

A  
lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

EFFECTO DE AGUAS RESIDUALES CON DETERGENTE  
Y DE USO DOMESTICO, EN EL CRECIMIENTO Y  
DESARROLLO DEL RABANO (*Raphanus sativus*)

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

P R E S E N T A :

**MARIA DEL CARMEN BARRIOS RODRIGUEZ**



DIRECTOR DE TESIS: M. en C. MERCEDES DIAZ POPOCA

ASESOR: BIOL. RAMIRO RIOS GOMEZ

SEPTIEMBRE DE 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## INDICE

	pag
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCION .....	2
III. REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1 Generalidades de las hortalizas .....	4
3.2 Descripción del rábano ( <i>Raphanus sativus</i> ) .	5
3.2.1 Generalidades .....	5
3.2.2 Características .....	6
3.2.3 Fisiopatías, accidentes, plagas y enfermedades .....	7
3.3 Contaminación .....	9
3.3.1 Tipos de Contaminación .....	9
3.3.2 Contaminación de agua con detergente .	9
3.4 Detergentes .....	11
3.5 Contaminación del agua por fosfatos .....	12
3.6 Efecto de las aguas contaminantes en la agricultura .....	12
3.6.1 Generalidades .....	12
3.6.2 Contaminantes en el agua residual y sus efectos .....	14
3.6.3 Efecto de detergentes sobre las plantas .....	15
3.6.4 Control del uso de aguas residuales .	18
3.6.5 Algunos microorganismos en aguas residuales .....	19
3.6.5.1 Bacterias .....	19
3.6.5.2 Virus .....	20
3.6.5.3 Protozoarios .....	21

3.7 Investigación en México con respecto al reuso de aguas residuales domésticas .....	22
3.7.1 Generalidades .....	22
3.8 Características de las aguas residuales municipales .....	24
<b>IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>25</b>
<b>V. JUSTIFICACION DEL TRABAJO .....</b>	<b>26</b>
<b>VI. OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
<b>VII. HIPOTESIS .....</b>	<b>28</b>
<b>VIII. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>29</b>
8.1 Descripción de la zona de estudio .....	29
8.2 Diseño experimental .....	29
8.3 Metodología .....	30
8.3.1 Selección de la semilla .....	30
8.3.2 Preparacion del terreno .....	30
8.3.3 Fertilización .....	30
8.3.4 Siembra .....	30
8.3.5 Aclareo .....	31
8.3.6 Riego .....	31
8.3.7 Combate de plagas .....	31
8.3.8 Deshierbes .....	32
8.3.9 Aporque .....	32
8.3.10 Cosecha .....	32
8.3.11 Análisis físico-químico del agua ...	33
<b>IX. RESULTADOS y DISCUSION .....</b>	<b>37</b>
<b>X. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>XII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>48</b>

## I. RESUMEN

La presente investigación se realizó en el poblado de Atlatlahucan, Mor. en una parcela a cielo abierto, bajo condiciones de riego utilizando semilla certificada de rábano (*Raphanus sativus*), se emplearon dos tratamientos de aguas residuales; una solamente con detergente y la otra mezclando todos los residuos del hogar (grasas, aceites, detergentes, etc.) y como testigo el tratamiento con agua potable. El cultivo fue sometido a estos tres tratamientos, que provocan teóricamente un incremento en el rendimiento así como un mejor desarrollo. La parte experimental consistió en un diseño de bloques al azar que consistió en tres tratamientos y tres repeticiones utilizando parcelas de 36.8 m<sup>2</sup>.

El efecto de las tres diferentes calidades de agua fue evaluado desde que emergieron las plántulas hasta la cosecha del producto; observándose una mayor rapidez de germinación, mayor altura, área foliar, rendimiento de follaje, rendimiento de producto, diámetro y longitud de raíz con agua residual de uso doméstico siguiéndole el de agua con detergente y por último agua potable.

Se observó que el agua residual de uso doméstico en general favoreció mayormente el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo aquí tratado a diferencia del agua potable.

Se aplicó un análisis de varianza encontrándose solamente diferencia significativa cuando se compararon los tres tratamientos para rendimiento de producto y rendimiento de follaje.

Sin embargo no se recomienda el consumo del rábano irrigado con aguas residuales dado su alto contenido en bacterias coliformes fecales y totales.

## II. INTRODUCCION

Con el paso del tiempo, los recursos naturales han sufrido una creciente degradación, la cual ha estado siempre relacionada con los altos niveles de crecimiento de la población. De estos recursos, el agua es del que más se ha abusado en su explotación, con los consecuentes daños que ello conduce, como la contaminación de suelos, de acuíferos, de cuerpos de aguas superficiales y del mar.

Toda la actividad humana requiere del uso del agua, por lo que en la actualidad existen zonas de escasa o insuficiente disponibilidad de agua de primer uso.

Debido a esta problemática, se han tenido que buscar diversas alternativas para hacer más eficiente el uso y aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Una de las mejores alternativas, tanto práctica como económicamente, ha sido el aprovechamiento de las aguas residuales, cuyo uso se ha incrementado desde principios del siglo hasta nuestros días, representando grandes volúmenes de agua, sobre todo para uso agrícola. Un ejemplo de esto es el Distrito de Desarrollo Rural 063, en donde se riegan sus 85,000 ha. con las aguas residuales provenientes de la Ciudad de México, siendo una de las mayores superficies en el mundo que se riegan con este tipo de aguas; Mixquihuala, Hgo. es uno de los poblados que corresponde a este distrito.

Otras alternativas son, el uso de estas aguas para recarga de mantos freáticos, riego de áreas verdes o previo tratamiento y su reutilización en la industria, no abundaremos en estas alternativas en la presente investigación por estar desligadas de sus objetivos.

La cantidad o volumen de aguas residuales que se producen varía de acuerdo con la población y depende de muchos factores. Se ha estimado un volumen promedio de 160 litros por persona por día para el caso de aguas residuales domésticas, y de 400 litros por persona por día en el caso de aguas residuales industriales (Cámara, et al, 1992).

Sin embargo, el reuso de aguas residuales en agricultura trae consigo problemas muy serios, ya que contiene contaminantes físicos (sólidos totales orgánicos y

minerales, y material flotante), químicos (metales pesados y detergentes) y biológicos (coliformes fecales, DBO, DQO), en cuanto al aspecto sanitario y de contaminación de suelos y acuíferos, lo que obliga a hacer un uso más racional aplicándola de tal manera que la posibilidad de impacto en la salud de la población sea mínimo. Así mismo es necesario fomentar la investigación sobre la evaluación de la calidad del agua residual, ya que a medida que pasa el tiempo el grado de contaminación será diferente por tanto el impacto en la población puede ser mayor.

En un estudio de PRONAR realizado en 1989, se menciona que se han identificado 19 cuencas hidrológicas con niveles altos de contaminación, que en orden decreciente son: Lerma Santiago, Pánuco, San Juan, Balsas, Blanco, Culiacán, Colorado, Fuerte, Nazas, Jamapa, La Antigua, Sonora, Guayalejo, Yaqui, Salado, Conchos, Armería, Coahuayana y Bravo.

Varios estudios se han realizado en aguas residuales sobre los siguientes aspectos: clasificación de aguas y aprovechamiento de las mismas, efecto de los metales pesados, de sales, de detergentes en plantas, animales y por consiguiente en el ser humano, así como el efecto que provocan en el suelo.

En la presente investigación se estudió el efecto que tiene el agua residual de uso doméstico, agua residual con detergente y el agua potable como testigo.

Ante tal realidad, una de las alternativas es el reuso de las aguas residuales crudas de origen doméstico y/o tratadas para la agricultura, con lo que se lograría un intercambio de aguas de primer uso y la optimización del recurso (Ayers y Westcot, 1987).

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 GENERALIDADES DE LAS HORTALIZAS

En México, en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de la superficie sembrada, y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan; sin embargo, si se observa desde el ángulo de la dieta alimenticia del mexicano este factor es casi nulo, debido al desconocimiento de la gran cantidad de hortalizas que se pueden cultivar y comercializar. También sucede que cuando se les conoce se ignoran sus propiedades nutritivas (Valadez, 1992).

Por lo anterior se deduce que el cultivo de hortalizas en México está destinado a otros países, principalmente para Estados Unidos. En la figura No. 1, se ilustra en términos generales la distribución porcentual de la superficie sembrada en diferentes cultivos (Valadez, 1992).

Como se observa en dicha figura la sección de hortalizas muestra el menor porcentaje de la superficie sembrada; sin embargo, se reporta una obtención equivalente al 10% de la producción agrícola total en éste rubro, es decir, del 100% de la superficie sembrada (20 000 000 hectáreas) cerca del 3.5% se destina a hortalizas, que en superficie representa 550 000 hectáreas (Valadez, 1992).

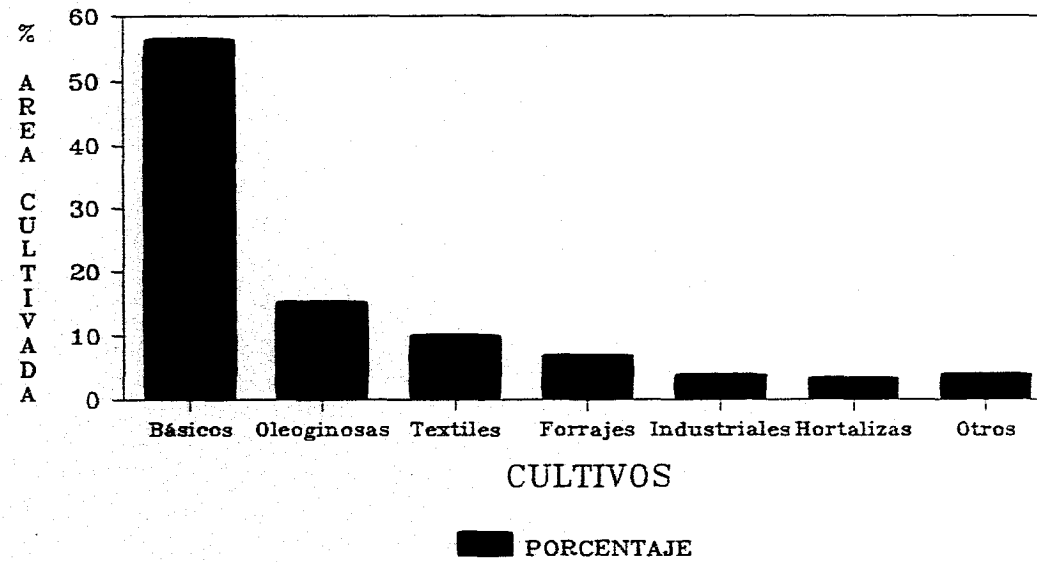
Las principales regiones productoras son: Sinaloa, Guanajuato, Baja California, Veracruz, Michoacán, Sonora, Tamaulipas, Morelos, Nayarit, Jalisco, Colima y Guerrero. La producción total se destina así: el 80% al abasto interno, el 14% para exportación y el 6% para la industria y usos diversos (Valadez, 1992).

La explotación de hortalizas fomenta la captación de divisas y puede influir en la dieta del mexicano, además en nuestro país presenta la ventaja de que durante todo el año se producen. (Valadez, 1992).

En el Estado de Morelos el cultivo hortícola de mayor importancia es el jitomate con una superficie de 6,965 hectáreas, considerando riego y temporal, le sigue en importancia la cebolla y en los últimos años a aumentado



Fig. No. 1 SUPERFICIE CULTIVADA DE  
DIFERENTES CULTIVOS EN EL PAIS.



considerablemente la superficie cultivada y actualmente se siembra 3,200 hectáreas (SARH, 1981).

