

2922

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



**RIESGOS Y BENEFICIOS DEL
USO DEL AGUA NEGRA EN
LA AGRICULTURA**

T E S I S

**PROFESIONAL QUE PRESENTA EL
C. Maurilio Soto Estrada
PARA OPTAR POR EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA.**

AGOSTO 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pag.
1.- INTRODUCCION	5
1.1 Objetivos	7
1.2 Antecedentes	7
1.3 Area de estudio	7
1.4 Organigrama de la investigación	8
2.- CLASIFICACION DE AGUAS PARA USO AGRICOLA	9
2.1 Criterios de clasificación	10
2.2 Indices utilizados en los criterios de cla sificación	10
2.3 Calidad de las aguas para riego	11
3.- EL AGUA NEGRA COMO RECURSO HIDRAULICO	13
3.1 Análisis bacteriológico de las aguas negras	15
4.- PRESENCIA DEL BORO EN LAS AGUAS NEGRAS	17
4.1 Efecto del Boro en los cultivos	17
4.2 Efecto del Boro en el ganado	19
5.- PRESENCIA DE LOS DETERGENTES EN LAS AGUAS NEGRAS	21
5.1 Efecto de los detergentes en los cultivos	23
5.2 Efecto de los detergentes en el ganado	25
6.- MANEJO DE AGUAS NEGRAS	27
6.1 Contaminación de productos agrícolas rega- dos con aguas negras	29
6.2 Métodos estudiados para disminuir la conta minación bacterial de productos agrícolas	30
7.- USO DE AGUA NEGRA PARA RIEGO EN OTROS PAISES	33

8.-	LAMINAS EMPLEADAS EN EL RIEGO CON AGUAS NEGRAS EN EL VALLE DE MEXICO Y CUENCA DEL RIO TULA	34
8.i	Superficies actuales de riego con aguas negras en el Valle de México y Cuenca del Río Tula.	36
8.2	Estimación de los consumos anuales de agua negra actuales en la Cuenca del Río Tula y Valle de México	37
9.-	SUPERFICIES FUTURAS DE RIEGO CON AGUAS NEGRAS EN LA CUENCA DEL RIO TULA Y VALLE DE MEXICO	38
9.1	Superficies de riego futuras y estimación del consumo de agua negra en la Cuenca del Río Tula	40
9.2	Superficies de riego futuras en el Valle de México y estimación de los consumos de agua negra	41
10.-	RENDIMIENTO Y CALIDAD DE COSECHAS EN EL DISTRITO DE RIEGO 03	43
10.1	Análisis comparativo de rendimientos medios de cosechas en los distritos regados con agua negra (03 y 88) y otros de la República, regados con agua blanca	46
11.-	CONSIDERACIONES FINALES	48
	BIBLIOGRAFIA	51

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		Pag.
1.-	Principales organismos patógenos detectados en las aguas negras para riego	15
2.-	Tolerancia de algunos cultivos al Boro	19
3.-	Límites permisibles de Boro para varias clases de agua para riego	20
4.-	Coeficientes de Riego para el Distrito de Riego 03-Tula y PLHICEN	35
5.-	Superficies de riego actuales en la Cuenca del Río Tula y Valle de México	36
6.-	Estimación del consumo actual de agua negra en la Cuenca del Río Tula y Valle de México	37
7.-	Superficies de riego futuras y consumos de agua en la Cuenca del Río Tula	40
8.-	Superficies de riego futuras y consumos de agua negra en el Valle de México	41
9.-	Relación histórica de los rendimientos medios por hectárea de los cultivos importantes en el Distrito 03 (Ciclos agrícolas 1962-1963 a 1977-1978)	44
10.-	Análisis comparativos referentes a los rendimientos medios por hectárea de los principales cultivos producidos en los Distritos 03, 88 y en otros distritos de la República Mexicana.	47

ANEXO DE PLANOS

Plano No. 1.- Ubicación del Distrito de Riego No. 88, Chalco-Textcoco-Chiconautla, Unidad Chiconautla

Plano No. 2.- Ubicación de los Distritos de Riego 03-Tula, Hgo. y 27-Ixmiquilpan.

1.- INTRODUCCION

El abastecimiento de agua para usos múltiples en México es uno de los problemas más graves a que se enfrenta el país. En el caso del agua para riego, se sabe que existe una enorme superficie agrícola potencialmente explotable en agricultura de riego, y que la gran mayoría se explota en el sistema de agricultura de temporal debido a la falta de agua.

El agua negra en tiempos pasados era considerada como un desperdicio que tenía que ser eliminado para evitar riesgos de contaminación y proliferación de enfermedades. Actualmente se le considera como un recurso muy valioso siempre y cuando se le trate con medidas adecuadas y se le estudie cuidadosamente, para de esta manera poder hacer un manejo provechoso de ella.

En el caso del empleo de agua negra con fines de riego, se deben realizar estudios minuciosos de diversa índole para determinar sus cualidades y por consiguiente su calidad. Entre los estudios a realizar cabe mencionar los referentes a salinidad, características físico-químicas, análisis bacteriológicos, problemas de contaminación que su empleo pueda ocasionar etc...

Aunque a la fecha se han realizado diversos estudios referentes al tema, falta todavía mucho por investigar.

Por lo anteriormente expuesto, podemos decir que en la actualidad el agua negra constituye un recurso hidráulico muy valioso y dado que el crecimiento de los principales núcleos urbanos es cada día mayor, mayor es la producción de aguas negras,

por lo que éstas se deben aprovechar al máximo, tomando en consi
deración que el abastecimiento de agua potable a los núcleos men
cionados y en especial al Area Metropolitana del Valle de México
representa un colosal esfuerzo y una gigantesca inversión econó-
mica, que es necesario recuperar, siendo la utilización de las
aguas servidas para riego una manera de lograrlo en forma par- -
cial, ya que para conseguir una recuperación total, se les co- -
braría a los usuarios tarifas exorbitantes.

1.1 Objetivos.

El presente estudio tiene por objeto exaltar los beneficios que se pueden obtener del empleo de aguas servidas para el riego agrícola y los riesgos que se corren con su uso, de tal manera que en el desarrollo del trabajo, se exponen los puntos sobresalientes de sus alcances y limitaciones.

1.2 Antecedentes.

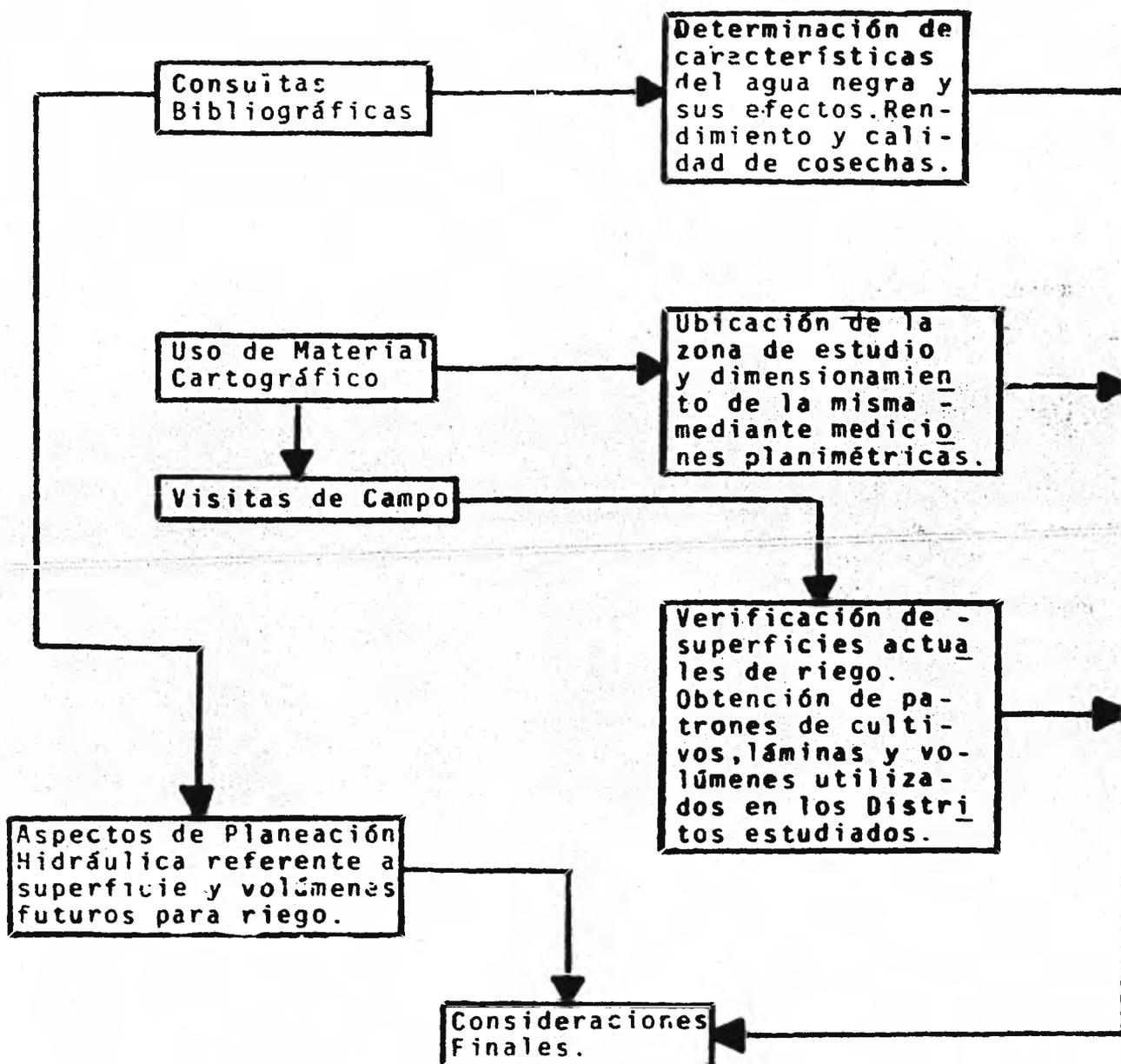
El agua negra que antiguamente se consideraba como "desecho", por su condición séptica, maloliente y portadora de gran cantidad de organismos patógenos, ahora se utiliza con gran éxito en el riego de aproximadamente 56,000 hectáreas en el Valle de México y Cuenca del Río Tula, lo que demuestra que es un valioso recurso, si se le maneja adecuadamente.

