

La Agricultura de Riego y el Riego con Aguas Negras¹

José Odón García García *

Resumen

En este artículo se abordan varios temas relacionados con el recurso agua y su uso, específicamente en la agricultura (riego), así como la problemática que surge a raíz de su contaminación. Esta temática se analiza desde un nivel mundial hasta aterrizar en el Valle Morelia-Queréndaro, para visualizar la magnitud de este problema que es el uso de las aguas negras para riego agrícola. Se cuestiona y se reflexiona acerca de cómo un recurso que en cierto momento fue un factor dinamizador de las actividades productivas, en la actualidad se puede llegar a distinguir por ser un elemento que ocasione un fuerte deterioro en otros recursos (tal es el caso del suelo) y limite las alternativas de la población para su desarrollo.

*** Profesor Investigador
de la Facultad de Economía
"Vasco de Quiroga"
de la UMSNH.**

¹ Este artículo tiene como antecedente a la Investigación de Tesis "La Unión de Productores Agropecuarias del Valle Morelia-Queréndaro: Una Alternativa para la Comercialización, 2000, de la Maestría en Desarrollo Rural Regional de la Universidad Autónoma Chapingo y apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Introducción

El agua siempre ha constituido un factor fundamental en las actividades generales y productivas del hombre, teniendo múltiples formas de utilización, las cuales van desde el consumo humano y el industrial hasta el riego agrícola y la producción de energía; en nuestra sociedad tanto el desarrollo como los avances de la tecnología han ido ampliando dicha dependencia, y es característico en las poblaciones actuales la sobreexplotación de dicho recurso debido a sus altos niveles de consumo.

Cuando se considera la disponibilidad de agua hay que tener en cuenta, tanto la cantidad como la calidad que en muchos casos es amenazada por la contaminación de los cursos fluviales o la salinización de las capas freáticas, como consecuencia de extracciones abusivas. Por ello es que se explica que la escasez, junto con las necesidades económicas relativas a la tecnología de la extracción y la depuración son problemas que agudizarán probablemente las tensiones regionales hasta extremos potencialmente graves, situaciones que en algunos lados ya se está observando, tal es el caso del Valle del Mezquital en Hidalgo y, en menor medida, el Valle Morelia-Queréndaro en Michoacán.

En este trabajo se plantea, como el agua puede provocar fuertes problemas -de salud, productivos y económicos- a la población como consecuencia de su contaminación química y biológica, esto se ha producido por los residuos domésticos e industriales que a través del agua de lluvia, de los escurrimientos y de las filtraciones, han alcanzado los cursos fluviales que abastecen a la sociedad. De ahí que el consumo -y el contacto- de agua, o de productos agropecuarios regados con ella, si está contaminada se convierte en un medio para transmitir una amplia variedad de infecciones y enfermedades.

Así el agua que en cierto momento fue un factor dinamizador de las actividades productivas, en la actualidad se está distinguiendo por ser un elemento que ha ocasionado un fuerte deterioro en los recursos, frenando las alternativas para enfrentar el entorno económico.

En este trabajo se revisarán varios puntos relacionados con el recurso agua y su uso, específicamente en la agricultura (riego), así como la problemática

surgida a raíz de su contaminación. Abordaré esta temática desde un nivel mundial hasta aterrizar en el Valle Morelia-Queréndaro (en donde se ubica la capital del Estado: Morelia), para visualizar la magnitud de este problema que es el uso de las aguas negras para riego agrícola.

El Recurso Agua y su Problemática

El Agua

El agua es uno de los grandes recursos que nos proporciona la naturaleza y también es un aspecto indispensable para la vida del hombre y para sus actividades productivas. En la superficie de la tierra el agua es el elemento más abundante, ya que cubre cerca de tres cuartas partes de la tierra, además depósitos y corrientes subterráneos vienen a aumentar su proporción (Bassols, 1986: 129).

Pareciera que existe un buen abastecimiento pero, la mayoría del agua del planeta se almacena en los océanos –agua salada- (97.39%), en los territorios glaciares y banquisas (2.01%); gran parte del resto del recurso está contenido en las formaciones geológicas (0.54%); y solo el 0.06% se encuentra como agua superficial, de ésta más de la mitad es salada; de ahí que el agua potable (dulce) disponible constituye menos del 0.02% de la hidrósfera. De estas últimas, el 95% está almacenada en lagos, dejando solo el 0.001% en ríos y arroyos, a pesar de esta escasez el volumen que se utiliza para consumo humano es más que suficiente para satisfacer las necesidades actuales y del futuro cercano (Antón en Ávila, 1998).

Bassols (1986) señala algunos de los usos que se le da a este recurso en México, estos son: el agua como alimento, el agua en la vida doméstica, el agua en la ciudad, el agua en la industria, el agua en la agricultura (riego), el agua en las comunicaciones (navegación), el agua como valor estético (turismo), entre otros. El hombre es en sí mismo un sistema acuoso y todos los recursos bióticos que forman nuestro suministro de alimentos tienen grandes cantidades de agua en estado líquido.

Problemática Observada en el Recurso Agua

El agua siempre ha constituido un factor fundamental en las actividades del hombre y posteriormente en sus actividades productivas (agricultura, industria, comercio) pero, cabe recordar que el desarrollo y los avances de la tecnología no han hecho más que ampliar dicha dependencia. Así, es característico de la sociedad industrial el aumento del consumo de agua; a nivel mundial, del total de actividades que realiza el hombre, la industria captaba un 22% del agua en 1976 y se espera que rebase el 41% después del año 2000 (Cuello y Tola, 1995: 18).

Cuando se considera la disponibilidad de agua hay que tener en cuenta, tanto la cantidad como la calidad que en muchos casos es amenazada por la contaminación de los cursos fluviales o la salinización de las capas freáticas, como consecuencia de extracciones abusivas. Por ello es que se explica que la escasez, junto con las necesidades económicas relativas a la tecnología de la extracción y la depuración son problemas que agudizarán probablemente las tensiones regionales hasta extremos potencialmente graves, situaciones que en algunos lados ya se está observando, como se explicará en apartados posteriores.

Danilo Antón (en Ávila, 1998) hace una revisión de la problemática del agua existente al final del milenio. Explica cómo el ciclo geomórfico del agua trae consigo una suministración desigual del recurso hídrico en las diferentes zonas del mundo, tal es el caso de las zonas con clima tropical en donde se observa un exceso de agua y que, contrario a lo que se creería, es también un problema pues al tratar de usar —en este caso sería controlar— este recurso aumentan los costos por un fenómeno que es singular en este tipo de condiciones climáticas: las inundaciones (Toledo, 1995: 48). Las cuales pueden destrozar infraestructura habitacional, de servicios, equipo industrial, zonas ganaderas y de cultivo, así como propiciar la aparición de enfermedades y plagas, tales son los casos de Tabasco y Chiapas (Melville en Ávila, 1998: 168).