También de relevancia, es el tomate de cáscara del cual en 1979 se cultivaron 2,600 hectáreas de riego y temporal (SARH, 1981).

Se estima que estos cultivos aportan del 10 al 15% de la producción nacional. Además son importantes por el volumen de alimentos que producen y la fuente de trabajo que generan (SARH, 1981).

Sin embargo aunque el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*) se siembra en parcelas pequeñas ya que en su totalidad el consumo es en estado fresco, debemos mencionar que es de fácil manejo y tiene un alto valor nutritivo, pocas calorías, minerales, vitamina C y un alto contenido de agua (85 a 94% de líquidos), sabor atractivo, lo que representa una buena alternativa como complemento alimenticio así como una posible opción de ingresos para las familias morelenses (Edmond, 1978).

Por otro lado el cultivo de esta hortaliza demanda mano de obra ya que el manejo y la cosecha deben ser lo más cuidadoso posible, por lo cual la cosecha resulta difícil realizarla con maquinaria (Valadez, 1992).

También es importante conocer que es rápida la recuperación de la inversión y la ganancia neta por superficie y tiempo debido al corto ciclo vegetativo del rábano (*Raphanus sativus*) (Valadez, 1992).

La problemática en el Estado de Morelos está basada en: La comercialización de las hortalizas, altos costos de producción, escaso asesoramiento técnico, poca utilización de variedades apropiadas, uso de productos agroquímicos inadecuados en exceso, plagas y enfermedades (SARH, 1981).

### 3.2 DESCRIPCION DEL RABANO (*Raphanus sativus*)

#### 3.2.1 GENERALIDADES

No existe un acuerdo claro sobre su origen botánico, aunque parece ser que las variedades de rábano de pequeño

tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en japon o china (Maroto, 1989).

Se tienen datos concretos que indican que los chinos, hace más de tres mil años, ya cultivaban esta planta, siendo asimismo muy apreciada durante la civilización egipcia y en la Antigüedad por los griegos.

El rábano es una hortaliza de gran poder diurético y antiescorbútico (Maroto, 1989).

### 3.2.2 CARACTERISTICAS

Es una planta anual de raíz pivotante que se inserta en la base de un tubérculo comestible, que puede ser redondo o alargado y de color diverso.

Su sabor es más o menos picante. Las hojas son oblongas festoneadas en sus márgenes, hendidas, pinnado - partidas en la base y ásperas al tacto. En la floración, el tallo puede alcanzar hasta 1.5 m las flores son blancas, la fecundación es alógama. Las semillas son de color marrón rojizo y forma más o menos redondeadas. En un gramo pueden contabilizarse entre 80 y 120 semillas y su capacidad germinativa media es de unos cuatro años (Maroto, 1989).

Las raíces agrandadas de los numerosos tipos y variedades de rábano son muy variables en cuanto a su color, forma, tamaño, época de madurez y textura de la pulpa.

Las variedades se clasifican generalmente de acuerdo con el tiempo que requieren las raíces para alcanzar su madurez (Edmond, 1978).

Existen tres grupos: a) de primavera, b) de verano y c) de invierno. En general, las variedades de primavera crecen rápidamente y sus raíces maduran en un tiempo relativamente corto (25 a 30 días); las variedades de verano crecen menos rápidamente y sus raíces llegan a la madurez en un tiempo relativamente largo (45 a 50 días), y las variedades de invierno crecen lentamente y producen raíces grandes que pueden conservarse largo tiempo en almacenamiento en condiciones favorables (Edmond, 1978).

En el cuadro No. 1 se muestra la composición nutritiva de la parte comestible de esta especie de acuerdo con Fersini (1978). Atendiendo a las recomendaciones dietéticas para el ser humano según Fersini (1978) esta especie es recomendable para formar parte de la dieta en virtud de aportar vitaminas, glúcidos, proteínas y minerales (Fersini, 1978).

CUADRO No. 1. COMPOSICION NUTRITIVA DE LOS RABANOS /100 g DE MATERIA FRESCA ( FERSINI, 1978).

PROTIDOS	0.86 g	Vit. A	30.0 UI	CALCIO	37.0 mg
LIPIDOS	0.00 g	Vit. B <sub>1</sub>	30.0 mcg	FOSFORO	31.0 mg
GLUCIDOS	2.44 g	Vit. B <sub>2</sub>	20.0 mcg	HIERRO	1.0 mg
CALORIAS	14.00 g	Vit. C	24.0 mg		

### 3.2.3 FISIOPATIAS, ACCIDENTES, PLAGAS Y ENFERMEDADES

Entre las fisiopatías esta el ahuecado producido por sobremaduración, por heladas, por la incidencia de grandes variaciones en las disponibilidades hídricas, como consecuencia de inadecuados programas de riego, etc.

Raíces bifurcadas, como consecuencia de una textura del terreno inadecuada, relativamente frecuente en tubérculos alargados.

Un riego excesivo en el período cercano a la madurez del tubérculo, puede ocasionar el desarrollo repentino de raíces laterales que deprecian comercialmente la cosecha. A veces también es frecuente la aparición de resquebraaduras longitudinales, como consecuencia de un súbito incremento del índice de crecimiento, tras un período de baja actividad vegetativa, más ostensible en unas variedades que en otras.

Entre las plagas debe vigilarse la presencia de hormigueros durante la siembra.

Entre las enfermedades puede citarse: *Alternaria circinanas*, que origina manchas amarillentas en las hojas con aureolas muy marcadas.

Se combaten mediante pulverizaciones con captan, mancozeb, propineb, etc. (Maroto, 1989).

En el cuadro No. 2 se muestran las enfermedades, los síntomas que se producen y las condiciones bajo las cuales se desarrollan.

CUADRO No. 2 ALGUNAS ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL RABANO  
(LORENZ Y MAYNARD, 1988)

ENFERMEDAD	SINTOMAS	MANEJO INTEGRAL
Raíz negra	Hongo presente en suelos Las raíces se ponen negras en su interior y exterior. Propicio también al ataque de organismos en los tejidos negros. Raíces generalmente deformadas.	Enfermedad proclive a desarrollarse en suelos con altas temperaturas y humedad Rotación de cultivos Uso de medidas sanitarias en el manejo de cultivo.
<i>Fusarium</i> amarillo	Hongo presente en suelos. Amarillamiento de las hojas inferiores. Las hojas pueden caerse en un estado avanzado.	Enfermedad propicia en temperaturas superiores a los 24°C. Rotación de cultivos Uso de medidas sanitarias en el manejo del cultivo.
Rhizoctinia	Hongo presente en suelos. Puede atacar las primeras plántulas del cultivo. También se puede observar plantas caídas. Las raíces pueden tener una costra o lesiones negras.	Enfermedad proclive a desarrollarse en suelos con altas temperaturas y humedad Rotación del grupo fuera del cultivo de las crucíferas. Uso de medidas sanitarias en el manejo del cultivo.

### 3.3 CONTAMINACION

#### 3.3.1 TIPOS DE CONTAMINACION

La contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas de nuestro aire, tierra o nuestra agua puede afectar o afectará nocivamente la vida humana o la biota, nuestros procesos industriales, nuestras condiciones de vida y nuestro acervo cultural, o que puede malgastar o deteriorar nuestros recursos de materias primas. Los elementos de contaminación son los residuos de cosas que hacemos, utilizamos y arrojamos (ODUM, 1972).

Se conocen dos tipos básicos de contaminantes:

Los contaminantes no degradables, son los materiales y los venenos, como los botes de aluminio, las sales mercuriales, las sustancias químicas fenólicas de cadena larga y el DDT que no se degradan o lo hacen muy lentamente en el medio natural; en otros términos, sustancias para los que no existe proceso de tratamiento natural alguno desarrollado.

Los contaminantes degradables, como las aguas negras domésticas, que se descomponen rápidamente por medio de procesos naturales o en sistemas de ingeniería (como la planta municipal de tratamiento de aguas negras) que refuerzan la gran capacidad de la naturaleza para descomponer y poner nuevamente en circulación los nutrimentos (ODUM, 1972).

#### 3.3.2 CONTAMINACION DE AGUA CON DETERGENTES

Con el desarrollo tecnológico actual, el hombre a creado nuevos productos para su progreso y comodidad, que en gran proporción, son usados en el hogar, las oficinas, comercios, industrias y prácticamente en todas partes donde él está presente. Tal es el caso de los detergentes sintéticos no degradables (Davalos, 1967).

El jabón fue el agente de limpieza más utilizado durante todo el siglo pasado y la mitad del presente, pero así como la grandeza de su industrialización se debió a la vertiginosa evolución de la industria textil, su decadencia

nació ahí mismo; ya que durante el lavado de los hilos formaba precipitados cálcicos y magnésicos, y además presentaban la desventaja de hidrolizarse fácilmente a pH bajos, perdiendo su acción detergente. Lo anterior sirvió como base para el nacimiento de los detergentes sintéticos, sustancias con las características limpiadoras del jabón, pero sin las desventajas que se acaban de mencionar (Davalos, 1967).

Un buen detergente se caracteriza como una sustancia que es soluble en agua, permite que la solución acuosa penetre en los capilares abatiendo la tensión superficial (acción humectante); que desintegra o separa las partículas que se han aglomerado (acción dispersante); y además incorpora la suciedad del aceite al agua (acción emulsificante) (Janetti, 1972)

Tal como aparecen en el mercado, la mayoría de ellos contienen de 20 a 30% del agente tensoactivo (que es el detergente sintético propiamente dicho) y de 70 a 80 % de carga inerte, sostén aditivo, o un mejorador y adaptador de sus propiedades (Davalos, 1967).

Entre estos mejoradores podemos mencionar los productos auxiliares que actúan como blanqueadores ópticos, solubilizantes o abrazivos, por ejemplo: el silicato de sodio que inhibe la corrosión sobre el aluminio, bronce y latón (materiales con los cuales están fabricadas las lavadoras); las arcillas que actúan como emulsificantes y dispersantes; y el EDTA que actúa como agente quelante de los metales que constituyen la dureza del agua. Pero de todos estos agentes los más utilizados y los que mejores características confieren al detergente son los fosfatos, que actúan como suavizantes de aguas y floculan y emulsionan sustancias de diversa naturaleza (Davalos, 1967).

Desde el punto de vista del control de calidad del agua, los detergentes son indeseables como cualquier sustancia tóxica extraña que aparece en el agua, y su importancia como contaminantes radica principalmente en su marcada dificultad de degradación en la naturaleza (Davalos, 1967).

La presencia de los detergentes en el agua se manifiesta por la formación de espuma, la cual se percibe a concentraciones mayores de 1 ppm ( 1 miligramo por litro ). El único punto a favor de la espuma (si se puede considerar así) es que con su presencia se demuestra en forma sensible,

absoluta e irrefutable que las aguas que la contienen estan contaminadas. Se debe aclarar que la espuma siempre ha aparecido en el agua, pero no en la cantidad, persistencia y frecuencia de los últimos años (Davalos, 1967).

Cuando el agua con detergente se descarga en un cuerpo receptor, la espuma propicia la concentración de ciertas bacterias patógenas para animales y seres humanos; impide la reoxigenación natural de las aguas, reduce la capacidad biológica de oxidación de las corrientes; y en ciertas concentraciones contribuye al mal sabor e impide el paso de la luz solar (Davalos, 1967).