1.3 Area de Estudio

El área de estudio la constituyen los distritos de riego: 03-Tula, Hidalgo; 27-Ixmiquilpan y áreas dispersas que actualmente se riegan en la Cuenca del Río Tula, así como el distrito de Riego 88-Chalco, Texcoco, Chiconautla; unidad Chiconautla ubicado en el Norte del Valle de México, (Ver anexo de planos). Asimismo, todas las características del agua negra que se citan en el presente estudio, corresponden a las producidas en el Valle de México principalmente (aguas negras y pluviales), y en una forma secundaria a las producidas en la Cuenca del Río Tula.

1.4 Organigrama de la Investigación.

La realización del estudio, se llevó a cabo, según se muestra en el diagrama siguiente:



2.- CLASIFICACION DE AGUAS PARA USO AGRICOLA

Se han hecho varios intentos tendientes a clasificar las aguas utilizadas con fines de riego, los autores se han basado casi siempre en las características locales del medio que ellos conocen, por lo que no pueden ser aplicados a cualquier región debido a que excluyen factores externos al agua para riego, que afectan directamente a los cultivos (clima, características físicas y químicas del suelo etcétera). Actualmente se conocen definiciones de agua con mayor o menor aplicación, pero en ningún caso se ha publicado una clasificación que defina concretamente -- las características del agua para riego y su aplicación óptima.

Respecto al agua negra, existe poca información relativa a sus efectos en plantas y suelos; no obstante, se usan con bastante éxito en la actualidad.

Para clasificar las aguas negras se deben tomar en cuenta los mismos criterios e índices utilizados en la clasificación de las aguas blancas, pero se deben considerar además los aspectos de salubridad, ya que por su origen, estas aguas contienen organismos que son patógenos para los animales y el hombre.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, para -- clasificar cualquier agua de riego, se deben tomar en cuenta los criterios de clasificación que se especifican en el inciso siguiente, además de otros que se deben considerar dependiendo de la región.

2.1 Criterios de Clasificación

Los criterios de clasificación de agua para riego son los siguientes:

- a) Efecto de las sales solubles del agua para riego sobre la salinización de los suelos y sobre el desarrollo de los cultivos.
- b) Efecto que ejerce el Sodio (Na) del agua sobre las propiedades físicas de los suelos.
- c) Tolerancia de los cultivos a las sales.
- d) Concentración de Bicarbonato (HCO_3).
- e) El Clima.
- f) Características del suelo que se va a regar

2.2 Índices utilizados en los criterios de clasificación

Los índices o estimadores utilizados en los criterios de clasificación son los siguientes:

- a) La salinidad efectiva y la conductividad eléctrica cuando el contenido de Carbonatos (CO_3), más Bicarbonatos (HCO_3) es menor del 20%.
- b) El porcentaje de Sodio posible y el carbonato de Sodio residual.
- c) Consideración de la clasificación de los cultivos en cuanto a su tolerancia a las sales (Tolerantes, semitolerantes, sensibles).
- d) Presencia de NaCO_3 (Carbonato de Sodio) residual.
- e) Posibilidad de lavado de sales del suelo mediante la precipitación (Verificación mediante análisis del suelo).

- f) Determinar la permeabilidad del suelo y la fracción de lavado, para aplicar la lámina de riego adecuada con la finalidad de llevar a cabo el lavado de sales sin provocar encharcamientos que dañen a los cultivos. Debe tomarse además en consideración la textura del suelo.
- g) Para aguas negras deberá considerarse la acción de los organismos patógenos, además de elementos tóxicos, como residuos de detergentes o desechos industriales, así como el tratamiento del agua y su efecto sobre los cultivos.

2.3 Calidad de las Aguas para Riego.

La calidad de las aguas para riego depende del tipo y cantidad de sales que lleven en solución y suspensión. Mediante análisis químicos se determinará cuales son las sales que se encuentran y en que cantidad (partes por millón) y en base a dichos análisis se determinará su calidad para uso agrícola.

- Contenido de sales en las aguas de riego

El agua al entrar en contacto con las rocas y los suelos disuelve sales que posteriormente lleva en solución y suspensión; las sales más comunes son:

- a) Yeso o Sulfato de Calcio ($\text{Ca SO}_4 2\text{H}_2\text{O}$)
- b) Sal Higuera o Sulfato de Magnesio ($\text{Mg SO}_4 7\text{H}_2\text{O}$)
- c) Sal de Glauber o Sulfato de Sodio ($\text{Na}_2 \text{SO}_4 10\text{H}_2\text{O}$)
- d) bicarbonato de Sodio (Na HCO_3)
- e) Sal común o Cloruro de Sodio (Na Cl)

Cuando las sales se disuelven en el agua, se separan en iones y pierden su identidad, por lo que los reportes de calidad

de agua, se expresa más bien en iones que en sales.

Los principales iones que se encuentran en las aguas de riego son: Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Carbonato ($\text{CO}_3^{=}$), Bicarbonato (HCO_3^-), Sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), Cloro (Cl^-), Nitrato (NO_3^-).

Los cuatro primeros iones, son cationes (básicos) y los cinco últimos son aniones (ácidos). El Potasio, el Carbonato y Nitrato, comunmente se hallan en bajas concentraciones.

El problema de utilizar agua con altas concentraciones salinas, es que las sales se pueden ir acumulando en los suelos, con su consiguiente degradación, e incluso pueden dañar los cultivos.

3.- EL AGUA NEGRA COMO RECURSO HIDRAULICO

Las aguas negras son aguas degradadas por su empleo en - usos domésticos, municipales, pecuarios o industriales, y pueden o no estar mezcladas con aguas superficiales, subterráneas o plu viales. El agua producto de los usos anteriormente mencionados, trae consigo una transformación de tipo físico-químico-biológico; dichos cambios ocasionan que las aguas negras sean de calidad - variable y compleja a través del transcurso del día.

Una característica importante del agua negra es que se en cuenta cada vez en mayores volúmenes disponibles, a medida que crece la población y los núcleos urbanos. En tiempos pasados, - el agua negra era considerada como un desperdicio, pero en la ac tualidad se ha demostrado que es un recurso hidráulico muy valio so si se le maneja adecuadamente.

El empleo de las aguas negras para uso agrícola, indus- - trial, silvícola, recreativos etc..., requiere de amplia investi gación en diversas ramas, que conduzcan a un mejor conocimiento de ellas para poder definir las perspectivas y limitaciones para su aprovechamiento.