Otros problemas son las dificultades en el manejo de cuencas hidrográficas internacionales, que puede dar lugar a conflictos entre países; el uso y abuso de este recurso por parte de la sociedad en general, principalmente de los

sectores productivos (sector industrial y agropecuario) y de las ciudades; el crecimiento urbano, que demanda mayores niveles en el uso del agua, así como la introducción de factores “artificiales” (presas, pozos, industrias, plantas hidroeléctricas) en los sistemas hidrológicos afectando directa o indirectamente el recurso en cuestión; un claro aumento en la vulnerabilidad de los recursos hídricos ocasionado por la disminución de su tasa de renovabilidad a raíz de la fuerte contaminación de los acuíferos (Antón en Ávila: 1998: 1-8).

Por otro lado, tenemos que el uso del agua tiene aspectos comunes con recursos como el suelo y el bosque, pero a su vez tiene particularidades que se relacionan por un lado con cuestiones físicas y con su ciclo natural y por otro, con las necesidades de la sociedad respecto a este recurso y la forma en que las resuelve.

Mass y Anderson (citado por Peña de Paz: 1998) destaca dos características de este recurso: intermitencia e impredecibilidad; esto, conduce a los hombres a establecer regulaciones para acceder a este recurso y también abre la probabilidad del conflicto por su posesión. Entonces por un lado, los escurrimientos no regulados -especialmente en un país árido- pueden traer problemas fuertes cuando los usuarios no acceden al agua en el momento en que se necesita; y por otro, el carácter impredecible de una corriente puede crear un ambiente de tensión que llega a ser desgastante en las relaciones sociales. Entonces el flujo y la irregularidad, son características que pueden dar lugar al conflicto social y a la necesidad de controlar este recurso.

Otro elemento, que rescata Peña de Paz (1997), también importante es: la escasez, donde la impredecibilidad del líquido y la demanda técnica que trae esto consigo son aspectos que fundamentan la teoría del estado despótico (Wittfogel, 1964 citado por Peña, 1997: 28). En este planteamiento el poder burocrático -base de su existencia-, es la forma que articula y moviliza a las comunidades campesinas en la construcción de grandes obras hidráulicas que aseguren la cantidad y regularidad que el abasto de este recurso necesita para las actividades. Donde solo el poder central puede garantizar la operación y mantenimiento de las obras, por la magnitud de las obras y el saber técnico que se requiere.

El agua puede provocar fuertes problemas a la población como consecuencia de su contaminación química y biológica, lo cual se produce por los residuos domésticos e industriales que a través del agua de lluvia, de los escurrimientos y de las filtraciones, alcanzan los cursos fluviales que abastecen a la sociedad. Por ello el consumo -y el contacto- de agua o de productos agropecuarios regados con ella, si está contaminada se convierte en un medio para transmitir una amplia variedad de infecciones y enfermedades (Juan en Restrepo, 1995: 20).

Hay cuatro grupos de enfermedades que son resultado del riego con aguas residuales: aquellas que se propagan por el consumo de alimentos regados con aguas negras, que son principalmente la fiebre tifoidea, la hepatitis infecciosa, la amibiasis y el cólera; enfermedades por contacto con el agua contaminada, tales como sarna, disentería, cólera y tracoma; las que se ocasionan por contacto con organismos criados en el agua, como la esquistosomiasis; y las que se originan por medio de insectos que se crían en el agua como la malaria y el dengue (Peña, 1997: 42-43). Así, las aguas negras tienen una gran gama de patógenos como: helmintos, protozoarios, virus y bacterias, que pueden generar severas infecciones en el hombre.

El Uso del Agua: La Agricultura de Riego

El agua tiene múltiples formas de utilización, las cuales van desde el consumo humano y el industrial hasta el riego agrícola y la producción de energía. Entonces vemos que un determinante en el surgimiento de las grandes civilizaciones ha sido el riego, siendo así un elemento importante en una actividad productiva de la cual se obtiene la alimentación de un país: la agricultura. Por ello es que se comenta que el valor del recurso va adquiriendo más relevancia conforme se diversifica su uso, entre más escaso y necesario sea tiende a adquirir mayor valor, cuando esta situación se generalice el uso del agua para riego tendrá que ser más eficiente para que pueda satisfacer todas las necesidades (FIRA, 1998).

La Agricultura de Riego en el Mundo

Revisando algunos antecedentes sobre la agricultura de riego en el mundo tenemos que en el año 1800 se estimaba una superficie de 8 millones de

hectáreas bajo riego. A fines de siglo la cifra pasó a 48 millones de hectáreas. Y ya para el año de 1950 la superficie bajo riego alcanzó la cifra de los 94 millones de hectáreas, de 1950 a la fecha ha pasado a más de 235 millones de hectáreas. Desde finales de los setenta la expansión del riego ha disminuido marcadamente, así mientras que durante los sesenta y los setenta la tasa de crecimiento anual fue de entre 2% y 4%; dicha tasa decreció a partir de 1979 a solo 1%, la cual es menor que la tasa de crecimiento de la población (Orona, 1998: 3).

Varios indicadores (FAO, 1999) sobre el riego en las principales regiones del mundo nos dicen que hay países con un fuerte crecimiento en este rubro, como Canadá que de 350 mil hectáreas que tenía en 1961 pasó a 720 mil hectáreas, aumentando 2 veces; o el caso de Estados Unidos que pasa de 14 millones a 21 millones, aumentando 1.5 veces; México también ha tenido un crecimiento dinámico, al pasar de 3 millones de hectáreas de riego en 1961 a 6.5 millones, aumentando 2.1 veces (siendo estos países los del Tratado del Libre Comercio de América del Norte).

En esta superficie irrigada los países desarrollados y los países en desarrollo (aquí se ubica México) tienen diferente peso pues, los primeros ocupan una proporción del 25% de tierras irrigadas en el mundo y, el resto (75%) las registran los segundos. Los países en desarrollo tenían en 1961 una superficie de 101 millones de hectáreas y, en 1997 llegaron a 201 millones, aumentando así 1.9 veces; mientras que los países desarrollados, tuvieron 37 millones y llegaron a 66 millones de hectáreas en 1997, con un aumento de 1.7 veces. Es decir, la mayor parte de la tierras irrigadas se encuentran en los países en desarrollo, teniendo también un mayor crecimiento.

También se observa que del total de hectáreas arables o de labranza en el mundo (1,379 millones) solo un 19.4% de tierras tienen irrigación, este porcentaje a aumentado en los últimos 17 años porque en 1980 era de 15.7%. Como podemos ver, esta participación ha tenido un crecimiento lento. De los cinco continentes, es Asia quien presenta mayor cantidad de tierras irrigadas, trabajando un 70% del total mundial, siguiendo América con un 15.1%, Europa con 9.2%, África con 4.5% y finalmente Oceanía con 1.1%.

La Agricultura de Riego en México

En México, el 31% del territorio es desértico y árido, el 36% es semiárido y el 33% es subhúmedo y húmedo. Por ello es que el riego es indispensable en un

63% de su superficie para obtener cosechas agrícolas comercialmente productivas, y posiblemente en más del 90% de su territorio el riego sea necesario para obtener rendimientos competitivos en los mercados mundiales de productos agropecuarios (INEGI y CP, 1994).