### 3.4 DETERGENTES

La clase de detergentes más utilizada es el alquilbencensulfonatos, es decir, los ABS que no se transforman completamente ni durante los procesos naturales ni en plantas de tratamiento (Davalos, 1967). Puede encontrarse un quinto del peso total en ABS (Mascareño, 1974).

Su consumo es 50% más que todos los demás detergentes juntos en nuestro país (Davalos, 1967).

Lo anterior aceleró la búsqueda de detergentes que se degraden durante los procesos naturales y el resultado de esta búsqueda son los detergentes suaves o sulfonatos de alquilo lineales (LAS), los cuales representan una alternativa de agentes limpiadores más factibles de biodegradación (Davalos, 1967).

La diferencia de los detergentes LAS y ABS, está dada principalmente por su configuración molecular; lineal en primer caso (LAS) y muy ramificada en el segundo (ABS) (UNAM, 1971).

De acuerdo con el IMRNR (1972), la capacidad de absorción de ABS por los suelos es mayor cuanto mas alta es la concentración de ABS en los suelos.

Rivera (1970), encontró que el agua con 70 o más ppm se infiltra más rápidamente, debido a que abate la tensión superficial de la solución del suelo, ocasionando mayor



absorción de agua por los cultivos. Sin embargo, Juárez (1971), observó toxicidad cuando la solución del suelo contenía 60 ppm de ABS.

### 3.5 CONTAMINACION DEL AGUA POR FOSFATOS

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales en forma de fosfatos, éstos pueden estar presentes en solución, en forma de detritus o partículas así como en los cuerpos de los organismos acuáticos (Rincón, 1994).

Este elemento es un buen secuestrador de iones calcio y magnesio (iones de dureza), se ha generalizado su uso en la fabricación de detergentes y en el tratamiento de aguas como suavizantes (Rincón, 1994).

Las principales fuentes del fósforo que se encuentran presentes en las aguas naturales son las siguientes:

- Tratamiento de aguas, especialmente para calderas;
- Fertilizantes;
- Detergentes;
- Residuos corporales y de alimentos;
- Degradación natural de la materia orgánica (Rincón, 1994).

### 3.6 EFECTO DE LAS AGUAS CONTAMINANTES EN LA AGRICULTURA

#### 3.6.1 GENERALIDADES

El programa Nacional de Aprovechamiento del IMTA (1986), en su documento central, señala que para el reuso y aprovechamiento de las aguas residuales en la agricultura se deben considerar los siguientes criterios:

- Características del agua residual.
- Tipo de suelo.
- Aspectos sanitarios.
- Tipos de cultivo.
- Condiciones de operación de los cultivos en las superficies agrícolas.
- Infraestructura de captación, distribución y conducción del agua.

La contaminación de ríos, lagos y lagunas, como consecuencia del aumento desordenado de los núcleos urbanos, significa un gran problema ambiental (Mora, 1981). Las grandes ciudades consumen volúmenes enormes de agua limpia que se transforman en aguas residuales. Esta situación ha propiciado, el uso de estas aguas en el riego agrícola, iniciándose con ello la contaminación o degradación del suelo y de los productos que de ellos derivan (Méndez, et al., 1995).

En el estado de Puebla, particularmente, en el municipio de Atlixco, el uso de aguas residuales para el riego agrícola se ha venido acentuando cada vez más, debido a la falta de agua de buena calidad para tal fin, existiendo la posibilidad de que se afecten las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de esta zona, principalmente en el Ejido Flores Magón por la incorporación de aguas residuales, que incorporan materia orgánica, nitrógeno y fósforo que provocarían en un futuro la disminución acentuada en la capacidad del suelo para producir buenas cosechas (Rodríguez, et al., 1995; Labhsetwar, 1994).

Por tal motivo, es importante que exista un control más estricto sobre el uso indiscriminado de las aguas residuales que se emplean en el riego de cultivos de maíz, frijol, cebada y hortalizas como cilantro, rabano, cebolla y tomates entre otros, que el hombre consume directamente, trayendo repercusiones en la cadena alimentaria (Rodríguez, et al 1995).

En México la práctica del riego con aguas residuales, no es nueva, si no data de casi un siglo en terrenos agrícolas del Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo (PRONAR, 1986 y 1989). Durante el tiempo que se ha regado con agua residual proveniente principalmente del Area Metropolitana de la Ciudad de México, se ha observado por lo general un mayor rendimiento en los cultivos cosechados, sin necesidad de adicionar fertilizantes; no se ha podido relacionar índices de mortandad y morbilidad de enfermedades hídricas con el riego de agua residual, no indicando con esto que no existen riesgos a la salud pública. Se ha identificado la presencia de organismos patógenos, eliminados con las heces fecales de animales de sangre caliente, los cuales sobrepasan considerablemente el nivel recomendado de bacterias (1000 coliformes por 100 ml de agua, basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-033-ECOL/1993) (Rincón, 1994; Tejeda, 1983).

Análisis realizados en aguas residuales de la región del Valle del Mezquital, indican que tiene un alto nivel de salinidad (Mascareño, 1974), por lo cual no se puede usar éstas aguas en suelos con drenaje deficiente pero si donde el drenaje sea adecuado, además se deben seleccionar las cosechas resistentes a sales y controlar la salinidad necesaria del suelo. En este trabajo también se observa que la conductividad eléctrica, el pH, la alcalinidad, sólidos totales y sólidos disueltos muestran un incremento como resultado de las descargas de aguas residuales.

La problemática de contaminación en la región de Huaquechula, Puebla, se ve caracterizada por el uso de aguas negras de riego, la cual presenta condiciones sanitarias inadecuadas para su aplicación directamente a los cultivos; esto ha ocasionado en el productor pérdidas económicas, de modo que varios agricultores han optado por cambiar la explotación de hortalizas por cultivos forrajeros o florales (Romero, et al., 1995).

### 3.6.2 CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL Y SUS EFECTOS

La batalla para prevenir la contaminación de nuestros recursos de agua dulce se está realizando en muchos frentes. Nuestros arroyos, lagos, bahías y estuarios se le están incorporando desechos humanos cargados de bacterias y pesticidas tóxicos en grandes cantidades. Estos residuos pueden estar compuestos por una variedad de contaminantes, incluyendo nutrientes como el fósforo. El impacto de éstos desperdicios en nuestro ambiente depende del volumen y toxicidad del contaminante descargado (Agencia Federal de Protección al Ambiente, 1995).

El agua residual que se puede utilizar en riego contiene ciertos contaminantes que pueden diferenciarse por su origen, siendo este principalmente doméstico, ya que los de origen industrial pueden contener gran cantidad de sustancias tóxicas, de difícil remoción y con carácter nocivo, persistente y acumulable (Tejeda, 1983).

Los principales contaminantes generados por el sector doméstico son: organismos patógenos, materia orgánica, detergentes y sólidos suspendidos (Tejeda, 1983; OMS, 1989; Petkova y Vargas, 1992).

Es deseable que para el aprovechamiento en riego agrícola, predominen contaminantes no conservativos de origen doméstico, los cuales por ser susceptibles a biodegradación son transformados y aprovechados por las cosechas como en el caso de: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio (Tejeda, 1983).

El uso de aguas residuales de riego agrícola presenta una situación muy controvertida, por un lado, muestra aspectos benéficos tales como el incremento en el rendimiento de los cultivos debido al aporte de nutrimentos, el amortiguamiento en la salinización del suelo debido al aporte de materia orgánica y otros beneficios indirectos, como el contar con una fuente de agua disponible en zonas con escasez. Por otro lado, presenta aspectos negativos tales como los efectos en la salud pública por el consumo y manejo de productos agrícolas regados con aguas residuales debido a la presencia de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas; la contaminación de acuíferos dentro de la influencia de la zona agrícola y la generación de suelos infértiles ya sea por la salinización u obstrucciones causados por la materia en suspensión, grasas y aceites (Tejeda, 1985; Gutierrez, et. al., 1994).

Análisis físico, químicos y biológicos en aguas residuales almacenadas por periodos prolongados, muestran una tendencia a incrementar la salinidad por la evaporación. El contenido orgánico disminuye en proporción por el abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

En el contenido de bacterias, una reducción en coliformes fué observada, pero no se observa un abatimiento total, por ésta razón se continua con un peligro latente.

Por lo anteriormente mencionado, no es recomendable usar aguas residuales almacenadas para riego agrícola ya que representa un peligro en el riego de vegetales que se consumen crudos.

### 3.6.3 EFECTOS DE DETERGENTES SOBRE LAS PLANTAS

El efecto de los detergentes sobre las plantas, está ligado al efecto de los mismos sobre el suelo. Es decir, que de acuerdo con la constitución físico - química de un suelo, una planta puede verse afectada o quizá puede verse beneficiada, cuando se riega con agua que contiene detergente. Se encontró que los detergente ABC mejora la

capacidad de retención del agua y acidula los suelos (López, 1973).

Los detergentes aniónicos a más de 250 ppm ejercen una acción antimitótica (no hay reproducción) en los bulbos de la cebolla, pero a 5 ppm no se notan efectos adversos (López, 1973). En otros experimentos en cebada y girasol expuestos a concentraciones de ABS de 10 a 40 mg/l en cultivo hidropónico (cultivos de plantas en medio nutritivo líquido), se noto una severa inhibición del crecimiento, presentándose clorosis en las hojas (López, 1973). Se encontró que el ABS se concentraba en las raíces por lo que se propone que la degradación se realiza en tallos y hojas. Las plantas cultivadas en suelos arcillosos-arenosos y regados en aguas negras, presentan crecimiento muy superior al control, a pesar de tener aproximadamente de 4.6 a 12.7 mg/l de ABS.

Debido quizá a los microorganismos de la flora edáfica, el detergente ABS sufre una mayor degradación en el suelo que en cultivos hidropónicos, pero la planta en este suelo arcilloso arenoso absorbe menos ABS que en un cultivo hidropónico (López, 1973).

En otras plantas como el zacate, el trébol blanco y el pasto italiano a concentraciones de 250 a 2000 ppm de ABS, los efectos son marcadamente nocivos (López, 1973).

Se ha determinado en cultivos hidropónicos, que el ABS inhibe el crecimiento de las plantas en un 70 % a una concentración de 10 mg/l y en un 100 % a 40 mg/l (UNAM, 1971).

Las plantas de girasol, tratadas a concentración de 10 mg/l, después de cierto tiempo, las hojas se vuelven cloróticas (pérdida de clorofila). Cuando estas plantas se tratan a las mismas concentraciones, sólo que en cultivos de tierra, el único efecto observable es la dilación en el crecimiento (UNAM, 1971).

En la cebada no se observa el efecto, sin embargo cuando, se efectúan los análisis de las partes comestibles, tratadas a una concentración de 25 mg/l de ABS, se presentan trazas del producto (UNAM, 1971).

El ABS a concentraciones de 5 a 20 mg/l hace que la germinación se acelere, siendo mayor el desarrollo y crecimiento de los epicótilos (primera hoja).

Asimismo se ha observado que cuando se usan aguas de alcantarillado que presentan concentraciones de 4.6 a 12.7 mg/l de ABS, se incrementa el desarrollo de las plantas. Esto es, presenta efectos benéficos (UNAM, 1971).

Experimentos realizados con cebolla y lechuga, respectivamente, señalan que se observa un incremento en la altura al ser tratados con detergente ABS en comparación con el testigo (López, 1973).