Para poder usar las aguas negras, es necesario establecer prioridades en su empleo, ya que en base a éstas, se deberá exi gir un control de calidad apropiado.

En el caso del empleo agrícola del agua negra habrá que - realizar estudios sobre salinidad, toxicidad, problemas de conta minación etc. (Los estudios mencionados deben llevarse a ca

3.1 Análisis Bacteriológicos de las Aguas Negras.

Según la información obtenida de análisis realizados en varias partes del mundo y en México, en las aguas negras se encuentran un gran número y diversidad de organismos patógenos entre los que destacan los siguientes:

Cuadro No. 1

Principales Organismos Patógenos detectados en las Aguas Negras.

ORGANISMOS	ENFERMEDADES
Enterovirus	Hepatitis Infecciosa
Salmonella	Tifoidea
Vibrio cholera	Cólera
Shigella	Disentería Bacilar
Entamoeba histolytica	Disentería Amibiana, Colitis Amibiana, Absceso Hepático, etc.

Parásitos Intestinales

El período de tiempo que sobreviven estos organismos es variable. Se ha descubierto que la Salmonella typhosa sobrevive un lapso de 26 días en almacenamiento de aguas superficiales.

La supervivencia de Entamoeba histolytica a 0°C es de 90 días aproximadamente, reduciéndose en una tercera parte por cada 10°C de elevación de la temperatura. Los quistes del organismo mencionado han sido encontrados incluso en efluentes de plantas de lodos activados, no así en aquellos de filtros de arena o de tierra con drenes subterráneos.

El virus Enterovirus (productor de la Hepatitis infecciosa) fué capaz de sobrevivir 70 días. El virus Coxackie A₂ sobrevivió 41 días en aguas negras que fueron mantenidas en el laboratorio a 20°C y el virus de la poliomelitis fué encontrada en aguas de río contaminadas artificialmente después de 188 días.

Como conclusión, se puede decir que los organismos patógenos mencionados, no se multiplican después de salir del organismo humano, ya que son parásitos del hombre y no encuentran condiciones favorables para su reproducción fuera de éste, y bajo las condiciones naturales del medio tienden a morir en períodos de tiempo variables.

4.- PRESENCIA DEL BORO EN LAS AGUAS NEGRAS

En ocasiones, la presencia de boro en las aguas negras - para riego, se encuentra en concentraciones tóxicas para los cultivos, por lo que es necesario tomarlo en consideración para establecer su calidad. Por otro lado, este elemento es necesario para el desarrollo normal de los cultivos, pero su presencia debe estar sujeta a ciertos límites.

4.1 Efecto del Boro en los Cultivos.

La deficiencia de boro en los cultivos se manifiesta primeramente en las zonas de crecimiento, las cuales mueren, después de que las hojas sufren intensa atrofia y deformación, la cual se manifiesta con un enrollamiento de éstas, acompañado en algunas ocasiones de un cambio de color; en esas condiciones, las hojas se vuelven fácilmente quebradizas.

El boro en las plantas se encuentra principalmente en los ápices vegetativos, flores y tejidos de conducción. Tiene además gran importancia en la germinación del polen, en la formación de frutas, flores y raíces así como en el transporte de sustancias dentro de la planta.

La acción que ejerce el boro en los vegetales ha sido planteada por diversos autores, algunos opinan que favorece la asimilación de los principios alimenticios, otros opinan que evita la precipitación de compuestos cálcicos y potásicos y otros más sostienen que detiene en general la asimilación de los cationes y algunos más, que se une a los carbohidratos.

En cuanto a los suelos, la concentración del boro en el -

agua para riego, dañarfa los cultivos proporcionalmente a la concentración en que este elemento se encuentre en la solución del suelo, que depende del lavado de boro que se logre con la aplicación de los riegos, así como del tipo de suelos, cultivos, climas y manejo en general.

Se sabe que en zonas donde el agua negra ha sido empleada por mucho tiempo y que tiene una concentración promedio de 2 p.p.m. (partes por millón) se ha establecido un equilibrio en la solución del suelo de alrededor de 5 p.p.m. de boro en la profundidad de 0 a 30 cm. y permite el establecimiento de cultivos como jitomate, trigo, alfalfa, maíz y cebada (Distrito de Riego 03, - Tula, Hgo.) entre otros.

A continuación se cita en el cuadro No. 2 ejemplos de cultivos en cuanto a sus diferentes grados de tolerancia al boro:

Cuadro No. 2

Tolerancia de algunos cultivos al Boro

TOLERANTES 4 p.p.m.	SEMITOLERANTES 2 p.p.m.	SENSIBLES 1 p.p.m.
Lechuga	Chicharo	Aguacate
Zanahoria	Trigo	Manzana
Alfalfa	Maíz	Pera
Espárrago	Calabaza	Ciruela
Remolacha Azucarera	Papa	Cereza
Remolacha Forrajera	Cebada	Naranja
Betabel	Avena	Toronja
Col	Jitomate	Frijol Blanco
Cebolla	Algodón	Uva
Haba	Olivo	Durazno

4.2 Efectos del Boro en el Ganado.

En el ganado se ha encontrado que el boro en forma de ácido bórico es letal dependiendo de las especies, entre dosis que fluctúan entre 1.2 y 3.45 gr. por kilogramo de peso del animal y concentraciones de ácido bórico en el agua de 2 500 mg/l han sido perjudiciales al ganado por interferir en el crecimiento de éste.

Se ha llegado a la conclusión que una ingestión diaria de 20 gr. de borato de sodio por un lapso de 40 días, no causó efectos patológicos en ganado lechero, pero se observó que la concentración de boro, se elevó de 0.7 a 3.0 mg/l¹⁾.

Cuadro No. 3

Límites Permisibles de Boro para varias clases de Agua Para Riego

CLASE DE AGUA	GRUPO DE CULTIVOS		
	Sensibles p.p.m.	Semitolerantes p.p.m.	Tolerantes p.p.m.
Excelente	Menos de 0.33	Menos de 0.67	Menos de 1.00
Buena	0.33 - 0.67	0.67 - 1.33	1.00 - 2.00
Permisible	0.67 - 1.00	1.33 - 2.00	2.00 - 3.00
Dudosa	1.00 - 1.25	2.00 - 2.50	3.00 - 3.75
Inadecuada	Más de 1.25	Más de 2.50	Más de 3.75

1) Presencia del boro en las aguas negras de la Ciudad de México.
S.R.H. México, D.F. 1971.

Aún cuando se ha llegado a ciertas conclusiones, según efectos observados en el ganado por ingestiones variables de boro, las investigaciones al respecto, se consideran incipientes por -

lo que se deben realizar un mayor número de experimentos más prolongados para llegar a determinar en forma categórica las consecuencias de la ingestión de dosis variables de este elemento por parte del ganado.

5.- PRESENCIA DE LOS DETERGENTES EN LAS AGUAS NEGRAS.

Los detergentes son productos sintéticos ampliamente utilizados en la industria y en los hogares con fines de limpieza y han ido desplazando paulatinamente a los jabones, ya que estos no forman precipitados insolubles causantes de dureza, e incluso limpian eficientemente con el uso de aguas duras.

Los detergentes son solubles al agua y permiten que la solución acuosa penetre en los capilares, abatiendo la tensión superficial del agua (acción humectante, la cual desintegra y separa las partículas que se han acumulado), es decir tiene acción dispersante; además incorpora las impurezas y el aceite al agua (acción emulsificante), y tiene además la propiedad de reducir la viscosidad del agua.

Los detergentes están constituidos por un agente surfactante activo (20% aprox.) y otro llamado aditivo (Polifosfatos, silicatos de sodio, etc...) que cubre el restante 80%.

Los detergentes comerciales contienen un detergente aniónico conocido comunmente con las siglas ABS (Alquil-Benzil-Sulfonato), el cual es capaz de producir espuma incluso en concentraciones muy bajas, tales como 1 mg/l.

Recientemente aparecieron los llamados "detergentes biológicos", los cuales están compuestos por un detergente común al cual se le han agregado perfumes, colorantes y un agente biológico (enzimas), el cual al encontrarse en un medio favorable bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura, ocasionan la desintegración de las grasas, una parte de las cuales digiere y

destruye además las protefinas.

El lapso de "vida" de las enzimas en estado seco puede ser largo, pero al encontrarse en agua, comienza a actuar, terminando su acción en 48 horas aproximadamente.