Como ya se comentó, México ha tenido un aumento en su superficie irrigada en los últimos 17 años. Aún así apenas a principios de siglo, existía una limitada superficie de riego, de ésta un 80%, aprovechaba las obras construidas en la época de la Colonia. Y antes de 1926 sólo se regaba una superficie de 811,950 hectáreas, que comprendía: áreas regadas con aguas controladas en almacenamientos, de estiaje, con aguas de avenidas o por inundación (Orona, 1998: 7). En la actualidad, la actividad agrícola se practica en aproximadamente 20 millones de hectáreas, de las cuales 6.2 millones tienen infraestructura de riego y el resto es de temporal y temporal tecnificado. La superficie de riego representa el 30% de la superficie agrícola del país, y el 50% del valor de la producción agrícola total.

De las hectáreas bajo riego, 3.2 millones se organizan en sistemas privados y colectivos cuya escala oscila de 50 a 200 hectáreas (67% de los cuales son abastecidos con aguas subterráneas) llamadas unidades de riego, el resto de la tierra está en áreas no reguladas, construidas y operadas por individuos privados. Mucho de la irrigación mexicana corresponde a riego por gravedad (92% de la superficie irrigada), con amplios esquemas desarrollados alrededor de almacenamiento del agua en estanque, presas derivadoras y canales de conducción (Orona, 1998: 9).

Algunos de los problemas que ha enfrentado la agricultura de riego son los siguientes: financieros para rehabilitación, de mantenimiento y operación de la infraestructura, por nivelación y recuperación de suelos y modernización de los sistemas de riego; existen 800 mil hectáreas bajo riego (13% del total), aprovechadas parcialmente, que requieren infraestructura complementaria, organización de los usuarios, tecnificación o solución de aspectos legales; los problemas económicos del uso del agua en la agricultura están asociados a la baja rentabilidad de algunos cultivos (CNA, 1995: 11).

Las zonas de riego se orientan en una mayor proporción a granos (58%) y en menor proporción a oleaginosas (10%), forrajes (9%), frutales (12%), hortalizas y cultivos industriales (14%). Los cultivos más relevantes en términos

de superficie han sido: el maíz (21%), trigo (18%), sorgo (13%), cártamo y soya (3%), así como caña de azúcar (6%), que representan el 67% de áreas cultivadas bajo riego (FIRA, 1998: 7-8).

Sobre el riego en las unidades de producción en el país (INEGI y CP, 1994) se señala que existen 801,155 unidades de producción con riego, las cuales concentran una superficie total bajo riego de 5,616,757 hectáreas. Del total de unidades de producción con riego, 438,450 tienen superficie solo de riego, siendo 3,824,366 hectáreas. Las restantes 362,705 unidades tienen superficie de riego y temporal, con 1,792,390 hectáreas. Las mayores superficies regables se encuentran en Sonora con 864,232 hectáreas, Sinaloa con 666,722 y, Tamaulipas con 535,241.

Las entidades que poseen menor superficie regable son Aguascalientes, Morelos, Yucatán, Campeche, Tlaxcala, Tabasco, Quintana Roo, con 0.96%, 0.90%, 0.45%, 0.43%, 0.28%, 0.11% y 0.08% respectivamente. Estos 8 estados suman apenas el 3.2% de la superficie regable total.

Tomando en cuenta el régimen de humedad en las unidades de producción, se dividen en: i) unidades de producción solo de riego; ii) unidades de producción solo de temporal y; iii) unidades de producción con riego y temporal. A nivel nacional se tienen 438,450 unidades de producción con solo riego las cuales comprenden una superficie regable de 3,824,366 hectáreas. En cuanto a la agricultura solo con temporal, existen 3,000,178 up que abarcan una superficie de 23,170,409 hectáreas. Por último, hay 362,705 up en riego y temporal, las cuales comprenden 4,109,676 hectáreas.

Los estados que presentan las mayores superficies con solo riego son: Sonora (723,376 hectáreas), Sinaloa (529,214), Tamaulipas (395,760), Chihuahua (299,533), Guanajuato (236,035) y Michoacán (185,399 ha). Las unidades de producción con superficie de labor que cuentan con superficie de riego, se clasifican también según su régimen de tenencia, de la siguiente forma: 174,895 son unidades sólo con superficie privada (2,517,261 hectáreas); 581,881 unidades con superficie sólo ejidal (2,821,304); y 44,379 son unidades con ambos tipos de superficie (278,191). Siendo el 72.6% de las unidades con riego de tipo ejidal, el 21.8% son de propiedad privada y el 5.5% son mixtas.

La Agricultura de Riego en Michoacán

El Estado de Michoacán tiene zonas con un accidentado relieve, por eso se presentan fuertes variantes que ocasionan contrastes en la hidrografía, la vegetación y el clima. Así, hidrológicamente se han formado tres vertientes: la del Norte donde se localizan los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro, Chapala y Zirahén y en la que escurre el río Lerma; la del Centro donde se encuentran los ríos Tepalcatepec y Balsas; y la del Sur o del Pacífico en la que los escurrimientos de la Sierra de Coalcomán desembocan directamente al Océano Pacífico. La región Norte capta 15,944 km², representando el 26.6% de la superficie total del estado. La Región Centro abarca un total de 33,326 km², que corresponden al 55.7% de la superficie total de la entidad. La Región Sur, cuenta con 10,594 km², que del total de la superficie corresponde al 17.7% (CNA, 1992).

Además, actualmente en Michoacán se aprovechan 1,258,198 hectáreas en la agricultura de las cuales 445,151 son de riego y 813,047 de temporal, que representan el 7.4% y el 13.6% respectivamente de la superficie total del estado. La superficie de riego aporta el 62% al valor de la producción en la agricultura y el resto lo aporta lo que se obtiene en temporal. Se cuenta con 8 Distritos de Riego y 2,020 unidades de riego (Urderales) que en conjunto controlan 2,454 cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Hay en Michoacán 33,655 unidades de producción (up) en donde existe el sistema de riego y 29,464 up son de riego y temporal. La superficie de las up con riego es de 185,399 hectáreas y en las mixtas existen 117,846 hectáreas, juntas dan un total de 303.2 hectáreas regables en el estado las cuales se encuentran en 63,119 up. Ocupa así el 6o. lugar a nivel nacional, representando 5.4% del total nacional en lo que a este tipo de superficie se refiere, junto con los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Chihuahua y Guanajuato. De un total de 183,764 up de labor en el estado un 34.3% (63,119 up) tienen riego, estas up captan 1,372,077 hectáreas que representan un 22.1% (INEGI y CP, 1994: 4-10).

Por otra parte de las 33,655 up totales son 22,716 las unidades que tienen una superficie menor de 5 hectáreas y que se encuentran en riego, es decir un 67.5% del total. Estas unidades captan un 34.4% (63,827 hectáreas) de la superficie total de riego. Mientras que las unidades mayores de 5 hectáreas son 10,939 representando el 32.5% de las unidades totales, estas unidades tienen una superficie de 121,572 hectáreas (65.5% del total de riego).