Para el caso de lechuga, las adiciones de ABS produjeron en general un incremento en la producción de materia fresca, aumentando el rendimiento hasta cerca de un 30% cuando se agregaron 370 mg de ABS; a partir de este punto y hasta 520 mg de ABS se mantuvo el rendimiento (López, 1973).

En el caso del rábano, se puede saber por experimentos en Estados Unidos que a concentraciones de 4 ppm durante 5 meses, el ABS no lo afecta (López, 1973).

Experimentos realizados mencionan que todos los rábanos regados con detergente germinaron muy uniformes, no así el testigo que germinó muy heterogéneo, es decir unas semillas sí germinaron, mientras que otra no lo hicieron. El testigo germinó uniformemente 2 días después del resto de las parcelas (López, 1973).

Las espinacas a los 3 días después de la siembra, excepto la regada con 45 ppm de ABS (López, 1973).

El peso total máximo, incluyendo hojas, corresponde a la parcela que se regó con 35 mg/l de ABS; el peso total mínimo incluyendo hojas, corresponde a la parcela que se regó con 5 mg/l de ABS; y el peso máximo del bulbo corresponde a la parcela regada con 35 mg/l de ABS y el peso mínimo del bulbo a la regada con 5 mg/l de ABS (López, 1973).

El riego con detergentes comerciales de ambos tipos, sobre rábanos, en concentraciones de 5 a 45 mg/l de detergente comercial, no presenta diferencia significativa en la productividad del mencionado cultivo, cuando se le compara con la productividad de aquellos rábanos regados con agua sin detergente (López, 1973).

En la región del Valle del Mezquital, Hidalgo se observaron los efectos de varias formas de detergentes: técnico, comercial y comercial con enzimas en las siguientes variedades: forraje, alfalfa, avena, cebada, zanahoria, tomate y lechuga (Cuadra, 1970).

La aplicación de los detergentes a los cultivos fue seleccionada al azar y las observaciones realizadas durante el estudio incluyeron: altura de planta, materia seca, materia fresca, influencia sobre la evapotranspiración, clorosis y efecto de detergentes sobre suelos.

Los resultados muestran que el contenido de detergente en el agua incrementa la evapotranspiración, este efecto fué marcado con una dosis aplicada de 70 mg/l.

Además se observa que ciertos productos, regados con ABS producen un efecto negativo, mientras que otros producen un efecto positivo. Se concluye que una dosis de 70 mg/l fué la cantidad máxima que se experimentó, donde no es notable el efecto en la productividad de las cosechas (Cuadra, 1970).

Estudios realizados en Chapingo con lechuga y haba amarilla, utilizando concentraciones de ABS en cantidades de 0, 20, 40, 60 y 80 mg/l, mostraron que el ABS es tóxico para haba a nivel de 40 mg/l y en caso de la lechuga, empieza el rendimiento a disminuir a niveles de 60 mg/l, sin embargo es estimulada a niveles de 20 mg/l de ABS (Cuadra, 1970).

Productos agrícolas analizados en la región del Mezquital, Hidalgo que se regaron con aguas residuales, se encontraron concentraciones de coliformes fecales expresadas con NMP/10 g una gran variedad desde 32 a 3000/10 g en tejidos. Esto indica que las aguas del gran canal del drenaje son inapropiadas para regar productos que se consumen crudos, sin embargo con una sedimentación previa se pueden regar otros tipos de productos agrícolas (Cuadra, 1970).

#### 3.6.4 CONTROL DEL USO DE AGUAS RESIDUALES

El uso de aguas residuales en la agricultura, puede estar sujeta a las siguientes condiciones:

1) El agua no debe contener sustancias que sean tóxicas o dañinas al hombre, animales o plantas.

2) Las aguas residuales pueden ser usadas para riego de maíz, trigo, cebada, remolacha, haba, coliflor, romero, papa, chayote, haba blanca, frutas como mango, plátano, plantas ornamentales como rosales, tulias, tulipán y plantas que son usadas para producir semillas.

3) Las aguas residuales pueden usarse para riego de arboles frutales y suspenderse un mes antes de la cosecha.

4) Para regar los cultivos de zanahoria, lechuga, tomate, espinaca entre otros que se consumen crudos, no es recomendable usar aguas residuales, unicamente con algún tratamiento previo y desinfección de la misma (Cuadra, 1981).

### 3.6.5 ALGUNOS MICRORGANISMOS EN AGUAS RESIDUALES

#### 3.6.5.1 BACTERIAS

La supervivencia de las bacterias en plantas, particularmente cultivos, es especialmente importante ya que pueden ser consumidas en estado crudo por animales y el hombre, también pueden contaminar las manos de los trabajadores o el equipo que esta en contacto con ellas. Su ingestión o contacto probablemente no resulte infeccioso en dosis pequeñas de bacterias patógenas, pero los cultivos contaminados que son traídos a la casa sin procesar pueden resultar peligrosos por bacterias patógenas, ej. salmonella, en un ambiente adecuado de temperatura, humedad y nutrimentos pueden reproducirse (Norman, 1981).

Las bacterias patógenas no pueden entrar dentro de los vegetales o frutos a menos que la cáscara este abierta.

Algunos factores que afectan la supervivencia de las bacterias en las plantas como son el suelo, particularmente la sequía. El tiempo de supervivencia de las bacterias en los vegetales ej. papa y betabel puede ser similar a la del suelo (Norman, 1981).

En el cuadro No. 3. se muestran tiempos de supervivencia de bacterias en algunos cultivos.



CUADRO No. 3 TIEMPOS DE SUPERVIVENCIA DE BACTERIAS EN ALGUNOS CULTIVOS (NORMAN, 1981).

BACTERIA	CULTIVO	TIEMPO DE SUPERVIVENCIA (DIAS)
Coliformes	Tomate	Mayor de 730
	Hojas de vegetales	35
<i>Escherichia coli</i>	Vegetales	Menor de 21
	Hierbas	Menor de 8
<i>Mycobacterium</i>	Hierbas	10 - 31
	Lechuga	Mayor de 35
	Rábano	Mayor de 13
<i>Salmonella typhi</i>	Vegetales (hojas y tallo)	10 - 31
	Rábano	24 - 53
	Lechuga	18 - 21
<i>Salmonella spp.</i>	Hojas de vegetales	7 - 40
	Tomate	3 - 7
	Remolacha	21

Experimentos realizados con lechuga y rábano que fueron regados con aguas residuales, concluyen que los vegetales de hojas no pueden ser considerados libres de contaminación de salmonella, hasta que se demuestre que el suelo esta libre de ella.

Una posible solución para evitar los riesgos de enfermedad originadas por microorganismos presentes en las aguas residuales es sembrar cultivos aereos, es decir, que la parte comestible no este en contacto con el suelo como maíz, alfalfa, cebada, forraje, soya y que el riego se suspenda un mes antes de la cosecha (Norman, 1981).

#### 3.6.5.2 VIRUS

Los virus que pueden estar presentes en las aguas residuales son los siguientes:

Enterovirus  
 Poliovirus  
 Coxsackievirus A  
 Echovirus  
 New Enterovirus  
 Hepatitis A Virus  
 Rotavirus  
 Adenovirus  
 Papovavirus  
 Astrovirus  
 Calicivirus  
 Coronavirus

Estos no son comunes en el tracto gastrointestinal a excepción del Rotavirus, los demás son considerados como patógenos aunque no presenten síntomas de infección.

La sedimentación o tratamientos primarios convencionales son asociados en su mayoría con sólidos fecales en el cual los virus son absorbidos (Norman, 1981).

En el cuadro No. 4 se dan tiempos de supervivencia de virus en algunos cultivos.

CUADRO No.4. TIEMPOS DE SUPERVIVENCIA DE VIRUS EN ALGUNOS CULTIVOS (NORMAN , 1981)

VIRUS	CULTIVO	CONDICIONES	SUPERVIVENCIA (DIAS)
Enterovirus	Tomate	3 - 8 °C	10
Poliovirus	Rábano	5 - 10 °C	20
Poliovirus	Tomate	22 - 25 °C	Menor de 12

### 3.6.5.3 PROTOZOARIOS

Los protozoarios más comunes en las aguas residuales son los siguientes: *Entamoeba histolitica*, *Giardia lambia*, *Bolantidium coli*, *Toxoplasma gandii*, *Dientamoeba fragilis*, *Isospora belli*, de estos solamente tres especies son de mayor importancia para la transmisión de enfermedades que son: *Entamoeba histolitica*, *Giardia lambia*, y *Bolantidium coli* (Norman, 1981).

### 3.7 INVESTIGACION EN MEXICO CON RESPECTO AL REUSO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

#### 3.7.1 GENERALIDADES

La necesidad de reciclar el agua, se debe al derroche y desperdicio indiscriminado del agua en las zonas urbanas, la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento para la agricultura y ganadería. Hoy en día el tratamiento de aguas residuales es una de las alternativas más importantes para evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento y la salud de la población (Garza, 1995).

El uso de aguas residuales sin tratamiento o crudas en el riego para cultivos, es una práctica llevada a cabo en muchas zonas del país, existe la norma oficial mexicana NOM-CCA-032 y 033-ECOL/1993 que regula su uso para algunos cultivos como hortalizas que requieren de cocimiento para su consumo, o en el caso de frutos o verduras que no entran en contacto con la tierra de siembra, es muy extensa la superficie de tierras cultivables que utilizan aguas negras tanto por cuestiones económicas como por su alto contenido de nutrimentos que ayudan a un buen rendimiento en las cosechas, esa práctica se ha mantenido por largo tiempo, sin embargo la calidad de las aguas residuales se ha deteriorado fuertemente y en consecuencia esta práctica debe manejarse racionalmente (Garza, 1995).

La utilización de aguas residuales en cultivos no permitidos genera un alto riesgo de infecciones severas a la población que los consume, además de los efectos que produce a los trabajadores agrícolas y a los pobladores expuestos a estos cultivos. Las enfermedades más comunes que se producen son el cólera, amibiasis, parasitosis, diarrea, así como afecciones respiratorias crónicas (Garza, 1995).

Por otro lado, el crecimiento urbano demanda cada vez un mayor abasto de agua potable y una gran producción de alimentos agropecuarios, mismos que a su vez demandan una alta dotación de agua. Esto significa que debemos redoblar esfuerzos en el consumo racional y la utilización eficiente del agua en las zonas de riego, pues no solamente estamos acabando con las fuentes de abastecimiento como los mantos freáticos, presas, ríos, lagos, si no estamos contaminando alarmantemente el mar, no debemos olvidar que el agua contaminada es una forma de muerte (Garza, 1995).

El control de las descargas de aguas residuales haciendoles un tratamiento pueden disponerse en el suelo y

ser una alternativa económica para la mayoría de los municipios. Si éste recurso es usado para irrigación, un beneficio adicional puede ser generado como una substitución de agua potable usada para la agricultura y como un posible costo reducido para el control de la descarga de aguas residuales (Cuéllar, 1981; Ayers y Westcot, 1982).

Por lo anteriormente dicho, es necesario investigar o definir el criterio de la calidad de agua utilizada en la irrigación de cultivos, así mismo, se deben desarrollar sistemas de tratamientos de aguas residuales destinadas al reuso en la agricultura (Cuéllar, 1981).

En el cuadro No. 5 se muestran los límites permisibles para usar las aguas residuales en riego agrícola según SARH (1974).

CUADRO No. 5 LÍMITES PERMISIBLES PARA USAR LAS AGUAS RESIDUALES EN RIEGO AGRÍCOLA (SARH, 1974).

PARAMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Temperatura	2.5 - 30°C
Oxígeno disuelto	Minímo 3.2 mg/l
Grasas más aceites	Película no visible
Turbiedad	Condiciones naturales
Color	Condiciones naturales + 10 unidades
Nutrientes ( N y P )	Muestra que no exista en cantidad como para producir hipertoficación
pH (1)	6.5 - 8.5
Coliformes (2)	1000 NMP/100 ml, para irrigación de vegetales consumidos sin hervir
Conductividad (1)	Máxima 2000 mhos/cm
Detergentes (SAAM)	3.0 mg/l
D.B.O (1)	120 mg/l
S.S.T. (1)	120 mg/l

NOTA: (1) NOM-CCA-032-ECOL/1993 y (2) NOM-CCA-033-ECOL/1993

### 3.8 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Los constituyentes en las aguas residuales municipales varían de acuerdo a la calidad del agua, su uso y el nivel socioeconómico de la población. Ellos dependen principalmente de la composición de las contribuciones relativas de los desperdicios líquidos industriales y domésticos. Con el objeto de estudiar la posibilidad de aplicación de estas aguas para la irrigación en el campo, algunos parámetros típicos y concentraciones se presentan en el cuadro No. 6.

CUADRO No. 6 INTERVALOS DE CONCENTRACION DE LOS PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES.

PARAMETROS	RANGOS DE CONCENTRACION
pH	6.5 - 8.0
Temperatura	15 - 25°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100 - 500 mg/l
Sólidos totales	800 - 1500 mg/l
Sólidos totales disueltos	750 - 1400 mg/l
N orgánico	5 - 40 mg/l
N amoniacal	0.5 - 40 mg/l
P totales	5 - 150 mg/l
Coliformes totales	Mayor de 10 MNP/100 ml
Grasas y Aceites	20 - 150 mg/l
Detergentes	3 - 40 mg/l
Conductividad	400 - 2500 mhos/cm

(CUELLAR, 1981)

Las aguas residuales con concentraciones inadecuadas de algunos componentes minerales podrían afectar las propiedades físico-químicas del suelo y reducir o eliminar el crecimiento de los cultivos, la presencia de organismos patógenos es una fuente potencial de enfermedades para los campesinos y consumidores de verduras crudas las cuales han sido cultivadas en suelos irrigados con este tipo de agua (Cuéllar, 1981).

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una gran cantidad de hortalizas que pueden ser cultivadas en nuestro país, sin embargo se desconocen todas las variedades por lo cual solo se limitan a las más comunes, esto trae como consecuencia que la dieta del mexicano sea pobre en hortalizas o también que se ignoren sus propiedades nutritivas.

Por lo anterior se deduce que es importante fomentar el cultivo de una gran variedad de hortalizas (rábano) que puede ser sembrado en lotes pequeños, cercanos a la casa, fácil de cuidar y de cultivar.

Estas hortalizas van a enriquecer la dieta del mexicano y puede ser que haya ingresos en la familia vendiendo los sobrantes o cambiarlas por otras que no está produciendo.

Por otra parte, se generan cada vez mayores volúmenes de aguas residuales que día con día son destinados al riego, sin embargo, no se conocen los efectos que estos causan en las propiedades de los suelos, en las diferentes etapas del desarrollo de las especies cultivadas y en la salud humana consumidora de estos productos agrícolas.

Por lo anterior, en este trabajo se evaluará el efecto que tienen las aguas residuales con detergente y de uso doméstico en el rábano (*Raphanus sativus*) de tal manera que se pueda fomentar su cultivo como huerto familiar utilizando estos tipos de agua, lo cual va a beneficiar a la familia en el aspecto nutricional y económico, si no producen efectos perjudiciales a la salud, donde así un segundo uso a este recurso natural (agua) que en Atlatlahucan Morelos representa un factor limitante para las actividades agropecuarias.

## V. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

Dado que las hortalizas son importantes como alimento por su contenido nutricional es importante conocer las variedades existentes y el cultivo de ellas mismas.

En éste caso tratamos de observar que efecto tienen las aguas residuales con detergente y de uso doméstico en el rábano (*Raphanus sativus*) de manera que se puedan cultivar en casa como huerto familiar utilizando las aguas residuales.

Esta investigación se hace en el Municipio de Atlatlahucan, Morelos debido a que el agua potable que se proporciona a los habitantes es aproximadamente cada 8 días por lo cual sería de gran importancia utilizar estos tipos de agua en caso de no tener algún efecto nocivo en el rábano.

## VI. OBJETIVOS

Evaluar el efecto que causan las diferentes calidades de agua de Atlatlahucan Mor., en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo del rábano.

Analizar el efecto económico de éste tipo de riego sobre el cultivo en estudio.

Evaluar el efecto que tienen los detergentes en el desarrollo del cultivo.



## VII. HIPOTESIS

Si las condiciones de las aguas residuales con detergente y las aguas residuales de uso doméstico tienen características negativas entonces esperamos que afecten negativamente el crecimiento, desarrollo y producción en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*).

## VIII. MATERIALES Y METODOS

### 8.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en el Municipio de Atlatlahucan, Morelos, que colinda: al Norte con el Municipio de Totolapan; al Sur con Cuautla; al Este con Yecapixtla y al Oeste con Tlayacapan.

Cuenta con una extensión territorial de 71.433 km<sup>2</sup>, ubicada 1640 msnm con una posición de 18°56'05" latitud norte y 98° 53' 52" longitud oeste.

Presenta un clima semicálido, subhúmedo y una temperatura promedio anual de 20° C, su precipitación pluvial promedio anual es de 1005 mm.

### 8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trabajará bajo un diseño de bloques al azar donde se estudiará el efecto de tres tratamientos en tres repeticiones fig.No.2. Se utilizarán parcelas de 36.8 m<sup>2</sup>, donde la distancia entre surco y surco será de 92 cm, realizando una siembra a doble hilera; la longitud del surco será de 10 m y la parcela útil contará con 8 m de largo y las 6 hileras centrales fig. 2.

AGUA POTABLE	AGUA RESIDUAL DE USO DOMESTICO	AGUA RESIDUAL CON DETERGENETE
AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	AGUA POTABLE	AGUA RESIDUAL DE USO DOMESTICO
AGUA RESIDUAL DE USO DOMESTICO	AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	AGUA POTABLE

Fig. No.2 Diseño experimental, indicando los tratamientos y su distribución espacial.

### 8.3 METODOS

Existen diferentes variedades de rábano como; Comet, Champion, Crimson Giant, Cherry Belle y Red Bey. El tamaño de las tres primeras variedades es más grande que el de las dos últimas.

Para éste experimento se eligió la variedad Champion dado que es la variedad que más se siembra en la región, por lo cual antes de la siembra se realizarán las siguientes actividades:

#### 8.3.1 SELECCION DE LA SEMILLA

Se utilizó semilla certificada, libre de plagas, enfermedades, malas hierbas y de semillas extrañas.

#### 8.3.2 PREPARACION DEL TERRENO

Se realizaron dos barbechos aproximadamente de 30 cm de profundidad, posteriormente una rastra para desmoronar bien los terrones. Después se niveló el terreno lo mejor posible para un buen manejo del agua y por último se trazarán los surcos a una distancia de 92 cm entre cada uno de ellos a doble hilera y 10 m de largo.

#### 8.3.3 FERTILIZACION

Se aplicó el fertilizante sulfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ) en una proporción de 120-00-00 sugerida bibliográficamente para el cultivo del rábano, lo cual indica que se utilizaron 21.599 kg de sulfato de amonio repartida entre 72 hileras en total, tocando 300 gr por hilera de 10 m. La aplicación se realizó después del aclareo.

#### 8.3.4 SIEMBRA

El rábano presenta una semilla pequeña por lo cual se sembró a una profundidad de 1 a 1.5 cm cubriéndola con una capa ligera de tierra fina, libre de terrones. Esta actividad se llevará a cabo por el método de chorrillo.

La densidad utilizada es de 12 kg/ha. En la superficie de 321.20 m de cultivo experimental de rábano, se sembraron 397.4 g repartidos en 72 hileras.

#### 8.3.5 ACLAREO

Después de que la planta germina se realiza el aclareo dejando una distancia de 4 cm entre planta y planta, éste se efectúa antes de que se puedan observar las primeras hojas verdaderas.

#### 8.3.6 RIEGO

El primer riego fue aplicado inmediatamente después de la siembra procurando que la humedad llegue a la semilla para evitar que se formen costras que dificulten la germinación. Los riegos posteriores se adicionaron cuando se observó falta de humedad en el suelo, teniendo el cuidado de que el agua se distribuyera lenta y uniforme en el fondo del surco, pero sin formar encharcamientos.

Un exceso o una falta de humedad, puede provocar retraso en su crecimiento, desarrollo y consecuentemente puede influir en el rendimiento del cultivo.

Las calidades de agua que se aplicaron son: agua potable, aguas residuales con detergente u aguas residuales de uso doméstico en general, con una cantidad igual para los tres tratamientos, utilizando regadera de mano para su aplicación.

#### 8.3.7 COMBATE DE PLAGAS

La supervisión del cultivo se efectúa periódicamente, para detectar la existencia de insectos o enfermedades presentes y en caso necesario aplicar los insecticidas recomendados como:

Malatión	1 cucharadas rasa en 5 lt de agua
Sevín	3 cucharadas rasa en 5 lt de agua
Manzate	5 cucharadas rasa en 5 lt de agua

### 8.3.8 DESHIERBES

Esta actividad se realiza cuando el cultivo lo necesite tratando de conservarlo siempre libre de hierbas extrañas pues la competencia de malezas en las primeras etapas del desarrollo es decisiva en los rendimientos.

### 8.3.9 APORQUE

Consiste en arrimar periódicamente tierra suelta a la base de la planta para mantener el suelo mullido y conservar la humedad lo cual favorece el mejor desarrollo del cultivo y para que el producto no salga verdeado.

### 8.3.10 COSECHA

Esta actividad se realiza aproximadamente de 30 a 35 días después de la siembra, es decir, cuando las raíces estén firmes y jugosas, antes de que se tornen blandas, fofas o huecas.

Para esto se van a realizar muestreos al azar cortando raíces, probando la consistencia de las mismas y observando que sean jugosas.

La cosecha se hará jalando las plantas, evitando que las raíces permanezcan por mucho tiempo expuestas al sol, ya que pierden su consistencia, se marchitan y consecuentemente pierden el brillo y el color.

### 8.3.11 ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL AGUA

#### MUESTREO

#### PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS

En un frasco de polietileno de 3 litros de capacidad se tomó la muestra directamente de la fuente a muestrear, se llena hasta el enrase, se tapa y etiqueta para transportarla al laboratorio de análisis.

#### Grasas y Aceites

Las muestras se tomaron en frascos de vidrio de boca ancha. Durante el muestreo no se debe llenar el frasco para evitar que al tapanlo, se derrame la muestra y se pierda el aceite flotante. No debe enjuagarse el frasco, el muestreo es directo. Se tomó de la superficie del cuerpo de agua.

#### Oxígeno disuelto

Se colecto en una botella Winkler la cuál se tomó lentamente, sin airear, hasta llenarla y tapanla, colocando un sello hidráulico, (sello de agua que se forma al colocar el tapón en la botella Winkler).

#### PARAMETROS BACTERIOLOGICOS

Al muestrear se llena el recipiente a 3/4 partes de su capacidad, se deja el espacio de aire necesario, para homogeneizar la muestra y preservar las condiciones microbiológicas reales.