Los detergentes existentes en el mercado mexicano son no biodegradables en alto grado, es decir, no son atacados por la flora y la fauna existente en las aguas negras, razón ésta de su gran persistencia y cuya presencia se manifiesta con la abundancia de espuma, varios Km. abajo de las descargas.

5.1 Efectos de los Detergentes en los Cultivos.

La Comisión Hidrológica del Valle de México, llevó a cabo estudios (1970²) referentes al efecto que produce en los cultivos el ABS (componente básico de los detergentes), para lo cual se aplicaron diferentes dosis de detergentes comerciales con y sin enzimas. Los estudios se llevaron a cabo tanto en los campos de cultivo como en invernadero.

La investigación de campo se llevó a cabo en la Región del Mezquital, Hgo., en cooperación con los ejidatarios de Apasco, Mex. y del Distrito de Riego 03 (Tula, Hgo.). En el invernadero, la investigación se llevó a cabo con la colaboración del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo.

En la realización de este experimento (invernadero), se utilizaron suelos libres de detergente, cultivándose alfalfa, avena, cebada, zanahoria, jitomate, lechuga y frijol distribuidos en 200 macetas, las dosis empleadas fueron de 10 a 70 p.p.m. de detergente.

En el campo, se regó directamente con agua negra, circunstancia que se aprovechó para efectuar un estudio sobre la contaminación bacteriológica de los productos obtenidos.

Observaciones:

1. - Se observó tanto en el campo como en el invernadero, que la

- 2) Investigación del efecto que produce en los cultivos y en el ganado, el empleo de agua conteniendo detergentes.

Oficina de Planif. y Proyectos. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. S.R.H. Octubre 1970.

presencia de detergente aumenta la evapotranspiración y facilita la infiltración del agua, la evapotranspiración es más notable al usar las dosis máximas empleadas (70 p.p.m.).

- 2.- En el riego con aguas negras, se estima que debe emplearse un 10% del volumen utilizado, a manera de lavado.
- 3.- Se observó que durante el desarrollo de los cultivos en suelos libres de detergente, en ciertos productos causó un efecto negativo muy bajo, y en otros un efecto positivo también mínimo; por lo que suministrando una dosis hasta de 70 p.p.m., que fué la máxima ensayada, aparentemente no causa efecto notable ni durante su desarrollo, ni durante su productividad.
- 4.- Como no existe un método rápido, sencillo y económico para extraer el ABS del suelo y de los vegetales, se compararon 2 de los más usuales aplicados al agua, variando el medio de solución, tiempos de contacto y temperatura, llegándose a emplear el verde de metilo, solución de Na OH . 1 N, temp. ambiente y tiempo de contacto entre solvente y materia sólida de 24 horas.
- 5.- De acuerdo al método de extracción para determinar la presencia de detergente en materiales sólidos, no fué posible definir si el contenido de ABS es acumulativo en los suelos regados con aguas negras.
- 6.- Aunque no se tienen fundamentos estadísticos importantes, se observó que en los cultivos de zanahoria y frijol se llevó a cabo un incremento en la cantidad de iones SO_4^- y Na^{++} , y se infiere que los tomaron del detergente suministrado, demostrando con ello que una parte del detergente presente en el

suelo se ioniza y es absorbido por las plantas en forma no uniforme.

5.2 Efectos de los Detergentes en el Ganado.

Para determinar los efectos que produce el detergente en el ganado, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.²⁾, realizó estudios y observaciones sobre 6 becerros a los quea través del agua para beber, se les suministró detergente con enzimas en dosis variables de 20 a 150 p.p.m. Se emplearon para este experimento, animales machos de 2 a 4 meses de edad.

Como resultado de este experimento se observaron las siguientes reacciones:

- a) Durante los seis meses que duró el experimento, los animales recibieron dosis de 20 y 70 p.p.m. de ABS, registrándose un ligero aumento de peso y los que recibieron dosis de 150 p.p.m. registraron un pequeño descenso.
- b) Antes de suministrar detergente a los animales que se sometieron al estudio, se les realizaron análisis en orina y heces fecales y se observó que había presencia de detergente por lo que se dedujo que el alimento que se les suministró anteriormente al inicio del experimento estaba contaminado con dicho producto.

2) Investigación del efecto que produce en los cultivos y ganado el empleo de agua conteniendo detergentes.

Comisión Hidrológica del Valle de México. S.R.H. 1970.

- c) Al analizarse la alfalfa y el concentrado que sirvió de alimento a los becerros, se confirmó la presencia de ABS, por lo que se deduce que proceden de terrenos regados con aguas negras.
- d) Durante el tiempo que duró el experimento, no se notó influencia del detergente sobre parásitos intestinales de los becerros.
- e) Al realizar análisis de sangre, se observó que las biometrías hemáticas permanecen dentro de los límites aceptados como normales; sin embargo, se nota una tendencia a disminuir el número total de leucocitos al incrementar las dosis de ABS.
- f) Como consecuencia de los resultados obtenidos, se puede decir que el ABS contenido en las aguas negras (concentraciones normales), no ejercen efecto nocivo sobre el ganado, pero para hacer esta afirmación en forma categórica, se deben realizar experimentos en más animales y por períodos más prolongados.

6.- MANEJO DE AGUAS NEGRAS.

Para el manejo de las aguas negras y residuales con fines de riego, se deben tomar en cuenta 2 aspectos fundamentales:

a) Manejo desde el punto de vista agronómico.-

Referido a los efectos sobre cultivos y suelos.

b) Manejo desde el punto de vista bacteriológico.-

Se refiere al peligro de contaminación mediante la presencia de agentes transmisores de enfermedades al hombre y a los animales.

Desde el punto de vista agronómico, se toma en consideración la presencia de sustancias corrosivas y detergentes, así como pesticidas y herbicidas; por lo que aquí se considera la presencia de sales solubles, sodio, elementos tóxicos y sólidos en suspensión (5 000 partes/millón es el máximo permisible).

Los sólidos en suspensión son de vital importancia en el riego por aspersión, ya que pueden ocasionar obstrucción en las boquillas y porque reducen la porosidad del suelo.

El manejo de aguas negras reviste mayor interés desde el punto de vista bacteriológico, y se deben tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

- 1) Las aguas negras deben ser tratadas con la finalidad de oxidar la materia orgánica, eliminar los lodos y con la aplicación de elementos tales como Carbón, Cloruro, Sulfato de Cobre, etcétera, se desinfectan.
- 2) No deben contener sustancias tóxicas para el hombre y los animales tales como ácidos, bases, ABS, pesticidas, herbi-

cidas, etcétera.

- 3) No deben contaminar los mantos subterráneos susceptibles de explotación.
- 4) Se podrán utilizar aguas negras sedimentadas para regar cultivos tales como: maíz, trigo, cebada y frutales (cítricos, aguacates, membrillo y chabacano entre otros).
- 5) Se podrán utilizar aguas negras sedimentadas en otros cultivos, siempre y cuando se suspenda el riego 15 ó 20 días antes de la cosecha, colocando los productos en cualquier cosa, menos en el suelo, ya que se pueden contaminar. Los cultivos en los que se puede aplicar esta medida son frutales tales como: manzano, ciruela, peral, albaricoque y durazno entre otros.
- 6) No se recomienda el uso de aguas negras sedimentadas para cultivos tales como la fresa, col, zanahoria, lechuga, nabo, apio, ajo, berro, perejil, cilantro, etcétera.
- 7) Las aguas negras sedimentadas, pueden utilizarse en el riego de forrajes siempre y cuando la leche sea pasteurizada, no porque los forrajes contaminen la leche a través de la vaca, sino porque el roze de las ubres con el follaje pueden contaminarse.

6.1 Contaminación de Productos Agrícolas Regados con Agua Negra.

La Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México ha llevado a cabo investigaciones sobre el efecto del empleo -- del agua negra sobre suelos, cultivos y ganado; una de éstas -- consistió en la elaboración de un estudio bacteriológico realizado en productos agrícolas adquiridos en mercados, supermercados y chinampas de Xochimilco, del Area Metropolitana del Distrito Federal³⁾, para realizar análisis comparativos de dichos -- productos con los obtenidos en terrenos regados con aguas ne -- gras. Se realizaron pruebas en vegetales crudos y cocidos se -- gún la forma de ingerirse, simulando en el laboratorio las con -- diciones reales de cocina.