En las up del ciclo primavera-verano se manejan generalmente los cultivos de ajonjolí (5,281 hectáreas), algodón (19), arroz (2,904), avena forrajera (5,703), cártamo (195), cebada (737), frijol (34,327), garbanzo (3,721), maíz (395,231), sorgo (84,213), soya (42) y trigo (7,729), de un total de 572,895 hectáreas. Y en el ciclo otoño-invierno los cultivos más importantes son el maíz (40,327 hectáreas), el trigo (34,099) y el sorgo (11,035), con 137,834 hectáreas. Resaltando los cultivos de maíz, sorgo, trigo y frijol en los dos ciclos.

Un Problema Actual: La Agricultura de Riego con Aguas Negras

La Agricultura con Aguas Negras en el Mundo

Peña (1997) plantea que la utilización de aguas residuales en la agricultura en el mundo ha tenido varias etapas: comenzó su generalización a finales del siglo XIX hasta los primeros años del siglo XX, se usaba el agua negra sobre parcelas agrícolas con el objetivo de limpiarla y cuidar la calidad de los cuerpos de agua que la recibían; posteriormente este tipo de riego agrícola como sistema de tratamiento de los desechos perdió vigencia en los países desarrollados al descubrirse nuevos procesos de tratamiento de aguas; otra etapa comienza cuando se renueva el interés por los métodos nuevos en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, pero en los países desarrollados se realiza con procesos previos de tratamiento de las aguas residuales y criterios cada vez más estrictos de control de la calidad del agua y los cultivos permitidos. Esta última situación es la que existe en la actualidad.

Para el último período mencionado, después de la Segunda Guerra Mundial, las zonas en donde se han desarrollado extensiones importantes de uso agrícola de las aguas negras, se han atendido dos patrones de reutilización: incidental, que reproduce el esquema del siglo XIX en donde fue un resultado fortuito por la necesidad de desalojar las aguas residuales de las ciudades; y planificado, que es parte del actual, aquí se lleva a cabo el tratamiento de aguas residuales y con estándares de calidad cada vez más exigentes. En este patrón se intenta ampliar las posibilidades del uso de las aguas recuperadas, protegiendo tanto aspectos sanitarios como ambientales.

El Uso de Aguas Residuales en el Riego

Respecto a las aguas negras para riego, se registró en 1994, a nivel mundial, una superficie irrigada con aguas residuales de 1,873,025 hectáreas. De esta superficie China tiene el mayor peso, registrando 1,330,000 hectáreas, llegando al 71% del total mundial. La presente situación es preocupante para México pues este es el segundo país en utilizar aguas residuales para riego, riega 340,000 hectáreas, esto es el 18.2% de la superficie irrigada en el mundo. Cabe señalar que gran parte de este riego se realiza en el estado de Hidalgo, cuyas aguas residuales llegan del Distrito Federal, que es la ciudad en donde existe una fuerte concentración de población. El siguiente es India con 85,500 hectáreas. Hay países como Alemania o Estados Unidos (países desarrollados) con una superficie de 4,300 (0.23%) y 13,475 (0.72%) hectáreas, respectivamente (FIRA, 1998: 7).

Tres Casos Relevantes

Existen casos en donde el uso del agua residual en la agricultura es declarada pero cada uno tiene sus peculiaridades –Estados Unidos, Israel y Chile-, en donde uno de los casos usa agua tratada (Estados Unidos), estos se presentan en la última etapa de interés por este tipo de riego la cual se ubica después de la Segunda Guerra Mundial (mencionado anteriormente). En este período se plantean consideraciones que serán las que se generalizarán en la actualidad:

1. El uso de aguas residuales en la agricultura de riego es una estrategia para zonas áridas y semiáridas, en donde el agua es escasa y el consumo humano e industrial de este recurso compite con el uso agrícola.
2. El aprovechamiento del agua puede ser atractiva para los países en desarrollo, porque económicamente implica insumos orgánicos para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos. Esta situación puede disminuir la dependencia de esos países de los abonos industrializados, y puede mejorar sus ingresos al abatir sus costos de producción.
3. La utilización de aguas residuales, debe realizarse con un cuidado especial para evitar los riesgos sanitarios. Es necesario establecer

estrictas reglas de tratamiento de las aguas que se utilizan, así como la regulación de los cultivos llevados a cabo (Peña, 1997: 51).

a) Estados Unidos, California fue una de las zonas –países desarrollados– que no ha cesado el riego con aguas negras pero tratadas. Esto se debió a su bajo nivel de lluvias y a sus características desérticas que obligaron a tomar en cuenta a las aguas negras como un elemento valioso para mantener la agricultura en ese lugar. Esta región tampoco cuenta con corrientes que permitan tratar por dilución los afluentes de las aguas residuales.

Por ello han traído agua de muy lejos para poder introducir y sostener la agricultura de ahí, así este sector “... depende de una red hidráulica impresionante por su amplitud y complejidad, en donde el Estado ha jugado un papel central para su construcción y mantenimiento” (Palerm, 1994:49-57 citado por Peña, 1997: 52).

Cuatro casos importantes, abarcando casi 6,000 hectáreas irrigadas con aguas recuperadas en California son: Fresno, en donde se tratan $1.5 \times 10^5 \text{m}^3$ de aguas residuales estas sirven para 1,650 hectáreas de algodón, cebada, alfalfa, vid, maíz forrajero, almendros, avena, sorgo y frijol; Bakersfield, en el sur del Valle de San Joaquín se riegan 2,250 hectáreas municipales con el agua desalojada por Bakersfield, en esta área se cultiva maíz, cebada, alfalfa, sorgo y pastos; el caso del Distrito Regional de Toulumne las aguas tratadas riegan una área pequeña (500 hectáreas) esto se convirtió en un elemento importante para hacer rentables pequeñas parcelas de forrajes, que antes eran irrigadas con aguas de pozo; por último, la Ciudad de Santa Rosa, al norte de San Francisco, entrega agua tratada a 20 productores beneficiando 1,600 hectáreas, en esa área cultivan maíz, pasto de Sudán, avena y otros forrajes.

Y al mismo tiempo que en otras áreas se abandonaba el riego con aguas negras, California era la punta de lanza en lo que a reglamentación sanitaria se refiere. Se realizaron investigaciones para obtener la calidad del agua deseada, a partir de un programa en Monterrey, California; este proyecto duró 5 años llevando a cabo cultivos de hortalizas que se consumían crudas, con riego por aspersión utilizando aguas residuales regeneradas. Fue a partir de estudios como éste que se fijaron los estándares de calidad de agua llevados a cabo internacionalmente (Peña, 1997: 54).

b) En Israel, también se presenta la condición de un hábitat con escasez de agua, en esta región la competencia por el líquido adquiere dimensión política, convirtiendo la disponibilidad del agua en un asunto de seguridad nacional. De modo que una manera de disminuir la tensión por el recurso, es utilizar aguas residuales tratadas para usos industriales y agrícolas siendo el Estado el que controla los afluentes de estas aguas. Para 1982, se utilizó directamente para fines agrícolas el 24% (50 millones de m³) de las 211 millones de m³ del total de aguas residuales producidas. Regándose unas 10,000 hectáreas dedicadas fundamentalmente a los cultivos de algodón (87%), cítricos (7%), forrajes (3%) y huertos (1.8%). Parece que esa tendencia a reutilizar el agua seguirá porque en 1985, del total del agua utilizada para riego agrícola, 85% era potable y 15% marginal, el gobierno proyecta que para el año 2000 esas proporciones sean de 63% y 37% respectivamente (Banin, 1993: 173 citado por Peña, 1997: 55).