Procedimiento general para la recolección de la muestra:

- a) Introducir el frasco aproximadamente a 30 cm bajo la superficie de la corriente.
- b) Destapar el frasco dentro del agua, la boca del envase deberá quedar en sentido contrario al flujo de la corriente.

c) Una vez que ocupó el volumen correspondiente del frasco, taparlo dentro del agua.

#### PRESERVACION DE LA MUESTRA

Es practicamente imposible una preservación completa de las muestras, ya sean para aguas naturales, residuos líquidos domésticos o industriales. Sólo se puede retardar los cambios químicos y biológicos que inevitablemente se producen después de que se toma la muestra. En general mientras más corto sea el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su análisis, más confiables serán los resultados obtenidos.

#### Manejo y Transporte de la Muestra

Muestreo de oxígeno disuelto. Después de fijar la muestra se debe refrigerar aproximadamente a 4 °C. Evitar la exposición a la luz solar y transportarla en cajas adecuadas para evitar pérdidas de muestras por movimiento.

Muestras para análisis físico y químicos. Cuidar que las botellas esten perfectamente cerradas para evitar pérdida de la muestra y refrigerar aproximadamente a 4 °C , durante el tiempo que dure su transporte al laboratorio.

Muestras para análisis bacteriológicos. Para evitar cambios producidos por la proliferación de organismos, la muestra deberá mantenerse en la obscuridad , y a baja temperatura (refrigeración) hasta que se efectúe el análisis.

El tiempo de transporte de la muestra al laboratorio preferentemente no deberá exceder de 12 horas.

El análisis de laboratorio para las muestras de agua consistió en los siguientes parametros:

PARAMETRO	METODO
pH	Conductimetro. Marca Beckman
Conductividad eléctrica	Puente de Whastone. Según lo descrito por Jackson.
SAAM	Colorimétrico
Sólidos suspendidos totales Sólidos totales	Gravimétrico Gravimétrico
Coliformes totales y fecales	Técnica de tubos multiples de fermentación.
D.B.Os	Incubación por dilución.
D.Q.O	Reflujo abierto.
Fosfatos	Cloruro estanoso
Grasas y Aceites	Extracción Soxhlet
Nitrógeno	Kjeldahl. De acuerdo a lo descrito por Jackson.
Oxígeno disuelto	Yodométrico
NH <sub>4</sub>	Titrimetrico o de destilación directa.

Las variables evaluadas para conocer la respuesta a lo largo del desarrollo del cultivo de *Raphanus sativus* respecto a los diferentes tratamientos aquí estudiados fueron las siguientes:



## PARAMETROS

Durante el crecimiento y desarrollo se registraron las siguientes variables:

- Altura de la planta cada 8 días
- Población de plantas por tratamiento
- % de planta dañadas por tratamiento
- Clorosis cada 8 días

Al cosechar se evaluaron los siguientes factores:

- Diámetro del fruto
- Longitud del fruto
- Rendimiento total por superficie
- Promedio de peso del fruto
- Rendimiento del follaje
- % de frutos dañados

A los resultados obtenidos, se les practicó un análisis estadístico para interpretar los resultados respecto al desarrollo del cultivo en cada calidad de agua.

Con la finalidad de conocer con detalle la situación socioeconómica bajo la cual se practica el cultivo de hortalizas, utilizando los diferentes tipos de calidad de agua de que se dispone en la comunidad de Atlatlahucan, Mor. se practicó una encuesta (anexo A) a aproximadamente un 15% de la población campesina de la localidad.

## IX. RESULTADOS Y DISCUSION

### GERMINACION

Las semillas emergieron tres días después de la siembra, se encontró que en los tratamientos con agua de uso doméstico y residual con detergente, la emergencia fue uniforme, esto coincide con lo reportado por López (1973), mientras que en el tratamiento con agua potable este proceso fue más variable, sin embargo, los tres tratamientos se uniformizaron a los cinco días.

Se encontró también que la presencia del detergente acelera la germinación (3-4 días), para aguas residuales comparando con las de 3-5 días para agua potable, resultados equivalentes son reportados por la UNAM (1971), para otros cultivos diferentes al rábano.

### ALTURA

En relación a esta variable, el agua residual de uso doméstico fue donde el cultivo del rábano adquirió la máxima altura alcanzando 12.3 cm a los 32 días de edad siguiéndole el agua residual con detergente, en donde el cultivo para ésta misma edad alcanzó 11.6 cm, esto coincide con lo reportado por López (1973), para la cebolla y lechuga, quien encontró que el ABS estimula la altura de las plantulas de esta especie. Finalmente en agua potable se alcanzaron las tallas menores hasta 11.4 cm (Tabla No. 1).

TABLA No. 1. ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE RABANO.

FECHA	10/04/95	17/04/95	24/04/95	29/04/95
TESTIGO AGUA POTABLE	1.4	5.3	9.6	11.4
AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	1.5	5.4	9.9	11.6
AGUA RESIDUAL USO DOMESTICO	1.7	6.1	10.9	12.3

El comportamiento en el crecimiento a lo largo de la etapa de nuestro experimento se muestra en la gráfica 1 y 2. Puede observarse que en todo momento el agua residual de uso doméstico mostró el mejor crecimiento, además debe señalarse que la fisonomía del cultivo mostró el mejor vigor, también fué en éste tratamiento dónde se observó un mayor número de hojas y mayor área foliar de las mismas.

#### DIAMETRO Y LONGITUD DE LA RAIZ

El cultivo fue cosechado a los 31 días de edad, momento en el cual, se registro el diámetro y longitud de la raíz (parte comestible). Para este registro se consideró una población de 80 rábanos por tratamiento, los individuos fueron seleccionados al azar dentro, de la parcela.

En la tabla No. 2, aparece el registro cuantitativo (valor promedio) para éstas variables, se observa que el agua residual de uso doméstico indujo el mayor diámetro (3.0 cm) y longitud (4.2 cm) de ésta estructura vegetal, comparando estos resultados, con los obtenidos para el testigo de agua potable, en donde se alcanzó 2.7 y 3.7 cm para diámetro y largo del rábano respectivamente, para éstas variables el agua residual con detergente mostró ser la que más afectó el desarrollo de ésta estructura vegetal.

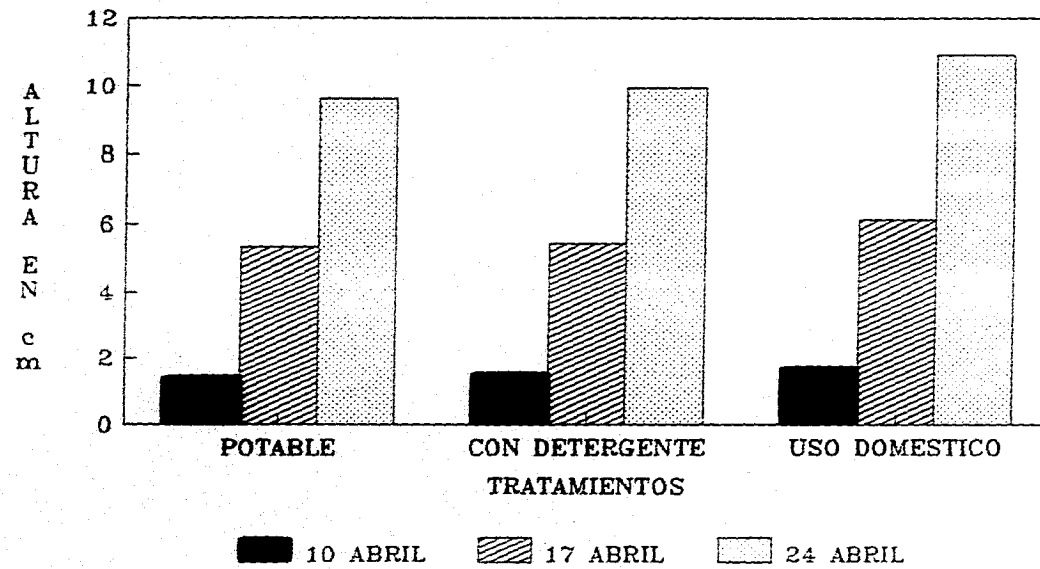
Es importante señalar también que el menor diámetro fué obtenido en agua con detergente mientras que la menor longitud fué obtenida en agua potable.

#### RENDIMIENTO

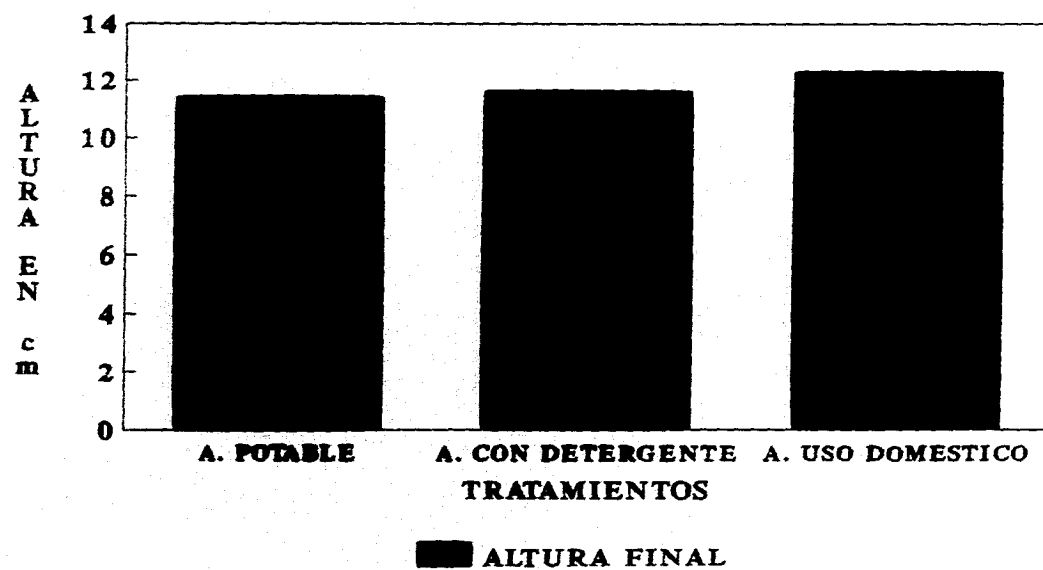
En la tabla No. 2, se reporta el rendimiento promedio de las tres parcelas de cada uno de los tratamientos, como se indica, el rendimiento decreció en agua residual de uso doméstico 395.22 kg a 242.14 kg para el tratamiento con agua potable, quedando intermedia agua residual con detergente cuyo rendimiento fué de 294.38 kg.

Cuando se pesó el follaje por parcela y se sacaron los promédios por tratamiento se obtuvieron los resultados que se indican en la tabla No. 2, para ésta variable nuevamente

GRAF. No. 1 ALTURA PROMEDIO DE PLANTA



## GRAF. No. 2 ALTURA FINAL DE LA PLANTA.



el agua residual de uso doméstico produjo la mayor biomasa fresca (146.89 kg) siguiéndole la residual con detergente (139.22 kg) finalmente el agua potable con 110.05 kg.

Un comportamiento similar al observado en rendimiento de follaje, fué obtenido para el promedio en peso fresco del fruto, observándose en éste caso el máximo rendimiento para el agua residual de uso doméstico, los resultados que aparecen en la tabla son un promedio de una muestra de 80 rábanos.