De esta investigación se obtuvieron los siguientes resul -- tados:

- a) De los análisis practicados, se observó que los produc -- tos agrícolas adquiridos en los mercados de la Ciudad de México y en la zona de chinampas de Xochimilco, tienen -- casi todos el mismo grado de contaminación que los culti -- vos en suelos regados con aguas negras.
- b) La totalidad de pruebas realizadas en jitomate, dieron -- resultados libres de contaminación; sin embargo, debe te -- nerse presente que productos semejantes se ven altamente alterados cuando los insectos deterioran su cubierta pro -- tectora.

c) De los resultados al practicar análisis bacteriológicos

3) Uso Agrícola de las Aguas Negras. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. S.R.H. 1971.

de productos sometidos a distintos tipos de lavado, se deduce que mientras mejor sea, menor grado de contaminación presenta, por lo que ésta es generalmente superficial.

- d) De análisis bacteriológicos efectuados en vegetales cocidos, se observa que la contaminación se anula y únicamente en casos aislados se mantiene presente el Clostridium perfringens.

6.2 Métodos Estudiados para Disminuir la Contaminación Bacterial de Productos Agrícolas .

Se ha encontrado que los cultivos producidos mediante el riego con agua negra no muestra una mayor cuenta bacterial del grupo coliforme que las regadas con agua blanca; diversos estudios han llevado a la conclusión que, para lograr una reducción en la transmisión de enfermedades por la ingestión de vegetales regados con agua negra, sean aplicados métodos para conseguir la remoción bacterial en forma física o por muerte de los organismos, sin alterar el sabor ni las características alimenticias de los productos así como su textura y presencia.

Entre ellos se ha probado los efectos del almacenaje de los productos, el uso de gases halógenos, principalmente Cloro (Cl) y Fluor (F); lavados con agua limpia, lavado con detergentes y por último, aplicaciones variables de calor.

El efecto en los procesos mencionados se ha juzgado en base a dos aspectos principales; el primero de ellos, consiste en la reducción mínima posible de la concentración residual de los

organismos contaminantes. El segundo criterio en consideración es la uniformidad lograda en la disminución de la contaminación.

Los resultados que se han obtenido de los estudios acerca de la contaminación y eliminación de organismos patógenos, ha permitido que se consideren los aspectos que se mencionan a continuación.

No se ha encontrado que las bacterias, así como huevecillos de amebas y de plato-nematelminos, se hayan introducido al vegetal, de tal forma que la contaminación es meramente superficial. Si se aplican lodos de aguas negras o si se aplican riegos durante el crecimiento del vegetal, estos deben suspenderse cuando menos un mes antes de la cosecha.

Si se toma en consideración este último aspecto, las cosechas no mostrarán mayor contaminación bacterial que la que se tiene cuando se fertiliza con estiércol.

La *Salmonella* y *Singuiella* no sobreviven más de una semana en la superficie de los vegetales, por lo que se tiene un considerable margen de seguridad referido a estos organismos.

Existen bacterias que se adhieren tenazmente a la superficie de los vegetales y por consiguiente es muy difícil su remoción por diferentes métodos de lavado, así como por el uso de germicidas, por lo que su eliminación tendrá que efectuarse mediante la aplicación de calor (cocción principalmente).

La resistencia de los quistes de *Entamoeba histolytica* depende de la cantidad de humedad existente, por lo que mueren inmediatamente después de la desecación.

Durante los períodos secos, los quistes de Entamoeba sobreviven menos de 3 días en los Tubérculos.

El peligro de contaminación por Ascaris lumbricoides se reduce en forma considerable, si la fertilización con estiércol, se suspende un mes antes de la cosecha.

Se ha llegado a la conclusión, que para la eliminación -- bacterial, pueden ser efectivos los métodos diversos de lavado, así como la aplicación de detergentes y germicidas (Cl, F, etc.) pero el método más confiable para la eliminación de estos organismos, así como de huevecillos y quistes de parásitos es la pasteurización de productos a 60°C de temperatura en un tiempo de 5 minutos.

Se considera que los organismos mayores, tales como huevos de lombrices, quistes de Entamoeba y aún algunas bacterias cuando van adheridas a partículas grandes, se pueden sedimentar en condiciones más o menos tranquilas, además la presencia de organismos predadores (Protozoarios principalmente), son un factor de disminución de bacterias patógenas. Por otro lado, podríamos decir que las aguas negras tienen cierta "defensa natural" referente a la eliminación de organismos patógenos, en cuanto a que el p^H puede eliminarlos, cuando tiende a la acidez (menor de 5) o a la alcalinidad (mayor a 8).

7.- USO DE AGUA NEGRA PARA RIEGO EN OTROS PAISES.

En los EE. UU. de América está bastante generalizada la prohibición del uso agrícola de las aguas negras crudas para todo tipo de cultivos. Únicamente se permite el uso de aguas negras sedimentadas, efluentes de filtros rociadores o aguas negras tratadas en plantas de lodos activados, en los cultivos de algodón, forrajes y frutales de poca altura y rastreros; únicamente pueden emplearse para el riego de legumbres, hortalizas y frutales de bajo crecimiento, aguas negras bien oxidadas y bien desinfectadas.

En los alrededores de París, se ha practicado bastante y con buenos resultados, el riego con aguas negras crudas, pero - el tipo de cultivos debe ajustarse a un plan aprobado por las - autoridades sanitarias^{*)}, en el cual se prohíbe el riego con agua negra, de vegetales que se consumen crudos. Asimismo, debido a los malos olores que se desprendían de los campos de irrigación de París y que provocaban molestias a los habitantes, se ha limitado el desarrollo de zonas de riego con aguas negras -- crudas y cada vez se generaliza más el tratamiento de éstas.

*) Publicación de la Direction Générale des Services Techniques de la Ville de París (1949).

8.- LAMINAS EMPLEADAS EN EL RIEGO CON AGUAS NEGRAS EN EL VALLE DE MEXICO Y CUENCA DEL RIO TULA.

Las láminas empleadas en el Distrito de Riego No. 88 dentro del Valle de México, así como las empleadas en el Distrito 03 en la Cuenca del Río Tula, son más altas que las empleadas en los distritos que se riegan con aguas blancas, esto se debe a que generalmente se aplican mayores volúmenes a manera de lavado de los suelos, siendo este variable, dependiendo del tipo de suelo y del contenido de sales en estos y en el agua negra.

Las láminas aplicadas varían de acuerdo a los cultivos, a los volúmenes de agua disponibles, a las condiciones de humedad en que queda el suelo después de cada ciclo agrícola y a la intensidad y duración de las lluvias.

La Dirección General de Distritos de Riego de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, estableció coeficientes de riego actuales y futuros para el Distrito 03 y el Plan Hidráulico del Centro (PLHICEN), primera etapa, los cuales se muestran en el cuadro No. 4.

CUADRO No. 4

Coeficientes de Riego para el Distrito de Riego 03-Tula y PLHICEN

Coeficiente Anual	Lámina Actual m.	L A M I N A	
		Sin Lavado	F U T U R A Con Lavado
Bruto Total	2.419	1.783	2.281
Neto Total	1.234	1.426	1.825
Bruto por Riego	0.395	0.168	0.215
Neto por Riego	0.201	0.135	0.172

Los coeficientes de riego actuales corresponden al Distrito de Riego 03 y los coeficientes de riego futuros se registrarán cuando el Distrito mencionado y el PLHICEN, se encuentren totalmente rehabilitados y se apliquen riegos eficientes como resultado de asesoría técnica apropiada proporcionada al usuario.

En el Valle de México (Distrito de Riego 88), el Coeficiente Anual de Riego (lámina bruta promedio), es de 1 m.

Fuente del Cuadro: Estudio Hidrológico del Distrito de Riego - Tula (El Mezquital) y Plan Hidráulico del Centro (PLHICEN y 1a. Etapa)¹⁷⁾ Estudios Hidrológicos 5-73 y 1-74, preparado por los Ingenieros Fernando del Río R. y Miguel Angel Aguayo C., Comisión de Aguas del Valle de México. S.R.H. México, D.F. 1974.

8.1 Superficies Actuales de Riego con Aguas Negras en el Valle de México y Cuenca del Rfo Tula.

Las superficies que actualmente se riegan con aguas negras dentro del Valle de México y Cuenca del Rfo Tula, se pueden resumir en el siguiente cuadro.

CUADRO No. 5

Superficies de Riego Actuales en la Cuenca del Rfo Tula y Valle de México.