Según la reglamentación sanitaria israelí (elaborada sobre la base de la de California), se prohíbe el cultivo de hortalizas que se consumen crudas y que se riegan con aguas residuales, salvo que se consiga un permiso especial por el gobierno el cual certifique la calidad del afluente utilizado.

c) En la ciudad de Santiago de Chile, se enfrenta un severo problema sanitario con índices altos de morbilidad por falta de control en la calidad del agua. Así, las aguas de las cañerías en tiempo de secas constituye casi el 100% de la corriente del río Mapocho, el cual se localiza en la región central de Chile. Se llegan a generar 850,000 metros³ de aguas negras al día: un 90% son de origen doméstico y 10% de origen industrial, y solo un 4.7% recibe algún tipo de tratamiento. Con esas aguas se riegan casi 16,000 hectáreas próximas a la ciudad y se producen unas 20,000 toneladas de hortalizas al año, algunas son: lechuga, col y coliflor.

Dicha región presenta tasas de incidencia de fiebre tifoidea superiores al resto del país, siendo esta práctica la responsable de los problemas de salud (Ríos Brehm, 1995: 184 citado por Peña, 1997: 56). Se encontró que la totalidad de los canales de riego analizados contenían niveles de coliformes fecales superiores a la Norma de Agua de Riego, siendo que todos los canales de riego de la cuenca del Río Maipo superan entre 5 y 7,000 veces más la norma establecida en coliformes fecales. En esta zona se observa una falta de aplicación de la legislación sanitaria y una fuerte burocratización en el control de la contaminación de aguas.

El Riego con Aguas Negras en México

En lo que respecta a la calidad del agua, se ha encontrado que prácticamente todos los cuerpos de agua importantes están contaminados a diferentes niveles. Se considera que por su nivel de contaminación se requiere atención prioritaria en las siguientes cuencas: Pánuco, Lerma, Balsas, San Juan, Coatzacoalcos, Blanco, Papaloapan, Valle de México, Conchos, Coahuayana, Culiacán, Fuerte, Yaqui, Mayo y Bajo Bravo; varios de estos se aprovechan para riego agrícola. Esta situación se debe principalmente a la contaminación que reciben de alguna ciudad o de la industria.

En México, se llegan a generar 200 m³/s de aguas residuales y se recolectan en los alcantarillados 135 m³/s, y se cuenta con infraestructura para tratar 43 m³/s, sin embargo se tratan de modo adecuado 17 m³/s, mientras que se descargan al medio ambiente sin tratar 183 m³/s (CNA, 1995: 12).

Asimismo, en 1994 el volumen estimado de descargas generado por la industria fue aproximadamente de 1.8 km³, lo que equivale a 57 m³/s con una carga orgánica de 1.4 millones de toneladas al año equivalente a la contaminación que genera 68 millones de habitantes. El caudal que se trata de aguas residuales es de 5.3 m³/s lo que representa solo el 9% de lo generado y el caudal sin tratar es de 51.2 m³/s. En la industria, los giros que más utilizan y con mayor potencial de contaminación son: Azúcar, Química, Petroquímica, Petrolera, Celulosa y Papel, Alimenticia y Metálica Básica; en estas, los contaminantes que destacan son los ácidos, las bases, las grasas, los aceites y los metales pesados (CNA, 1995: 14).

Y es que las industrias se han establecido en el país sin un estudio previo de disponibilidad del líquido provocando fuertes demandas de agua en zonas de baja disponibilidad lo que contribuye a que este sector compita fuertemente con otros por ella, además de ocasionar sobreexplotación de acuíferos, contaminación de los ecosistemas y altos costos del recurso hídrico.

Siendo preocupantes las estimaciones que se hacen sobre este recurso (CNA, 1995), porque se calcula que la demanda de agua al año 2000 será de 2.3 km³/s, equivalente a 73 m³/s, y la descarga de aguas residuales será de 1.89 km³/año, equivalente a 60 m³/s, observándose que solo el 9% de las aguas se llegan a tratar. En relación con las aguas residuales de las ciudades usadas

para riego agrícola, México ocupa el segundo lugar a nivel mundial, con un área de 340,000 hectáreas.

Esta fuente de agua residual para el riego será cada vez más importante (pero cada vez más preocupante por los problemas de salud y falta de calidad en los productos obtenidos, en el caso de la agricultura) debido a la fuerte competencia de uso doméstico-urbano e industrial por las aguas blancas para el riego agrícola, pero también se espera que a la par existan avances importantes en las tecnologías para su tratamiento que requieren de una mayor aplicación en el país.

Áreas Regadas con Aguas Residuales

El estado que tiene mayor cantidad de hectáreas regadas con aguas residuales es Hidalgo, provenientes principalmente de la ciudad de México, con 90,000 hectáreas. Nuevamente encontramos una situación preocupante, y es que después de Hidalgo (26.2% del total nacional), es el estado de Michoacán el que sigue en orden de importancia con 52,205 hectáreas (15.2%), es decir este estado ocupa el segundo lugar a nivel nacional en utilizar aguas contaminadas para riego. Otros estados también representativos son Morelos con 42,797 (12.43%), Veracruz con 40,768 (11.8%) y Sonora con 25,523 hectáreas (7.4%). Estos 5 estados contabilizan el 73.3% del total de áreas regadas con aguas residuales (FIRA, 1998: 8).

Un Caso Relevante: El Valle del Mezquital en México

Este sería otro caso en el uso de aguas residuales en la agricultura, pero cabría situarlo también a nivel mundial pues esta región irrigada destaca por sus dimensiones, ubicándose en segundo lugar en el mundo después de China (con una superficie irrigada con aguas residuales de 1,330,000 hectáreas); México tiene 340,000 hectáreas y de esas el caso del Mezquital en Hidalgo registra el 26.2% con 90,000 hectáreas regadas (FIRA, 1998: 7).

Esta región es el área continua más grande del mundo irrigada con aguas negras, y es también una región que a lo largo de un siglo ha mostrado efectos positivos al utilizar este recurso en la producción agrícola, favoreciendo el crecimiento económico de la zona.