TABLA No. 2 VARIABLES REGISTRADAS EN EL CULTIVO DEL RABANO PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

VARIABLE	DIAMETRO DEL RABANO (cm)	LARGO DEL RABANO (cm)	RENDIMIENTO (Kg/ha)
TESTIGO AGUA POTABLE	2.7	3.7	242.14
AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	2.6	3.9	294.38
AGUA RESIDUAL USO DOMESTICO	3.0	4.2	395.22

CONTINUACION TABLA No. 2.

VARIABLE	PROMEDIO DEL PESO DEL FRUTO (g)	RENDIMIENTO DEL FOLLAJE (Kg/ha)	RABANOS DAÑADOS (%)
TESTIGO AGUA POTABLE	800.0	110.05	1.67
AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	848.8	139.22	0.69
AGUA RESIDUAL USO DOMESTICO	1244.6	146.89	1.23

## FRUTOS DAÑADOS

Un exámen detallado de la parte comestible de éste cultivo demuestra que cuando las plantas son irrigadas con agua potable existe riesgo de ataque por otros organismos hacia ésta estructura vegetal, nosotros explicamos éste hecho debido a la diversidad de agentes biológicos que pueden depredar a la planta bajo esas condiciones, no así en los tratamientos de agua residual en sus dos modalidades, en donde la presencia de grasas y aceites y el propio detergente, modifican las condiciones del ambiente inhibiendo o incluso eliminando totalmente algunas poblaciones de organismos depredadores.

Por su parte, los daños causados en el follaje por depredadores (tabla No. 2), son altos para agua potable y para agua residual de uso doméstico y muy bajo en agua con detergente, creemos que las altas concentraciones de detergente tiene influencia significativa para reducir la depredación.

## NUMERO DE PLANTAS POR TRATAMIENTO

En la tabla No. 3 se presentan los promedios de tres muestreos realizados durante el crecimiento y desarrollo del cultivo por cada tratamiento, se encontró para el tratamiento con agua potable, menor cantidad de plantas en promedio respecto a los dos tratamientos restantes donde se registró un número de plantas muy similar en ambos tipos de agua.

TABLA No. 3 NUMERO DE PLANTAS POR TRATAMIENTO.

FECHA	10/04/95	17/04/95	24/04/95
TESTIGO AGUA POTABLE	654	642	632
AGUA RESIDUAL CON DETERGENTE	687	681	677
AGUA RESIDUAL USO DOMESTICO	689	678	665

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento de cultivo del rábano, se puede decir que en 6 de los 8 parámetros medidos se observa un estímulo positivo en cuanto a crecimiento, desarrollo y rendimiento para esta especie en los tratamientos con agua residual de uso doméstico y agua con detergente, atribuimos este efecto a que ambos tipos de agua aportan nutrimentos principalmente Nitrógeno y Fósforo tanto en forma soluble como a través de la materia orgánica suspendida que por procesos de mineralización, liberan ambos nutrimentos.

Es importante mencionar que en el agua potable no se observaron cantidades significativas de plantas cuya parte comestible fue atacada por plagas o enfermedades que causaran su descomposición, lo cual si se observó en los dos tipos de aguas residuales.

En la tabla No. 4, aparecen los resultados de la caracterización física y química de las aguas utilizadas en esta investigación, se trata de aguas ligeramente alcalinas a alcalinas, en donde el agua potable presenta el mayor valor de pH, no obstante posee la más baja conductividad eléctrica.

Sin embargo, ninguno de los tres tipos de agua rebasan los límites máximos permisibles lo cual las hace recomendables para el uso agrícola de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993. El tipo de agua que presenta los mayores contenidos de sales son las de uso doméstico, ello se debe a la descarga en ellas de residuos de cocina, heces fecales y orinas que contiene electrolitos.

Por su origen muchos de los componentes elementales de éstos electrolitos son nutrimentos esenciales o necesarios que actúan también como nutrimentos que elevan los niveles de fertilidad de los suelos y por ende estimulan el crecimiento de las plantas.

Atendiendo a las concentraciones de detergentes las aguas residuales de uso doméstico y las aguas con detergente que fueron utilizadas en esta investigación, presentan niveles excesivos de este contaminante, de este modo las aguas con detergente poseen 106.2 mg/l y las de uso doméstico 69.2 mg/l que resultan por encima de los límites permisibles para aguas residuales destinadas al riego agrícola según la SARH (1974) cuyo valor máximo debe ser de 3 mg/l.



A excepción del agua potable, las otras dos quedan clasificadas por su contenido en coliformes totales y fecales y de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-CCA-033-ECOL/1993, como del tipo cuatro con más de 100 000 coliformes por cada 100 ml, lo cual las hace no recomendables para el uso agrícola del rábano, del mismo modo la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno para estos dos tipos de agua son altos al igual que los sólidos totales y sólidos disueltos, (tabla No. 4) todos ellos rebasan los límites máximos permisibles de acuerdo con la norma oficial mexicana.

TABLA No. 4. CARACTERISTICAS FISICAS-QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LOS TRES TIPOS DE AGUA.

PARAMETRO	pH	C.E. (mMhos/cm)	SAAM (mg/l)	COLIFORMES		O.D (mg/l)
				TOTAL	FECAL	
H <sub>2</sub> O POTABLE	8.1	349	0.89	ND	ND	8.06
H <sub>2</sub> O RESIDUAL CON DETERGENETE	7.7	1078	106.20	5X10	5X10	0.10
H <sub>2</sub> O RESIDUAL USO DOMESTICO	7.2	1282	69.20	16X10	16X10	0.10

CONTINUACION TABLA No. 4.

PARAMETRO	D.Q.O (mg/l)	D.B.O (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	N org. (mg/l)	FOSFATOS (mg/l)
H <sub>2</sub> O POTABLE	10.30	2.84	0.05	0.84	0.51
H <sub>2</sub> O RESIDUAL CON DETERGENTE	884.00	206.00	4.62	23.52	40.06
H <sub>2</sub> O RESIDUAL USO DOMESTICO	2380.00	136.00	28.50	30.20	35.63

CONTINUACION TABLA No. 4.

PARAMETRO	G Y A (mg/l)	SOL. TOT. (mg/l)	SOL.DIS. TOT. (mg/l)	SOL. DIS. (mg/l)
H <sub>2</sub> O POTABLE	18.05	324.00	36.00	288.00
H <sub>2</sub> O RESIDUAL CON DETERGENTE	456.75	1364.00	352.00	1012.00
H <sub>2</sub> O RESIDUAL USO DOMESTICO	56.84	2044.00	1300.00	744.00

Cabe señalar que coliformes totales y fecales, DBO y sólidos totales para el agua residual de uso doméstico presenta los mayores valores en comparación con el agua con detergente la cual presentó el mayor valor para la variable sólidos disueltos, grasas y aceites.

En relación a los nutrimentos Nitrógeno y Fósforo, como se ha mencionado anteriormente, tanto las aguas con detergente como las de uso doméstico aportan buenas cantidades de éstos nutrimentos, (Tejeda, 1983) fertilizando al suelo lo cual estimula el desarrollo de los cultivos, en nuestro caso se observó para ambos tipos de agua el mayor crecimiento del rábano comparandolo con el testigo, registrandose la mayor productividad en el agua de uso doméstico.

Como resultado de la encuesta practicada a la población campesina de la comunidad de Atlatlahucan, Mor. se obtuvieron los siguientes resultados:

El área de superficie que por familia es cultivada para el uso de las aguas residuales y ocasionalmente el agua potable oscila entre los 10 y 20 m<sup>2</sup>, esta área de superficie y para los fines de esta investigación será considerada como un huerto familiar.

Los cultivos más comunmente sembrados son: jitomate, tomate, rábano, cilantro, calabaza, chile serrano, sandía, frijol, además están presentes plantas hornamentales y algunos arboles frutales siendo los más comunes el

aguacate y limón.

Los rendimientos que se obtienen varían según el cultivo y su importancia dentro del huerto familiar en promedio la producción puede variar de 5 y hasta 30 kg/cultivo. La mayoría del producto es de autoconsumo sin embargo puede intercambiarse con familiares o incluso regalarse a familiares. También en algunas ocasiones es cosechada y vendida en la localidad luego entonces desde el punto de vista económico no se tienen ingresos significativos por esta actividad.

Las actividades culturales para el mantenimiento del huerto familiar son desarrolladas por los integrantes de la familia y los insumos como fertilizantes y fungicidas empleados son pequeñas cantidades que normalmente son excedentes de los trabajos de temporal, estos mismos insumos es común que se obtengan por intercambio o donación con familiares o vecinos sin que implique una inversión importante para llevar a cabo el cultivo.

El riego como se ha mencionado se realiza utilizando el agua residual producto de las actividades domésticas en la cocina (agua residual de uso doméstico) o bien el agua residual resultante del lavado de la ropa (agua con detergente), y ocasionalmente se utiliza el agua potable. La razón por la que se mantiene el huerto familiar con aguas de segundo uso es debido a que el agua potable únicamente es suministrada una vez a la semana y esporádicamente dos veces a la semana.

Cuando se preguntó a los productores si observaban algún efecto en los cultivos por el uso del agua residual ellos indicaron que no han percibido ningún tipo de daño o síntoma por el uso de este tipo de aguas.

## ANALISIS ESTADISTICO

	ALTURA	POBLACION	NPD
MUESTREO	1 0.1766	0.8878	0
	2 0.0733	0.8651	0.5858
	3 0.0267*	0.8377	0.3048
	4 0.5517		

D R	L R	R. P	P P F	R F	N F D
0.308	0.2663	0.0054*	0.0737	0.0263*	0.1958

$H_0 = M_1 = M_2$   
 $H_a = M_1 \neq M_2$   
 $\alpha = 0.05$

NDP.-Número de plantas dañadas  
 DR.- Diámetro del rábano  
 LR.- Longitud del rábano  
 RP.- Rendimiento del producto  
 PPF.-Promedio del peso del fruto  
 RF.- Rendimiento del follaje  
 NFD.-Número de frutos dañados

Según los resultados del análisis de varianza muestran que en la variable altura la hipótesis nula se acepta, lo cual indica que no hay diferencia significativa en los tres tratamientos a excepción de la tercera toma de lectura donde sí hay diferencia al menos en un par de medias principalmente en el tratamiento 0 (agua potable) y con el tratamiento 2 (agua de uso doméstico). En cuanto a población y número de plantas dañadas la hipótesis nula nuevamente es aceptada ya que no se observa alguna diferencia entre las medias de los tratamientos.

Con respecto a las demás variables se observa que solamente en el rendimiento del producto y rendimiento de follaje la hipótesis nula se rechaza dado que sí hay diferencia significativa. Entre los tratamientos 2 (agua residual de uso doméstico) con 1 (agua residual con detergente); y 2 (agua residual de uso doméstico con 0 (agua potable) para el rendimiento del fruto y para el rendimiento en follaje la diferencia se observa entre los tratamientos 2 (agua residual de uso doméstico) y 0 (agua potable).

## X. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y en las observaciones registradas en campo sobre el efecto que tienen las aguas potable, con detergente y residual de uso doméstico, sobre el cultivo del rabano se puede concluir lo siguiente:

Las aguas residuales de uso doméstico estimulan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de (*Raphanus sativus*).

De los ocho parámetros de respuesta evaluados para el desarrollo del cultivo, se encontró el siguiente orden: agua de uso doméstico mejor que agua con detergente y ésta a su vez mejor que el agua potable, atribuimos este efecto positivo al suministro de nutrimentos principalmente Nitrógeno y Fósforo que aportan las aguas de segundo uso.