UNIDAD	CORRIENTE	SUPERFICIE Has.	ESTRUCTURA
(T) Distrito 03 Tula-Hgo.	Rfo Tula y Salado	38 950	Presas:Taxhimay, Requena y Endó. Derivadoras:Tla- maco,El Tablón y La Virgen.
(T) Tepeji del Rfo	Rfo Tepeji (Tula)	674	Presa Taxhimay.
(I) Tasquillo	Rfo Tula	3 037	Derivadora Feli- pe Angeles.
(T) Ixmiquilpan (Distrito No.27)	Rfo Tula	4 200	Derivadoras:Teco- lote y El Maye.
(T) Tequixquiac- Tlamaco	Rfo Salado	5 535	
(VM) Distrito No. 88 Chalco-Texcoco-Chico- nautla Unidad Chiconautla	Gran Canal del Desague	5 000	
TOTAL		56 396	

T = Cuenca del Rfo Tula

VM = Cuenca del Valle de México.

Fuente: Estudio Hidrológico del Distrito de Riego Tula (El Mezquital) y Plan Hidráulico del Centro (PLHICEN 1a.Etapa)¹⁷⁾

8.2 Estimación de los Consumos Anuales de Agua Negra Actuales en la Cuenca del Río Tula y Valle de México.

Los consumos medios actuales en las zonas de operación - en las Cuencas del Río Tula y Valle de México, son de la siguiente manera, según las superficies y láminas medias reportadas.

CUADRO No. 6

Estimación del Consumo Actual de Agua Negra en la Cuenca del Río Tula y Valle de México.

ZONAS EN OPERACION	SUPERFICIE Has.	VOL. BRUTO $10^6 m^3$	LAMINA BRUTA m.	GASTO $m^3/seg.$
Cuenca del Río Tula (D.03, Tepeji del Río, Ixmiquilpan, Tasqui-- llo, etc...)	51 396	1 243.269	2.419	39.42
Cuenca del Valle de México (Distrito 88 "Chalco- Texcoco-Chiconautla", Unidad Chiconautla)	5 000	48.950	0.979	1.5
TOTAL	56 396	1 292.219	2.290	40.92

Fuente: Cálculos efectuados por el autor con base en información recopilada en la Jefatura de Operación de los Distritos de Riego 03-Tula, Hgo., 29-Ixmiquilpan, Hgo. y 88-Chalco-Texcoco-Chiconautla.

9.- SUPERFICIES FUTURAS DE RIEGO CON AGUAS NEGRAS EN LA CUENCA DEL RIO TULA Y VALLE DE MEXICO.

Con base en los programas de construcción de nuevas zonas de riego que ha elaborado la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y con base al Programa de Asignación de Aguas⁴⁾ - hasta el año 2000, en el Valle de México y en la Cuenca del Río Tula, se han determinado y dimensionado las superficies futuras que serán regadas con aguas negras hasta el año mencionado y -- sus volúmenes, láminas y gastos.

El programa de asignación de aguas negras, se llevó a cabo mediante modelos de simulación hidrológica mensual que inclu^uyen el escurrimiento de las subcuencas del valle y las demandas de agua estimadas para los proyectos de riego existentes.

En el mencionado programa se han tomado en cuenta variables tales como:

- a) Proyección de la Población del Area Metropolitana del Valle de México y del resto del Valle.
- b) Efluentes del Area Metropolitana.
- c) Políticas de Operación y Tecnología para tratamiento de aguas residuales.
- d) Satisfacción de las demandas en la Cuenca del Río Tula.

En el programa se incluyen zonas actualmente en operación

- e) Abastecimiento de las unidades de riego que cuentan con

4) Resumen del Avance e Integración Preliminar del Plan Hidráulico para la Cuenca del Valle de México, Feb. 1980. Comisión del Plan Nacional Hidráulico, S.A.R.H.

- aguas negras asignadas (actuales y en construcción).
- f) Asignación de volúmenes a aquellos proyectos cuyos estudios se encuentren más avanzados.
 - g) Volúmenes de agua negra generados por el Area Metropolitana del Valle de México y resto del Valle, en función de la población proyectada al año 2000 con base en el -- Plán Nacional de Desarrollo Urbano y las dotaciones asignadas.
 - h) Volúmenes pluviales captados por el sistema de drenaje del Valle.
 - i) Se ha considerado la actual política de operación del sistema general de drenaje del Valle, con lo que se cubren los consumos de agua para reuso industrial y de riego a lo largo del Gran Canal del Desague principalmente.

Tomando en cuenta sólo estas variables, se establecen una gran cantidad de alternativas, referentes a la asignación de aguas. Por otro lado, si las variables mencionadas permanecieran constantes, el programa experimentaría cambios de acuerdo a las prioridades que se les diera a éstas.

9.1 Superficies de Riego Futuras y Estimación del Consumo de Agua Negra en la Cuenca del Río de Tula.

Con base en las especificaciones anteriores, el consumo de agua negra en la Cuenca del Río Tula, a partir del quinquenio 1985-1990, será como se especifica en el cuadro No. 7.

CUADRO No. 7

Superficies de Riego Futuras y Consumos de Agua en la Cuenca del Río Tula.

ZONAS ACTUALES EN OPERACION	PROGRAMA	SUPERFICIE Has.	VOL. BRUTO 10 ⁶ m ³	LAMINA BRUTA m.	GASTO m ³ /seg.
	Distrito 03 Ampliaciones	26 599	609.004	2.281	19.31
	PLHICEN 1a. Etapa	23 753	541.919	2.281	17.18
	Areas dispersas	3 000	66.430	2.281	2.17
D.03, Tepeji del Rfo, Ixmiquilpan, Tasquillo, etc...		62 446	1 510.568	2.419	47.89
TOTAL :		115 903	2 729.921	2.355	86.56

9.2 Superficies de Riego Futuras en el Valle de México y Estimación de los Consumos de Agua Negra.

De acuerdo con los lineamientos planteados referente al programa de asignación de aguas negras, las superficies futuras dentro del Valle de México, así como la estimación del consumo futuro de agua al año 2000 se puede resumir en el siguiente cuadro.

CUADRO No. 8

Superficies de Riego Futuras y Consumos de Agua Negra en el Valle de México.

	NOMBRE DE LA UNIDAD	SUPERFICIE Has.	VOL. BRUTO 10 ⁶ m ³	LAMINA BRUTA m.	GASTO m ³ /seg
Zona Actual en operación	Distrito No.88	5 000	48.950	0.979	1.5521
	Sn.Juan Citlaltepec(3)	540	17.030	3.150	0.5400
	Chalco-Tláhuac (1)	3 100	78.840	2.540	2.5000
Proyectos (Al año 1985)	(1a.Etapa)				
	Margarita G.dei Mazo(3)	425	2.370	0.560	0.0751
	Apaxco-Zumpango (1)	10 150	127.000	1.250	4.0271
	Plan Texcoco (1)	4 100	64.330	1.570	2.0399
	Chiconautla Rehab. (1)	5 500	30.940	0.560	0.9811
	SUMA PARCIAL :	28 815	369.460	1.282	11.7155
Proyectos (Al año 1990)	Chalco-Tláhuac (4)	3 200	78.840	2.460	2.5000
	(2a.Etapa)				
	Sta.Ana Nextlalpan (3)	700	3.500	0.500	0.1100
	SUMA PARCIAL :	3 900	82.340	2.111	2.6100
Proyectos (Al año 2000)	Sta.Ana Nextlalpan (3)	500	26.830	5.366	0.8507
	Netzahualcoyotl (2)	100	3.150	3.150	0.0998
	SUMA PARCIAL :	600	29.980	4.996	0.9505
TOTAL AL AÑO 2000 :		33 315	481.780	1.446	15.2771

Año en que el proyecto puede entrar en operación dado el avance de estudios en que se encuentra.

<u>CLAVE</u>	<u>AÑO</u>
(1)	1980
(2)	1981
(3)	1982
(4)	1983
(5)	1984
(6)	1985

10.- RENDIMIENTO Y CALIDAD DE COSECHAS EN EL DISTRITO DE RIEGO 03.

En el caso del Distrito de Riego 03-Tula, Hidalgo, los rendimientos obtenidos figuran entre los más altos del país, debido principalmente al efecto positivo de las aguas negras empleadas en el riego, así como las condiciones físicas que prevalecen en la zona.