La problemática del Valle del Mezquital es uno de los casos en donde se hace uso de aguas negras de origen urbano en la agricultura pero en esta región se presenta una situación paradójica, como Peña de Paz (1997) precisa, y es que existe oposición campesina a la medida propuesta por el gobierno el cual prohibió el riego de hortalizas con aguas residuales por el riesgo sanitario que esta practica encierra, medida que parece legítima y fundada en el interés social. Existe así un vínculo de agua entre la ciudad de México y el área rural circundante del Valle del Mezquital teniendo las siguientes características: 1) el agua que se transfiere es agua completamente de desecho, sucia; 2) las aguas salen de la ciudad, y transfiere el líquido hacia la zona rural que lo utiliza en la agricultura para riego; 3) además, no existe conflicto alguno entre las dos partes de la transferencia por la cantidad de agua desplazada. Al contrario de lo que pudiera pensarse, existe una fuerte relación porque toda el agua de la que se quiere deshacer la ciudad es bien recibida por los agricultores del Mezquital, donde escasea.

El Riego con Aguas Negras en Michoacán

En el Estado de Michoacán el riego con aguas residuales o aguas negras se remonta al período colonial, y es una situación actual y evidente en varias ciudades de este. En la capital del estado (Morelia) los volúmenes de aguas negras se han ido incrementando al ritmo del crecimiento de la población moreliana y por la demanda cada vez mayor de agua potable (agua limpia). En esta ciudad se producen 1,600 litros por segundo (lps) de aguas negras, esto se traduce en 138.35 millones de litros/año. En otras ciudades como Zamora, La Piedad, Zitácuaro, Uruapan, Lázaro Cárdenas, Maravatío y Apatzingán, y otros 30 municipios, se producen volúmenes considerables de aguas negras que sin tratamiento son utilizadas en el riego agrícola. Tales centros urbanos producen un total de 5,600 lps de aguas negras o residuales que representan el 33.6% de las 113 cabeceras municipales del Estado (Romero, 2001).

Algunos de los distritos de riego más afectados son: el Distrito de Riego 87 Rosario-Mezquite, que concentra casi la mitad del área irrigada con aguas negras, al localizarse allí 41,455 hectáreas. Le siguen en importancia el Distrito Morelia-Queréndaro, Ciénega de Chapala y Tuxpan, y el Distrito de Riego 097 Lázaro Cárdenas de Apatzingán, registra la menor extensión con sólo 2,643 hectáreas, localizadas la mayor parte (1,800 hectáreas) en la llanura de Gabriel Zamora.

En el estado, los cultivos irrigados con estas aguas son: granos básicos como maíz, sorgo, arroz, trigo, lenteja y frijol; oleaginosas como cártamo; frutales como mango, limón y papaya; forrajes, alfalfa, avena y janamargo; y hortalizas como melón, pepino, papa, zanahoria, jitomate y chile. Las hortalizas, frutales y forrajes, son sin duda los que representan mayor riesgo para la salud al ser regados con este tipo de agua ya que son consumidos en fresco (ver Cuadro 1).

Con información de calidad del agua de tres Distritos de Riego, se tiene que el 35.3% de la superficie recibe aguas negras de calidad I; 11.6% de la II; 39.5% de la III; y, 13.4% de la IV (ver Cuadro 3). El número de coliformes fecales en 100 ml de agua, define la calidad de la misma. Y de acuerdo con la norma oficial 001 publicada el 6 de enero de 1997 en el Diario Oficial, sólo las calidades I y II pueden emplearse en el cultivo de hortalizas, mientras que la III y IV en especies distintas a éstas (granos y frutales). Pero cabe señalar que ni la calidad I ni la II debieran utilizarse para el riego de las hortalizas, desde el punto de vista de la salud. Aún así, la calidad del agua no representa problema, por ejemplo los productores de granos básicos se preocupan más por la superficie que podrán sembrar y el número de riegos que darán a sus cultivos.

Por el contrario, para los productores de hortalizas y frutales, la calidad del agua sí es importante puesto que se traduce en restricción de cultivos, en la calidad del producto que se cosecha, en la facilidad o dificultades para su comercialización y también en problemas de salud en los usuarios directos del agua.

En relación a esta problemática existen diferentes formas de percibirla, los productores lo ven de una manera, la población rural, la población urbana y las mismas autoridades de otra. Sin embargo, hoy en día estos sectores coinciden en la necesidad de darles algún tratamiento a estas aguas. Lo que sí es muy evidente es que los productores rurales hacen constante reclamo a los habitantes de los centros urbanos, pero no reciben respuesta.

Este reclamo surge a raíz de que se empezaron a observar fenómenos en los recursos naturales que utilizaban, principalmente en el suelo como la salinización, acidificación, alcalinización y contaminación por metales pesados, detergentes y organismos bacteriológicos. Cuando los problemas son severos la cantidad y calidad de las cosechas se ven disminuidas y aún más si el suelo no recibe un manejo que disminuya o atenúe tales inconvenientes.

Cuadro 1
Superficie Regada con Aguas Negras y Principales Cultivos
que las Reciben, 1997

Distrito de Riego		Superficie Regada con Aguas Residuales Mezcladas (ha)	Cultivos Principales
Nombre	No		
Morelia-Queréndaro	20	16,702	Trigo, maíz, sorgo, alfalfa, avena, chile, jitomate y zanahoria
Ciénega de Chapala	24	14,825	Trigo, cártamo, alfalfa y hortalizas
Zamora	62	256	Janamargo, frijol, papa, trigo, maíz y fresa
Rosario-Mezquite (Yurécuaro)	87	41,455	Garbanzo, lenteja, trigo, cebada, maíz y sorgo
Tuxpan	45	10,978	Trigo, maíz, frijol. Frutales y hortalizas
Lázaro Cárdenas (Apatzingán)	97	2,643	Frijol, arroz, melón, pepino, maíz, sorgo, mango, papaya, cítricos.
Quituan-La Magdalena	99	No se utilizan	Trigo, caña de azúcar
José Ma. Morelos (Lázaro Cárdenas)	98	No se utilizan	Frutales, cítricos y maíz
Total		86,859	

Fuente: Elaboración propia con base en Romero *et al*, 2001.

Ya se han construido algunas plantas de tratamiento en localidades como: Briseñas, La Piedad, Sahuayo, Jiquilpan, Pastor Ortíz, Pátzcuaro, Quiroga, Paracho, Janitzio y dos en Lázaro Cárdenas. Estas tienen una capacidad total de 1,124 litros/segundo, lo cual equivale al 20.07% del total de aguas negras que se produce en el estado. En proyecto se encuentran las plantas de Yurécuaro, Zamora, Uruapan y Morelia (Romero, 2001).

El Riego con Aguas Negras en el Valle Morelia-Queréndaro

Antes de comenzar cabe resaltar que tanto la ciudad de Morelia como el río Grande de Morelia son dos aspectos fundamentales en la problemática del riego con aguas negras en el Valle Morelia-Queréndaro.

En el Valle Morelia-Queréndaro existía el riego con aguas negras desde el período colonial en pequeños huertos de traspatio, pero también se utilizaba el agua del Río Grande que pasaba por varias localidades cercanas a la ciudad, aunque en pequeños volúmenes, este río captaba los desechos orgánicos de la floreciente Ciudad de Morelia. Para 1940, se constituye el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro y las aguas negras se incorporan a la obra hidráulica, así estas aguas fueron y han sido una parte importante del riego en los municipios del valle, pero el problema no queda ahí sino que los volúmenes de aguas negras se han ido incrementando al ritmo del crecimiento de la población moreliana (Romero, 2001).