La herviboria y la depredación y/o descomposición de la parte comestible del rabano se reduce en los tratamientos de agua residual creemos se debe a la presencia del detergente que inhibe o incluso elimina algunas poblaciones de depredadores.

Tanto el agua de uso doméstico como el agua con detergente presenta niveles de detergentes muy por encima de los límites permisibles de acuerdo con la norma oficial mexicana por lo cual no se recomiendan para uso agrícola principalmente por degradar la calidad del suelo.

Las dos aguas de segundo uso, estan clasificadas como del tipo cuatro por su contenido en coliformes totales y fecales y no son recomendables para el uso agrícola.

## XI. RECOMENDACIONES

- Las aguas de segundo uso de la comunidad de Atlatlahucan Mor. no deben usarse para el uso agrícola por su alto contenido de detergentes y la gran cantidad de coliformes totales y fecales pues contaminan los suelos y los cultivos.

- Es necesario un tratamiento previo que permita eliminar detergentes y coliformes totales y fecales de las aguas de segundo uso de la comunidad de Atlatlahucan, Mor. a fin de hacerlas útiles para la agricultura

- Y en virtud de que éste tipo de agua es la única fuente para suministrar a los cultivos fuera del temporal, en caso de usarse es necesario desinfectar adecuadamente los productos hortícolas antes de su consumo.

## XII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agencia Federal de protección al ambiente (EPA) de los Estados Unidos de America. 1995. In: Lex, Suplemento-Ecología. México. D. F. XXV-XXVII 26 p.
- 2.- Ayers, R. S. y Westcot, D.W. 1987. La calidad del agua en la agricultura. FAO, Roma, Italia.
- 3.- Camara D.O., Bórquez O.R. y Ruiz H.I. 1992. Reuso integral de las Aguas residuales agrícolas y urbanas en el riego de suelos marginados en el Valle del Yaqui, Son. Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cocoyoc, Mor. México.
- 4.- Comisión Nacional del Agua. Subdirección general técnica. Gerencia de saneamiento y calidad del agua 1995. Manual de Métodos y Análisis.
- 5.- Cuadra, M. J. 1981. Irrigación en la agricultura con aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo. In: Municipal wastewater in agriculture. Ed. Academic Press. 227-233 p.
- 6.- Cuéllar, Ch. R. 1981. Necesidad de investigación en México con respecto a la renovación y reuso de aguas residuales doméstica. In: Municipal wastewater in agriculture. Ed. Academic Press. 343-475 p.
- 7.- Davalos, G. F. 1967. El problema de los detergentes sintéticos en el agua. México, D. F. 3-77 p.
- 8.- Escobar, F. 1981. Enciclopedia agrícola y de conocimientos afines. México, D. F. 351-352 p.
- 9.- Edmond, J. B. 1978. Principios de horticultura. Ed. Continental, S. A. México, D. F. 479 p.
- 10.- Fersini, A. 1978. Horticultura práctica. Ed. Diana. México, D. F. 444-448 p.

11.- Garza, H. F. 1995. El Impacto Ambiental de las Aguas Residuales Tratadas. Suplemento-Ecología. México, D. F. 2 p.

12.- González M J. y Vargas H. M. 1990. Reutilización de los efluentes de un ingenio azucarero en el riego de la caña de azúcar. PRONAR, IMTA, SARH, Jiutepec, Mor., México.

13.- Gutierrez, R. M. E., Siebe, Ch and Sommer, I. 1994. Environmental Aspects of Land Application of Wastewater from Mexico City metropolitan Area: A bibliographical Review and Analysis of Implications. Volume 3a: Commission II: Symposia. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Acapulco, México. 445 p.

14.- Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. (IMRNR). 1972. Primer Seminario sobre Evaluación de la Contaminación Ambiental. México, D.F.

15.- Jackson, A. T. 1991. Process engineering in biotechnology/A.T. Englewoodcliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 147 p

16.- Janetti, D. J. 1972. La investigación del efecto que produce en los cultivos y el ganado, el empleo de agua conteniendo detergente. México, D. F. 12-41 p.

17.- Jiménez, G. C. 1994. Sistemas Biológicos. Una alternativa para la remoción de detergentes en el agua. Centro de Calidad Ambiental Vol. 2 número 1, ITEMS, Campus Monterrey, 11-12 p.

18.- Juárez C. M. 1971. Efecto de los componentes de las aguas negras en el desarrollo de lechuga y frijol en condiciones de invernadero. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

19.- Kowal, E. N. ; Pahren, R. H. y Akin, W. E. 1981. Microbiological Health Effects Associated with the use of Municipal Waste water for irrigation. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio. 228-233 p.

20.- Labhsetwar, V. K. 1994. Fertilization of maize with treated and untreated domestic waste water. Symposium



ID-18. Volume 3b: Commission II: Poster Sessions. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Acapulco, México, 394-395 p.

21.- Leal, D. J. y Chang, A. C. 1994. Rational Use Sludge and City Waste Material in agriculture. Symposium ID20. Volume 3a: Commission II: Symposia. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Acapulco, México, 427p.

22.- López, Z. A. et. al., 1973. Efectos de los detergentes sobre peces y plantas S.A.R.H. 3-39 p.

23.- Lorenz, A. O. y Maynard, N. D. 1988. " Knotts Handbook For Vegetable Growers ". New York E.E.U.U. 46-48 p.

24.- Maroto, B. 1989. Horticultura Herbacea Espacial Ed. Mundi Prensa México, D.F. 36-41 p.

25.- Martínez, C. 1993. Reutilización de aguas residuales. Ciencia y tecnología de Francia. INTERFACE Número 43, Centro Científico y Técnico. 5-7 p.

26.- Mascareño C. F. 1974. Estudio preliminar sobre contaminación de los suelos y la producción agrícola en el Distrito de Riego 03 por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

27.- Mendez, G. T., López, B. R., Palacios, M. S. y González V. A. 1995. Contenido de Pb, Ni, Co y Cd y Coliformes totales en el trayecto del río Atoyac, Río-Frío, Puebla. 1995. XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria Tamaulipas, México, 35 p.

28.- Mora, M. C. 1981. Administrative aspects for the renovation and reuse of wastewater. In: Municipal wastewater in agriculture. Ed. Academic Press. 27-41 p.

29.- Murjica, V. E. y List, M. A. 1970. La investigación del efecto que produce en los cultivos y ganado el empleo de agua conteniendo detergentes U.N.A.M. Instituto de Ingeniería 13-41 p.

30.- Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993

publicada en el diario oficial de la federación del 18 de octubre de 1993. 2a. sección pp 120-124.

31.- Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-033 ECOL/1993 publicada en el diario oficial de la federación del 18 de octubre de 1993. 2a. sección pp 124-128.

32.- Norman E. Kowal, et al 1981. Efectos Microbiológicos para la salud asociados con el uso de aguas residuales municipales para irrigación. Agencia de Desarrollo y Protección de Estados Unidos, Cincinnati, Ohio. 288-313 p

33.- ODUM, E. P. 1972. Ecología. Ed. Interamericana. México, D.F. 476-479 p.

34.- Organización Mundial de la salud. 1989. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Serie de informes Técnicos No. 778. O.M.S. Ginebra, Suiza.

35.- Petkova S. V. y Vargas H. J. 1992. Manual de agua y saneamiento. 1a. versión. (inedito) I.M.T.A., Jiutepec, Mor., México.

36.- Programa Nacional de Aprovechamiento de Aguas residuales. 1986. Documento Central, I.M.T.A., SARH, Jiutepec, Mor., México.

37.- Programa Nacional de Aprovechamiento de Aguas residuales. 1989. Evaluación de los efectos de las aguas residuales en suelos y acuíferos. I.M.T.A., SARH, Jiutepec, Mor., México.

38.- Rincón, V. C. 1994. Contaminación del agua por fosfatos. Proyección. Revista de la Asociación Mexicana de Calidad. AMC. Vol. 4:(14), México, D. F.14-18 p.

39.- Rivera G. F. 1970. Efecto del detergente presente en las aguas de riego sobre el desarrollo de siete cultivos bajo condiciones de invernadero. Departamento de Fitotecnia, E.N.A., Chapingo, México.

40.- Rodríguez, D. L., Méndez, G. T., Salas, C. A. 1995. Contaminación de los suelos del ejido Flores Magón,

Municipio de Atlixco por Fe, Mn, Zn y Pb por el uso de aguas residuales del rio de Atoyac. XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria Tamaulipas, México. 34 p.

41.- Romero, H. G., Bonilla, F. N., Flores, D. L., Cabrera, M. C., Hernández, G. Ma. de J. y Silva, H. G. 1995. Estimación de la contaminación en suelos y lechuga por uso de aguas negras de riego, en la región de Huaquechula, Puebla. XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria Tamaulipas, México. 38 p.

42.- Sarmiento, S. Ma. de los A. 1988. Los parásitos como índices de calidad de aguas residuales para el riego agrícola. U.N.A.M. 1-17 p.

43.- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1976. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del campo agrícola experimental "Mexicali" INIA, México, D.F. 47-56 p.

44.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1973. Hortalizas para el valle de Mexicali INIA, México, D. F. 6-8 p.

45.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1974. El huerto familiar en las zonas frías de México, INIA, México, D.F. 1-13 p.

46.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981. Aportaciones de investigación agrícola en el estado de Morelos. Centro de investigación agrícola de la Mesa central INIA México, D. F. 28-29 p.

47.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1983. Microbiología y aplicaciones en los procesos biológicos del tratamiento de agua. México, D. F. 2-15 p.

48.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola. Centro de investigaciones agrícola del Noroeste, Valle de Mexicali, INIA, México, D.F. 92-101 p.

49.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

1984. Guía para la asistencia técnica agrícola. Centro de investigación agrícola del Norte Centro, " La Laguna "INIA México, D. F. 84-86 p.

50.- Tejeda, G. C. et.al. 1983. Evaluación del Control de la Contaminación para el reuso agrícola del agua residual. México, D. F. 1-5 p.

51.- Tejeda, G. C. 1985. Uso de aguas residuales en riego agrícola en zonas de escasa disponibilidad de agua. México, D. F. 2-25 p.

52.- Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ingeniería. 1971. Evaluación de los Estudios sobre ABS y LAS y efectos en la agricultura y fauna. México, D. F. 4-51 p.

53.- Valadez, L. A. 1992. Producción de Hortalizas Ed. Limusa, México, D. F. 19-41 p.

## ANEXO A. GUIA DE ENTREVISTA

- 1.- ¿ Qué superficie siembra de cultivo?
- 2.- ¿ Qué cultivos siembra?
- 3.- ¿ Cuánto obtiene de rendimiento (kg)?
- 4.- ¿ Que le hace al producto?
- 5.- ¿ Cuánto obtiene económicamente de él?
- 6.- ¿ Todo el producto lo consume?
- 7.- ¿ Las hortalizas que cosecha las intercambia por otras ?
- 8.- ¿ Cuánto gasta económicamente en el cultivo ?
- 9.- ¿ Obtiene alguna ganancia económica ?
- 10.- ¿ Qué agua utiliza para su riego ?
- 11.- ¿ Las ha regado con agua de residuos domésticos ?
- 12.- ¿ Las ha regado con agua de detergente ?
- 13.- ¿ Qué efecto observa usted cuando las riega con aguas de residuos domésticos ?
- 14.- ¿ Cuándo consume estos productos hay algunos síntomas de enfermedad ?
- 15.- ¿ Quienes trabajan el cultivo ?