Los cultivos que se practican en el Distrito mencionado, son aproximadamente 20, de los cuales destacan en orden de importancia según su rendimiento por hectárea (promedio obtenido de los ciclos agrícolas 1962 - 1963 a 1977 - 1978): Alfalfa, avena, jitomate, chile, maíz, trigo, cebada y frijol. Además de estos cultivos principales, se practican en el distrito, otros de carácter secundario, tales como: pradera, calabaza, betabel, ajo, arvejón, cebolla, cilantro, col, coliflor, ebo, flores, tomate, garbanzo, guazontle, lenteja y algunos frutales tales como: granada, durazno e higueras.

A continuación se muestra a detalle en el cuadro No. 9, el rendimiento medio por Ha. de los principales cultivos.

CUADRO No. 9

RELACION HISTORICA DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS POR HA. DE LOS CULTIVOS MAS IMPORTANTES EN EL
DISTRITO 03 (CICLOS 1962 - 1963 A 1977 - 1978).

Toneladas

CICLO AGRICOLA	ALFALFA	AVENA	JITOMATE	CHILE	MAIZ	TRIGO	CEBADA	FRIJOL
1962-1963	83.700	16.000	13.000	7.000	3.100	3.200	2.500	1.000
1963-1964	92.506	15.482	16.682	8.000	4.000	2.501	3.000	1.013
1964-1965	99.800	17.471	11.760	8.683	4.070	3.246	3.519	1.000
1965-1966	91.116	18.000	22.800	15.900	4.100	2.800	3.000	0.800
1966-1967	100.453	14.797	19.747	18.410	4.212	3.185	3.179	0.900
1967-1968	91.040	16.607	13.977	9.388	4.200	1.862	2.754	1.016
1968-1969	84.858	15.015	15.377	12.905	4.647	2.800	3.029	0.973
1969-1970	105.000	17.434	25.644	9.045	4.171	3.492	3.100	1.100
1970-1971	95.300	18.150	31.587	10.797	3.938	1.913	1.956	1.259
1971-1972	102.392	19.050	23.895	7.209	4.212	2.581	2.718	1.043
1972-1973	97.917	19.450	21.856	13.380	3.877	2.016	2.149	1.616
1973-1974	97.500	20.248	22.350	11.293	3.422	3.008	2.607	1.717
1974-1975	85.050	17.914	20.039	7.626	4.229	3.421	3.053	1.401
1975-1976	89.153	19.898	18.927	7.487	3.896	3.119	2.968	1.768
1976-1977	92.736	25.032	8.966	6.776	3.679	3.400	3.077	2.083
1977-1978	94.460	29.872	11.651	9.767	4.109	3.094	2.764	1.900
PROMEDIO :	93.936	18.776	18.603	10.263	3.991	2.852	2.835	1.286
MINIMO	83.700	14.797	11.651	6.776	3.100	1.862	1.956	0.800
MAXIMO :	105.000	29.872	23.895	18.410	4.229	3.492	3.519	2.083

FUENTE: Archivo de la Oficina de Estadística y Evaluación del Distrito.

En cuanto a la calidad de las cosechas, análisis químicos han demostrado que la calidad de los cultivos obtenidos en el -- Distrito 03, tienen un contenido proteínico de aproximadamente - el 20% más que los cultivos obtenidos en algunos distritos del - Rfo Lerma (caso de los cereales, principalmente trigo); cabe ha- cer la aclaración que en el Distrito 03, uno de los principales cultivos es el alfalfa, cuya producción es superior en este dis- trito que en los restantes donde se produce este cultivo, a ex-- cepción del Distrito 88 que también se riega con agua negra y en donde se obtienen rendimientos semejantes.

10.1 Análisis Comparativo de Rendimientos Medios de Cosechas - en los Distritos Regados con Agua Negra (03 y 88) y otros de la República, regados con Agua Blanca.

En el cuadro No. 10 se muestra el análisis comparativo - de rendimientos medios por hectárea de los principales cultivos que se producen en los Distritos de Riego 03-Tula, Hgo., ubicado en la cuenca del Río Tula y del No. 88 "Chalco-Texcoco-Chiconau-tla", ubicado en la zona norte del Valle de México. Del análisis del mismo podemos apreciar que los rendimientos de los principales cultivos que se practican en estos distritos, son en general más elevados que en el resto de los distritos considerados.

Excepcionalmente se observan en otros distritos rendimientos más altos en algunos cultivos, por ejemplo, en los Distritos "Yaqui" y "Mayo", el rendimiento medio del trigo es más alto que en los distritos en consideración, así como en los distritos; - Edo. de Zac.(Unidad "El Chiqué") y Culiacán, Sist. Culiacán, se supera con mucho la producción de chile verde, pero en forma global, los rendimientos observados en los Distritos 03 y 88 son -- más altos que los obtenidos en los demás distritos.

CUADRO No. 10

ANALISIS COMPARATIVO REFERENTE A LOS RENDIMIENTOS MEDIOS POR HA. DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PRODUCIDOS EN LOS DISTRITOS (3, 83 Y EN OTROS DISTRITOS DE LA REPUBLICA MEXICANA. (CICLO AGRICOLA 1974 - 1975).

Toneladas.

DISTRITO DE RIEGO		C	U	L	T	I	V	O	S
Nº	NOMBRE	ALFALFA	AVENA	JITOMATE	CHILE	MAIZ	TRIGO	CEBADA	FRIJOL
03	Tula, Hgo.	85.050	17.914	20.039	7.626	4.229	3.421	3.053	1.401
88	"Chalco, Texcoco, Chiconautla"	90.000	20.000	-	-	4.000	-	-	-
13	Edo. Jal. Unidad "El Grillo y Autlán"	75.00	-	-	-	3.400	-	-	0.610
44	Jilotepec, México	50.000	18.036	-	-	3.600	1.400	-	1.396
-	Cupatitzio-Tepalcatepec, Mich.	-	-	12.506	5.529	2.700	-	-	1.000
16	Estado de Morelos	60.000	-	12.000	4.000	3.000	-	-	2.162
34	Edo. Zac. (Unidad "El Chiqué")	89.703	-	12.000	18.000	3.381	-	-	1.778
53	Edo. Colima (Unidad "Peñitas")	-	-	9.919	7.719	3.283	-	-	0.408
10	Culiacán, Sist. Culiacán	-	-	19.301	12.562	1.529	3.500	-	1.212
38	Rfo Mayo, Sonora	-	-	12.250	6.000	2.000	4.897	-	1.500
41	Rfo Yaqui, Sonora	-	-	-	-	3.107	5.191	1.864	1.244
17	Región Lagunera, Coah. y Dgo.	67.554	11.575	24.734	-	2.206	2.067	-	1.149
26	Bajo Rfo San Juan, Tamps.	-	5.500	4.000	-	2.302	2.364	3.000	0.643
13	Cuitzeo, Jal.	56.000	14.455	-	-	2.833	5.200	4.000	-
20	Morelia y Querendaro (Unidad Maravatio)	71.925	-	11.991	4.950	2.400	0.800	-	1.290

FUENTE : "Distritos de Riego", Tomos I, II y III Subsecretaría de Operación, S.A.R.H. Boletines correspondientes al ciclo agrícola 1974-1975, editados en 1976.

11.- CONSIDERACIONES FINALES.

En base a la investigación realizada en el presente estudio, se pueden hacer las consideraciones siguientes:

- a) El agua negra, que antiguamente se consideraba como un -- desecho, representa en la actualidad un recurso hidráulico muy valioso, si se maneja en forma adecuada y se le da un tratamiento acorde a los usos a que se le destine.
- b) Dada la importancia tan grande que reviste el abastecimiento de agua para usos múltiples en el mundo, el agua negra da una alternativa muy importante de intercambio -- por agua blanca, principalmente para riego e incluso para uso industrial, pudiéndose de esta manera sumar un suministro adicional de agua blanca para uso doméstico, ya -- que la obtención de este elemento para el uso mencionado, representa un verdadero reto para la humanidad, dado el enorme esfuerzo y la gigantesca inversión económica que representa la obtención y tratamiento de agua para este fin.
- c) El uso agrícola del agua negra es muy provechoso, ya que se ha demostrado que las zonas regadas con agua negra han alcanzado la producción más elevada e incluso la mayor calidad (Casos de los Distritos de Riego 03 y 88-Chalco, Texcoco, Chiconautla) en los cultivos que se han implementado en éstas.
- d) Para regar con agua negra, se deben tomar en consideración las características físicas de la zona, tales como -- la climatología, el relieve, características físicas y --

químicas del suelo (capacidad de uso agrícola), así como la calidad y características del agua negra que se pretende utilizar.

- e) Tomando como base los aspectos considerados en el punto anterior, se determinarán los cultivos más apropiados para la zona en cuestión. La implementación de los cultivos señalados como aptos deben ser los más apropiados a las características estructuradas por la relación clima-planta-suelo-agua negra, con la finalidad de lograr rendimientos agrícolas óptimos y por lo tanto garantizar la inversión.
- f) Las cosechas obtenidas en terrenos que se han regado con agua negra corren el peligro de contaminarse de organismos patógenos para los animales y el hombre, pero este riesgo puede eliminarse mediante la aplicación de medidas sanitarias adecuadas.
- g) Existe el peligro de contaminación de acuíferos en zonas regadas con aguas negras por el efecto de infiltración de ésta hasta los cuerpos subterráneos de agua.
- h) Se corre el riesgo de la degradación del suelo por el aumento de concentración salina, dependiendo de la salinidad del agua que se aplique y de las características físicas de la zona (principalmente climatológicas).
- i) Utilizando volúmenes de agua negra de buena calidad, se podrá incrementar el área de cultivo y por consiguiente el aumento de la producción agrícola.

- k) Se puede mejorar el medio ambiente circundante a los núcleos urbanos creando áreas verdes.
- l) El empleo agrícola del agua negra, propicia el mejoramiento técnico-agrícola con base en las investigaciones que sobre este recurso haya que realizar.

BIBLIOGRAFIA

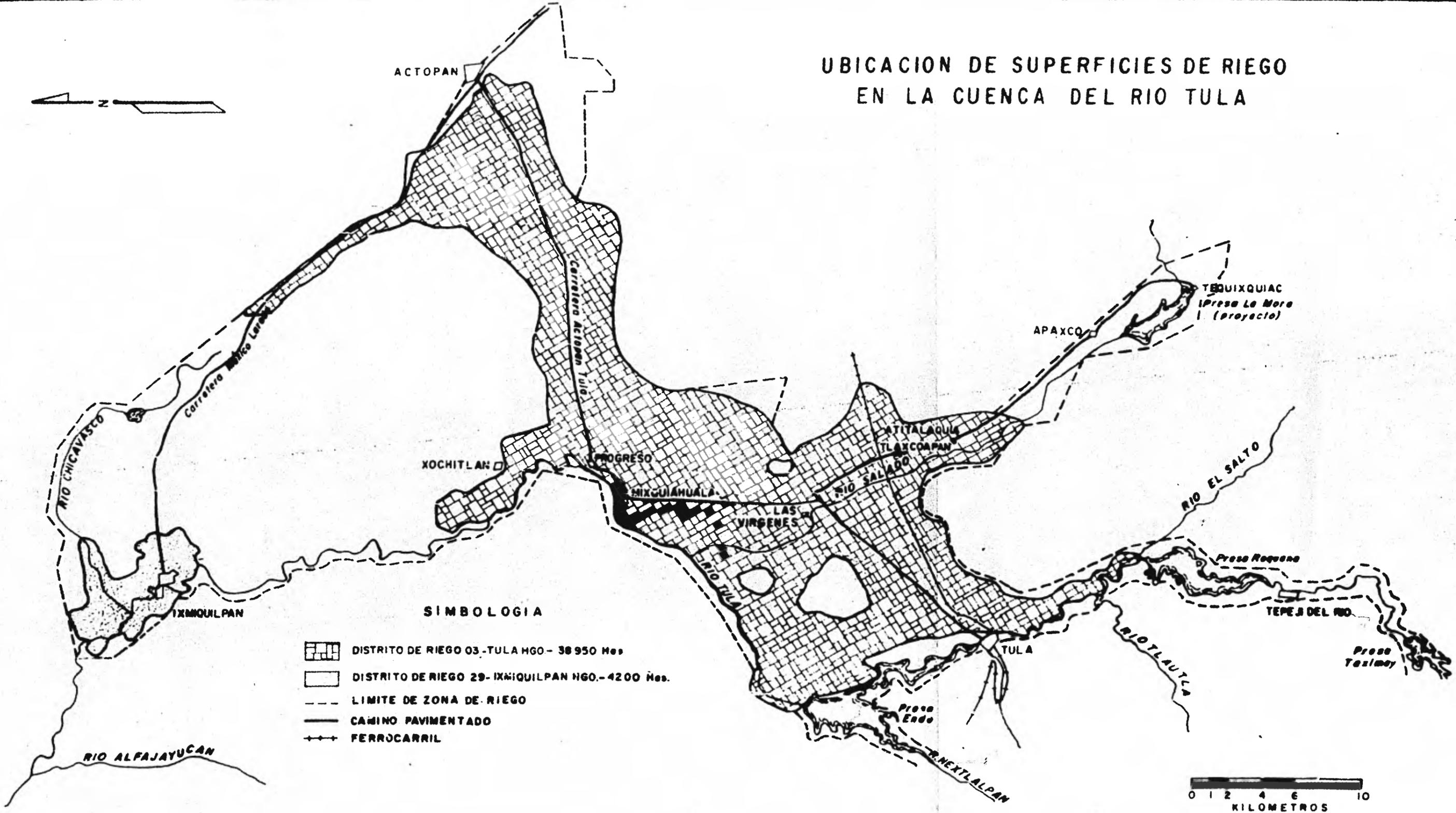
Autor	Obra	Publicación	Año
1) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Presencia del Boro en las Aguas Negras de la Ciudad de México.	S.R.H.	México, D.F. 1971.
A:			
2) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Investigación del efecto que produce en los cultivos y el ganado, el empleo de agua conteniendo detergentes.	S.R.H.	México, D.F. 1970.
3) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Uso Agrícola de las Aguas Negras.	S.R.H.	México, D.F. 1970.
4) Comisión del Plan Nacional Hidráulico, - S.A.R.H.	Estudio Preliminar sobre el Plan Hidráulico para la Cuenca del Valle de México.	S.A.R.H.	México, D.F. 1980.
5) Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, S.R.H.	Estudio Agrológico Semidetallado de Chalco, México.	S.R.H.	México, D.F. 1972.
6) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Informe sobre el uso de aguas negras y superficiales en el Valle de México y Región del Mezquital, Hgo.	S.R.H.	México, D.F. 1970.
7) Ing. Javier Cuadra - Moreno.	Investigación sobre las aguas negras.	VIII. Congreso de Ingeniería Civil.	México, D.F. 1970.
8) F. Montejano V., E. Munguía V., A. List. M.	Planta de Tratamiento de aguas negras en Ciudad Universitaria, México.	Dirección de Obras Hidráulicas del D.D.F.	México, D.F. 1970.

Autor	Obras	Publicación	Año
9) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Notas sobre el riego con aguas negras crudas.	S.R.H.	México, D.F., 1960
10) Dirección General de Distritos de Riego, S.R.H. Memo Técnico No. 173.	El agua en el desarrollo Fisiológico y el rendimiento de cosechas.	S.R.H.	México, D.F., 1961
11) Dirección General de Distritos de Riego, S.R.H. Memo Técnico No. 242.	La medida del agua para riego.	S.R.H.	México, D.F., 1967
12) Dirección General de Distritos de Riego, S.R.H. Memo Técnico No. 189	Uso de aguas ricas en sales como flocculante y fuente de cationes divalentes, para el mejoramiento de suelos sódicos.	S.R.H.	México, D.F., 1960.
13) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Análisis de las aguas negras del Gran Canal del Desague de la Ciudad de México.	S.R.H.	México, D.F., 1960.
14) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, S.R.H.	Consideraciones generales sobre el tratamiento y utilización de las aguas negras.	S.R.H.	México, D.F., 1960.
15) Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.	Almacenamiento de aguas negras por períodos prolongados.	U.N.A.M.	México, D.F., 1967.
16) Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.	Análisis de las aguas negras en la Cuenca del Valle de México y en la Región del Mezquital, Hgo., datos del año 1963.	S.R.H.	México, D.F., 1965.

Autor	Obra	Publicación	Año
17) Ing. Fernando del Río R. Ing. Miguel Angel Agua yo C.	Estudio Hidrológico del Distrito de Riego Tula (El Mezquital) y Plan Hidráulico del Centro (PLHICEN: 1a. Etapa)	Comisión de Aguas del Valle de México.	México, D.F., 1974

ANEXO DE PLANOS

UBICACION DE SUPERFICIES DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RIO TULA



0 1 2 4 6 8 10
KILOMETROS