Como ya se comentó en el apartado anterior, Morelia produce 1,600 litros por segundo (lps) de aguas negras, esto se traduce en 138.35 millones de litros/año, y estas aguas van a dar al río Grande de Morelia el cual pasa por varios municipios del Valle Morelia-Queréndaro y por una gran superficie de riego. Existen otras ciudades que producen aguas negras pero, en todo el estado es precisamente Morelia el centro urbano que mayor cantidad produce, al contribuir con casi el 30% del volumen total generado en la entidad.

En el estado se riegan 86,859 hectáreas con aguas mezcladas –agua limpia y agua negra- y solamente el valle representa el 20% con una superficie de 16,702 hectáreas regadas, solo un distrito de riego se encuentra adelante del Morelia-Queréndaro y es el Rosario-Mezquite de Yurécuaro en una superficie de 41,455 hectáreas (ver Cuadro 1).

En el cuadro 2 se presentan características como transparencia, conductividad, ph, acidez, alcalinidad, en tres lagos. Es interesante ver que el lago que tiene los niveles más bajos en lo que a calidad se refiere, tomando en cuenta estos elementos, es el de Cuitzeo, el cual es principalmente alimentado por el Río Grande de Morelia. Esta situación puede explicarse porque el menos profundo de los tres lagos es precisamente este, pero lo que sí es evidente es que recibe fuertes cantidades de aguas residuales de Morelia (1,600 lps), además de residuos industriales, drenajes y basura de las localidades de la orilla del río, diariamente. Esto provoca que la calidad del agua de Cuitzeo demerite y aunado a su poca profundidad hace que este problema se agrave.

Cuadro 2
Algunos Aspectos Sobre la Calidad del Agua de los
Lagos de Michoacán

Parámetro	Pátzcuaro	Zirahuén	Cuitzeo
Transparencia Secchi (m)	6.50	0.40	0.10
Conductividad (S/cm)	75	820	6,595
PH	8.1	9.3	10.4
Acidez al CO ₂ (mg/l)	6.1	0.0	0.0
Alcalinidad (mg/l)	70	390	750
Dureza total (mg/l)	24.2	125.3	202.1
Sólidos totales (mg/l)	14	593	4216
DBO (mg/l)	1.5	10.7	230.0

Fuente: Romero *et al*, 2001.

Es importante comentar que en las aguas negras del Distrito Morelia-Queréndaro se detectan concentraciones más allá del límite máximo permitido de boro, cadmio, bicarbonatos, grasas, aceites, sodio y de coliformes fecales, lo cual afecta seriamente el desarrollo de algunos cultivos y limita el establecimiento de otros más rentables (como las hortalizas). Inclusive ya en tejidos de las plantas se encontraron elementos como calcio, magnesio, manganeso, fierro, cobre y aluminio. Por ello las implicaciones negativas, que puede tener esta situación, en la salud de la población son cada vez más preocupantes (Martínez, 1991).

En lo referente a la calidad del agua (I,II,III, IV) utilizada en los distintos distritos de riego, existe otro elemento preocupante respecto al Valle Morelia-Queréndaro. Y es que de la calidad I, el distrito que utiliza más este tipo de agua es el de Lázaro Cárdenas en una superficie de 34,363 hectáreas, siguiéndole el Distrito Morelia-Queréndaro en una superficie de 5,364 hectáreas. Pero, lo más grave es que el agua de calidad IV (la más contaminada) la utiliza principalmente el Distrito Morelia-Queréndaro, en 9,514 hectáreas, siguiendo el de Zamora con 1,904 hectáreas (ver Cuadro 3).

Cuadro 3
Superficie Regada por Calidad de las Aguas en Tres
Distritos de Riego en de Michoacán, 1997

Distrito de Riego	Mes y Año	Calidad del Agua y Superficie Regada ² (ha)				Total
		I	II	III	IV	
Zamora	v/97	1,500	11,300	3,280	1,904	17,984
Morelia-Quer	vii/91	5,364	-	-	9,514	14,878
Lázaro Cárdenas (Apatzingán)	vii/97	27,500	-	35,184	1,650	64,344
Total	-	34,363	11,300	38,484	13,068	97,206

1: Calidad definida por el número más probable de coliformes fecales en 100 ml de agua: I menor o igual a 420, II más de 420 a 1000, III más de 1000 a 10 000 y IV más de 10 000 (Norma Oficial Mexicana 001, Diario Oficial de 6/ I/1997)
2: La superficie regada incluye el área que comprendió el análisis de laboratorio: la regada con aguas negras y también con aguas limpias. AL: Análisis de laboratorio
Fuente: Romero *et al*, 2001.

Los cultivos más afectados con esta situación son: el trigo, maíz, sorgo, alfalfa, avena, chile, jitomate y zanahoria, principalmente. Aunque las hortalizas son las que representan mayor riesgo para la salud, porque como ya se comentó, gran parte de estas son alimentos que se pueden comer crudos (ver Cuadro 1). Se puede prever que la calidad del agua, tanto del río con el que se riega y la del lago, todavía va a demeritar más, con base en los registros obtenidos de los coliformes en las aguas, se encontró que han tenido un aumento considerable. Esto se puede observar claramente en los muestreos de aguas negras hechos en mayo de 1994 y mayo de 1995 en ocho sitios del Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro, que reportan fuertes incrementos en el número de coliformes fecales (ver Cuadro 4).

En el sitio denominado «Derivadora de Quirio», ubicada en el valle, de 210 000 coliformes fecales estimados en mayo de 1994 pasaron a 12 500 000 en el mismo mes pero de 1995. Este sitio de muestreo es el punto de distribución de importantes volúmenes de aguas negras para el riego en el Distrito Morelia-Queréndaro.

Un comentario atinado sobre esta problemática, es el que hace Xóchitl Prado (1999) al abordar una temática relacionada con este recurso y en el valle

Cuadro 4
Clasificación de las Aguas Residuales (Negras) del Distrito de
Riego 020 Morelia-Queréndaro, Mayo de 1994 y 1995

Sitio de Muestreo	Conformes Fecales (NMP/100 ml)		Clasificación Bacteriológica ¹	
	1994	1995	1994	1995
Salida Presa de Cointzio	0	11,600	Tipo 1	Tipo 3
Descarga de Cepamisa	0	1,400	Tipo 1	Tipo 3
Puente de La Aldea	1,210,000	3,000,000	Tipo 4	Tipo 4
Derivadota de Quirio	210,000	12,500,000	Tipo 4	Tipo 4
Cruce del Cerro Palo Blanco con Rosa de Castilla	1,900	2,000,000	Tipo 3	Tipo 4
Salida de la Presa Malpais canal sur	110	10	Tipo 2	Tipo 2
Cruce Rio Rectificado Queréndaro con Tzintzimeo	4,500	4,000	Tipo 3	Tipo 3
Descarga Dren Central de Queréndaro	2,000	1,000	Tipo 3	Tipo 2

NMP: Número más probable, 1: Clasificación con base en al Norma Oficial Mexicana 003.
Fuente: Romero *et al.*, 2001.

es: "El agua, hasta hace algún tiempo considerado un recurso inagotable, empieza a mostrar las consecuencias de un manejo social que poco ha tomado en cuenta las necesidades de sustentabilidad del recurso. La demanda creciente de los centros de población y de las diferentes actividades productivas, están reguladas por las reglas del mercado en el nuevo escenario. La incorporación del agua a las reglas del mercado, es un indicador de la valorización de un recurso considerado escaso" (Prado, 1999: 88-89).

