales de hojas caedizas	1.80 a 2.40
Jitomate	1.80 a 3.00
Lechuga	0.30 a 0.45
Maíz	1.20 a 1.50
Melón	1.20 a 1.50
Nuez de nogal	3.60
Papas, chícharos, fresas y soya	0.90 a 1.20
Pastos	1.00
Remolacha azucarera	1.20 a 1.80
Sandía	1.80
Sorgo	1.20
Tabaco	1.25
Vid	1.50 a 3.00
Zanahorias	0.60 a 0.90

Fuente: Campos, 1998

Tabla 5 Precipitación efectiva media mensual* con relación a la precipitación media mensual y al uso consuntivo promedio mensual (U.S. Soil Conservation service, 1967).

Lluvia Media Mensual en mm	Uso consuntivo promedio mensual, en mm													
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
	Precipitación efectiva media mensual , en mm													
12.5	7.5	8.0	8.7	9.0	9.2	10.0	10.5	11.2	11.7	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
25.0	15.0	16.2	17.5	18.0	18.5	19.7	20.5	22.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
37.5	22.5	24.0	26.2	27.5	28.2	29.2	30.5	33.0	36.2	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
50.0	25.0 (en 41.7)	32.2	34.5	35.7	36.7	39.0	40.5	43.7	47.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
62.5	25.0	39.7	42.5	44.5	46.0	48.5	50.5	53.7	57.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
75.0	25.0	46.2	49.7	52.7	55.0	57.5	60.2	63.7	67.5	73.7	75.0	75.0	75.0	75.0
87.5	25.0	50.0 (en 60.7)	56.7	60.2	63.7	66.0	69.7	73.7	77.7	84.5	87.5	87.5	87.5	87.5
100.0	25.0	50.0	63.7	67.7	72.0	74.2	78.7	83.0	87.7	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
112.5	25.0	50.0	70.5	75.0	80.2	82.5	87.2	92.7	98.0	105.0	111.0	112.0	112.0	112.0
125.0	25.0	50.0	75.0 (en 122.0)	81.5	87.7	90.5	95.7	102.0	108.0	115.0	121.0	125.0	125.0	125.0
137.5	25.0	50.0	75.0	88.7	95.2	98.7	104.0	111.0	118.0	126.0	132.0	137.0	137.0	137.0
150.0	25.0	50.0	75.0	95.2	102.0	106.0	112.0	120.0	127.0	136.0	143.0	150.0	150.0	150.0
162.5	25.0	50.0	75.0	100.0 (en 160.0)	109.0	113.0	120.0	128.0	135.0	145.0	153.0	160.0	162.0	162.0
175.0	25.0	50.0	75.0	100.0	115.0	120.0	127.0	135.0	143.0	154.0	164.0	170.0	175.0	175.0
187.5	25.0	50.0	75.0	100.0	121.0	126.0	134.0	142.0	151.0	161.0	170.0	179.0	185.0	187.0
200.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0 (en 187.0)	133.0	140.0	148.0	158.0	168.0	178.0	186.0	196.0	200.0
225.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	144.0	151.0	160.0	171.0	182.0				
250.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0 (en 240.0)	161.0	170.0	183.0	194.0				
275.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	171.0	181.0	194.0	205.0				
300.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0 (en 287.0)	190.0	203.0	215.0				
325.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	198.0	213.0	224.0				
350.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0 (en 331.0)	220.0	232.0				
375.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0 (en 372.0)	240.0				
400.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	247.0				
425.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0 (en 412.0)				
450.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0				

* basada en 7.5 cm. De lámina de riego

Fuente: Campos, 1998

Tabla 6 Factores de ajuste para relacionar la precipitación efectiva media mensual con la lámina neta de riego (Lr).

Lr mm	Factor	Lr mm	Factor	Lr mm	Factor
10.00	0.620	31.25	0.818	70.00	0.990
12.50	0.650	32.50	0.826	75.00	1.000
15.00	0.676	35.00	0.842	80.00	1.004
17.50	0.703	37.50	0.860	85.00	1.008
18.75	0.720	40.00	0.876	90.00	1.012
20.00	0.728	45.00	0.905	95.00	1.016
22.50	0.749	50.00	0.930	100.00	1.020
25.00	0.770	55.00	0.947	125.00	1.040
27.50	0.790	60.00	0.963	150.00	1.060
30.00	0.808	65.00	0.977	175.00	1.070

Fuente: Campos, 1998

Tabla 7 Factores de ajuste de lluvia efectiva de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia

Precipitación media anual en mm.	Probabilidad de ocurrencia, en %				
	50	60	70	80	90
76.2	0.80	0.68	0.56	0.45	0.33
101.6	0.84	0.72	0.61	0.50	0.38
127.0	0.87	0.76	0.65	0.54	0.42
152.4	0.88	0.78	0.68	0.57	0.45
177.8	0.89	0.79	0.69	0.60	0.48
203.2	0.90	0.81	0.71	0.62	0.51
228.6	0.91	0.82	0.73	0.63	0.53
254.0	0.92	0.83	0.75	0.65	0.55
304.8	0.93	0.85	0.78	0.69	0.58
355.6	0.94	0.86	0.79	0.71	0.61
406.4	0.95	0.88	0.81	0.73	0.63
457.2	0.95	0.89	0.82	0.74	0.65
508.0	0.96	0.90	0.83	0.75	0.67
558.8	0.96	0.90	0.84	0.77	0.69
609.6	0.97	0.91	0.84	0.78	0.70
660.4	0.97	0.92	0.85	0.79	0.71
711.2	0.97	0.92	0.86	0.80	0.72
762.0	0.97	0.93	0.87	0.81	0.73
889.0	0.98	0.93	0.88	0.82	0.75
1,016.0	0.98	0.94	0.89	0.83	0.77
1,143.0	0.98	0.94	0.90	0.84	0.78
1,270.0	0.98	0.95	0.91	0.85	0.79
1,397.0	0.99	0.95	0.91	0.86	0.80
1,524.0	0.99	0.95	0.91	0.87	0.81
1,778.0	0.99	0.95	0.92	0.88	0.83
2,032.0	0.99	0.95	0.92	0.89	0.85
2,286.0	0.99	0.96	0.93	0.90	0.86

Fuente: Campos, 1998

Tabla 8 Valores tentativos de las eficiencias de conducción y de aplicación

Características del proyecto	Eficiencias, en %	
	conducción	aplicación
Riego por gravedad, con canales en tierra. Distrito pequeño y compacto.	75	60 a 75
Riego por gravedad, con canales en tierra. Distrito grande y extenso.	70	60 a 75
Igual a (1), pero con canales revestidos.	85	65 a 75
Igual a (1), pero con canales revestidos.	80	65 a 75
Riego por aspersión, con conducción revestida. Zonas pequeñas y compactas.	90	80 a 85
Riego por aspersión, con conducción revestida. Zonas extensas.	85	80 a 85
Riego por goteo, con conducción por tubería. Zonas pequeñas y compactas.	95	90 a 95
Riego por goteo, con conducción por tubería. Grandes extensiones.	90	90 a 95

Fuente: Campos, 1998

Tabla 9 Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos de cultivos anuales

CULTIVOS																	
% DE DESARROLLO	maíz	trigo	algodón	sorgo	cártamo	soya	arroz	frijol	ajonjolí	garbanzo	cebada	jitomate	linaza	chile	papaya	cahuates	Cucurbitáceas
0	0.42	0.15	0.20	0.30	0.14	0.51	0.45	0.50	0.30	0.30	0.15	0.43	0.30	0.48	0.30	0.15	0.45
5	0.45	0.20	0.22	0.35	0.16	0.45	0.50	0.54	0.35	0.35	0.20	0.43	0.35	0.50	0.35	0.17	0.47
10	0.48	0.30	0.25	0.40	0.18	0.41	0.55	0.60	0.40	0.40	0.30	0.43	0.40	0.55	0.40	0.20	0.50
15	0.51	0.40	0.25	0.45	0.22	0.45	0.60	0.65	0.50	0.50	0.40	0.45	0.50	0.65	0.45	0.25	0.53
20	0.60	0.55	0.32	0.60	0.27	0.51	0.72	0.73	0.60	0.55	0.55	0.45	0.55	0.75	0.50	0.29	0.56
25	0.65	0.70	0.40	0.70	0.35	0.51	0.80	0.80	0.70	0.65	0.70	0.50	0.70	0.80	0.60	0.36	0.60
30	0.70	0.90	0.50	0.80	0.44	0.51	0.85	0.90	0.80	0.70	0.90	0.55	0.90	0.90	0.70	0.43	0.65
35	0.80	1.10	0.62	0.90	0.54	0.52	0.90	0.97	0.87	0.75	1.10	0.65	1.00	0.95	0.62	0.82	0.70
40	0.90	1.25	0.89	1.00	0.64	0.55	0.92	1.05	0.95	0.78	1.25	0.75	1.10	0.93	0.97	0.61	0.75
45	1.00	1.40	0.90	1.08	0.76	0.57	0.93	1.10	1.00	1.80	1.40	0.85	1.15	1.03	1.05	0.61	0.80
50	1.05	1.50	0.98	1.07	0.88	0.60	0.93	1.12	1.10	0.82	1.50	0.95	1.20	1.05	1.16	0.80	0.81
55	1.07	1.57	1.00	1.05	0.97	0.63	0.93	1.12	1.20	0.85	1.57	1.00	1.28	1.05	1.25	0.90	0.82
60	1.08	1.62	1.02	1.00	1.07	0.66	0.92	1.10	1.28	0.85	1.62	1.03	1.30	1.05	1.30	1.00	0.80
65	1.07	1.61	1.00	0.95	1.07	0.68	0.90	1.05	1.30	0.82	1.61	1.02	1.35	1.03	1.35	1.01	0.79
70	1.05	1.55	0.95	0.90	1.08	0.70	0.85	1.02	1.32	0.80	1.55	0.98	1.30	1.00	1.38	1.02	0.77
75	1.02	1.45	0.87	0.82	1.02	0.70	0.80	0.95	1.29	0.75	1.45	0.95	1.28	0.97	1.38	0.91	0.75
80	1.00	1.30	0.80	0.75	0.96	0.69	0.66	0.87	1.25	0.70	1.30	0.90	1.25	0.90	1.35	0.80	0.72
85	0.95	1.10	0.75	0.70	0.86	0.63	0.63	0.80	1.10	0.65	1.10	0.85	1.10	0.85	1.33	0.60	0.71
90	0.90	0.95	0.65	0.65	0.76	0.56	0.58	0.72	1.00	0.60	0.95	0.80	0.95	0.80	1.30	0.41	0.70
95	0.87	0.80	0.55	0.60	0.60	0.43	0.55	0.70	0.90	0.50	0.80	0.75	0.60	0.70	1.25	0.25	0.67
100	0.85	0.62	0.50	0.55	0.45	0.31	0.47	0.62	0.50	0.40	0.62	0.70	0.60	0.60	1.20	0.11	0.65

Fuente: inifap, 2001

Tabla 10 Coeficientes de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos de cultivos perennes

MES	CAÑA DE AZÚCAR	ALFALFA	PASTOS	VID	CÍTRICOS	FRUTALES DE HOJA CADUCA	FRUTALES DE HOJA PERENNE
1	0.30	0.65	0.48	0.20	0.65	0.20	0.60
2	0.35	0.75	0.60	0.23	0.67	0.25	0.75
3	0.50	0.85	0.75	0.30	0.69	0.35	0.85
4	0.60	1.00	0.85	0.50	0.70	0.65	1.00
5	0.77	1.10	0.87	0.70	0.71	0.85	1.10
6	0.90	1.13	0.90	0.80	0.72	0.95	1.12
7	0.98	1.12	0.90	0.80	0.72	0.98	1.12
8	1.02	1.08	0.87	0.75	0.71	0.85	1.05
9	1.02	1.00	0.85	0.67	0.70	0.50	1.00
10	0.98	0.90	0.80	0.50	0.68	0.30	0.85
11	0.90	0.80	0.65	0.35	0.67	0.20	0.75
12	0.78	0.65	0.60	0.25	0.65	0.20	0.60

Fuente: inifap, 2001

Tabla 11 Resumen de las propiedades físicas del suelo

Textura del suelo	Conductividad Hidráulica (mm/hr)	Porosidad %	Densidad Aparente Da	Capacidad de campo (C.C.) %	Punto de marchitamiento permanente (PMP) %	Humedad utilizable (H.U)		
						% del peso seco (H.U.)p= C.C. - PMP	% de volumen (H.U)v= (C.C. - PMP) Da	En mm por m d=1000 $\left[\frac{(H.U.)v}{100} Pr \right]^n$
Arenoso	50 (25 - 255)	38 (32 - 42)	1.65 (1.55 - 1.80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	80 (70 - 100)
Francoso - Arenoso	25 (13 - 76)	43 (40 - 47)	1.50 (1.40 - 1.60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	120 (90 - 150)
Francoso	13 (8 - 20)	47 (43 - 49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	170 (140 - 190)
Francoso - Arcilloso	8 (2.5 - 18)	49 (47 - 51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	190 (170 - 220)
Arcilloso - Arenoso	2.5 (0.3 - 5)	51 (49 - 53)	1.30 (1.25 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	230 (180 - 230)
Arcilloso	5 (0.1 - 1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	230 (200 - 250)

Nota: el rango normal se tiene entre paréntesis

Fuente: Campos, 1998