Conclusiones

El agua, considerada como un elemento fundamental en la vida del hombre, y en las actividades productivas del mismo, ha ido cambiando su papel en el transcurso y evolución de las sociedades. Distinguiéndose primero por ser un catalizador en las grandes civilizaciones, para después ser un elemento de preocupación por su carácter de ser un recurso no renovable, en primera instancia, y en segundo término por los estragos que ha estado causando en la población, y en otros recursos, a raíz de su contaminación.

Por ello es que se explica que la escasez, junto con las necesidades económicas relativas a la tecnología de la extracción y la depuración son problemas que se han agudizado en los últimos años.

Se registró en 1994, a nivel mundial, una superficie irrigada con aguas residuales de 1,873,025 hectáreas. De ésta, China tiene el primer lugar, registrando 1,330,000 hectáreas, llegando al 71% del total mundial. La situación resalta cuando vemos que México es el segundo país en utilizar aguas residuales para riego; siendo 340,000 hectáreas las existentes, esto es el 18.2% de la superficie irrigada en el mundo. Cabe señalar que una parte importante de este riego se realiza en el estado de Hidalgo, cuyas aguas residuales llegan del Distrito Federal, que es la ciudad en donde existe una fuerte concentración de población

Pero nuevamente se torna la situación alarmante cuando encontramos a Michoacán, después de Hidalgo, como el segundo estado que sigue en orden de importancia por su uso de aguas negras en la agricultura con 52,205 hectáreas, siendo el 15.2% del total nacional.

En el Estado de Michoacán el riego con aguas residuales o aguas negras se remonta al período colonial, y es una situación actual en varias ciudades de éste. En la capital del estado (Morelia) los volúmenes de aguas negras se han ido incrementando al ritmo del crecimiento de la población moreliana y por la demanda cada vez mayor de agua potable (agua limpia). En esta ciudad se producen 1,600 litros por segundo (lps) de aguas negras, esto se traduce en 138.35 millones de litros/año; las cuales van a dar al Lago de Cuitzeo y a gran parte de las tierras regadas del Valle Morelia-Queréndaro.

En las aguas negras del valle se realizaron estudios físico-químicos que detectaron concentraciones más allá del límite máximo permitido de boro, cadmio, bicarbonatos, grasas, aceites, sodio y de coliformes fecales, lo cual afecta seriamente el desarrollo de algunos cultivos y limita el establecimiento de otros más rentables. Pero inclusive ya en tejidos de las plantas se encontraron elementos como calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre y aluminio. Por ello las implicaciones negativas, que puede tener esta situación, en la salud de la población son cada vez más evidentes.

Aquellos cultivos que son regados con aguas negras, son parte importante de la dieta de los michoacanos, tal es el caso de: granos básicos como maíz, sorgo, arroz, trigo, lenteja y frijol; oleaginosas como cártamo; frutales como mango, limón y papaya; forrajes, alfalfa, avena y janamargo; y hortalizas como melón, pepino, papa, zanahoria, jitomate y chile.

Ha habido un reclamo generalizado por parte de los agricultores de todas las regiones afectadas, sin que haya sido escuchado y sin respuesta alguna. Este reclamo surge a raíz de que se empezaron a observar ciertos comportamientos que no conocían en los recursos que utilizaban, como el caso del suelo con la salinización, acidificación, alcalinización y contaminación por metales pesados, detergentes y organismos bacteriológicos. Cuando los problemas son severos la cantidad y calidad de las cosechas se ven disminuidas y aún más si el suelo no recibe un manejo que disminuya o atenúe tales inconvenientes.

Bibliografía

- Ávila García, Patricia (ed.), 1998, *Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en México*, XX Coloquio Antropología e Historia Regionales, Memoria, El Colegio de Michoacán, A.C.
- Bassols Batalla, Ángel, 1986, *Recursos naturales de México*, 19ª edición, Editorial Nuestro Tiempo, México, D.F.
- Comisión Nacional del Agua (CNA), 1992, *Programa Estatal de Aprovechamiento del Agua*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Michoacán, Noviembre.
- Comisión Nacional del agua (CNA), 1995, *Programa hidráulico 1995-2000*, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Cuello, Josep y José Tola, 1995m *Atlas mundial del medio ambiente. Preservación de la Naturaleza*, Cultural, S.A. España.
- Chávez Carmona, Arturo, 1997, "La cuenca del Lago de Cuitzeo" en *Piel de Tierra.*, Revista del Instituto Michoacano de Cultura, Año 1, No. 4, Morelia, Michoacán. México.
- FAO, 1999, en web: FAOSTAT Database Results, [http\qqq.fao.org](http://qqq.fao.org).
- FIRA, 1998, "La modernización del riego. Base de una agricultura competitiva y sustentable", *Boletín Informativo*, Núm. 303, Volumen XXXI.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 1994, *Michoacán. Resultados definitivos. VII Censo Agrícola-Ganadero*, Tomo 1, Aguascalientes, Ags., México.
- Martínez *et al*, 1991, *Impacto de uso de las aguas residuales del río Grande de Morelia en el Distrito de Riego 020 del Valle Morelia-Queréndaro*, Facultad

de Química, Escuela de Biología y Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

- Orona Castillo, Ignacio, 1998, *Bases para la formulación de políticas de aprovechamiento de agua de riego en la presa Cazadero, Río Grande, Zacatecas*, Tesis de Doctorado, Colegio de postgraduados, Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Instituto de socioeconomía, Estadística e informática, Programa de economía, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Peña de Paz, Francisco, 1997, *Los límites del riego agrícola con aguas negras en el valle del Mezquital*, Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana, México, Distrito Federal.
- Prado Rentería, Xóchitl, 1999, "Reorganización social y territorial para la distribución del agua. El caso del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro", en *Economía y Sociedad*, Revista semestral de la Escuela de Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Año 4, No. 5, Enero-Junio 1999.
- Restrepo, Iván (coord.), 1995, *Agua, Salud y Derechos Humanos*, Comisión Nacional de Derechos Humanos, México.
- Romero Peñaloza, Jorge et al, 1998, *Agricultura, regiones y deterioro de recursos naturales en Michoacán: situación actual y retos*, Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Centros Regionales Universitarios, Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO), Morelia, Michoacán, Diciembre, 2000, en prensa.
- Toledo, Victor, 1995, *Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo*, Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales.