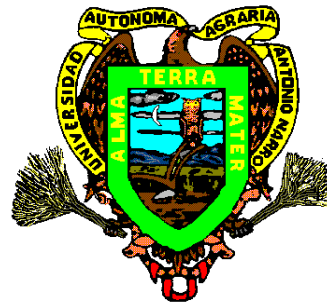


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE INGENIERIA



**Efecto del Agua Residual Sobre el cultivo del Brócoli
(*Brassica oleracea var. italica L.*)**

Por:

Ma. Isabel García Peña

T E S I S

**Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2004.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE INGENIERIA**

**Efecto del Agua Residual Sobre el cultivo del Brócoli
(*Brassica oleracea var. italica L.*)**

**TESIS
Presentada por:**

Ma. Isabel García Peña

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador
Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Irrigación**

ASESOR PRINCIPAL

Dra. Manuela Bolívar Duarte

**ING. Manuel Ángel Burciaga Vera
COASESOR**

**Dr. J. de Jesús Cortés Bracho
COASESOR**

**MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos
COORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

Noviembre de 2004.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE CUADROS.....	iii
RESUMEN.....	v
I.-INTRODUCCIÓN	
1.1.Antecedentes.....	1
1.2.Hipótesis.....	2
1.3.Objetivo General.....	2
1.4.- Objetivo Específicos.....	3
II.- REVISIÓN DE	
LITERATURA.....	
2.1.Origen.....	4
2.2.- Características Botánicas y Taxonómicas del Brócoli.....	4
2.2.1.Características. Botánicas.....	5
2.2.2.Taxonomía.....	5
2.2.3.-Requerimientos Climáticos.....	5
2.2.4.- Suelo y Fertilización.....	6
2.3.Siembra.....	6
2.4.- Inspección Fitosanitaria.....	7
2.5.Cosecha.....	8
2.6.- Labores Culturales.....	9
2.6.1.-Deshierbe	
2.6.2.- Escarda	
2.6.3.- Aporque	
2.6.4.- Riegos	
2.7.- Situación Actual el Agua en México.....	9
2.8.- Panorama General de las Aguas Residuales.....	11
2.9.- Origen y Clasificación de las Aguas Residuales.....	12
2.10.- Aguas Residuales.....	13
2.11.-Contaminantes de las Aguas Residuales.....	16
2.11.1.- Desechos que Demandan Oxígeno para su Estabilización.....	16
2.11.2.- Agentes Causantes de Enfermedades.....	16
2.11.3.- Compuestos Orgánicos Sintéticos.....	16
2.11.4.- Nutrientes para las Plantas.....	16
2.11.5.- Sustancias Químicas Inorgánicas o Minerales.....	17
2.11.6.- Sedimentos.....	17
2.11.7.- Sustancias Radioactivas.....	17
2.11.8.- Descargas Térmicas.....	18
2.12.- Criterios de Calidad del Agua.....	18
2.13.- Razones par el Riego con Agua Residual.....	25
2.14.- Efectos de las Aguas Residuales en la Agricultura	27
2.15.- Las aguas Residuales como Fuente de Fertilización.....	28
2.16.- Usos Agrícolas de las Aguas Residuales.....	30
2.17.- Resultados de Trabajos Realizados con Aguas Residuales.....	31
2.18.- Riesgos para la Salud por el Uso de Agua Residual	33
2.19.- Metales Pesados	38
2.19.1.- El Cadmio en el Ambiente.....	39

2.19.2.- ¿En qué forma está el Cadmio emitido?.....	40
2.19.3.- El Cromo en el Ambiente.....	41
2.19.4.- El Cobre en el Ambiente.....	42
2.19.5.- El Plomo en el Ambiente.....	42
2.19.6.- ¿En qué forma está el Plomo emitido?.....	43
2.19.7.- El Níquel en el Ambiente.....	40
2.19.8.- ¿Qué es el Níquel?.....	45
2.19.9.- ¿Cómo reducir el riesgo de exposición al níquel?.....	45
2.19.10.- ¿Cómo puede perjudicar el Níquel en la salud?.....	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1.- Localización Geográfica.....	48
3.2.- Clima.....	48
3.3.- Suelo.....	49
3.4.- Establecimiento del Experimento y Labores de Cultivo.....	49
3.4.1.- Condiciones Climáticas durante el Ensayo.....	50
3.4.2.- Rastreo.....	50
3.4.3.- Nivelación.....	50
3.4.4.- Trazo de línea de Riego y Distribución de Parcelas.....	50
3.4.5.- Producción de Plántula.....	51
3.5.- Labores Culturales.....	51
3.5.1.- Deshierbe.....	51
3.5.2.- Escarda.....	51
3.5.3.- Aporque.....	52
3.5.4.- Riego.....	52
3.6.- Control de Plagas.....	52
3.7.- Variables a Evaluar.....	52
3.7.1.- Suelo.....	52
3.7.2.- Manejo de Riego.....	53
3.7.3.- Cultivo.....	53
3.8.- Diseño Experimental.....	54
IV.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1.-Características del Suelo.....	55
4.1.1. Metales pesados en el Suelo.....	55
4.2. Manejo del Agua de Riego.....	56
4.2.1. Caracterización de las Aguas residuales.....	58
4.2.2. Calidad de las Aguas Utilizadas para Riego.....	61
4.2.3. Coliformes Fecales.....	61
4.3. Rendimiento del Cultivo.....	62
4.4.- Contenido de Metales Pesados Totales en el Fruto.....	68
4.5.- Toxicidad.....	70
4.5.1.- Cadmio.....	70
4.5.2.- Cobre.....	70
4.5.3.- Cromo.....	70
4.5.4.- Níquel.....	70
4.5.5.- Plomo.....	71
4.5.6.- Zinc.....	71
V.- CONCLUSIONES.....	73
VI.-LITERATURA CITADA.....	74
VI. ANEXOS.....	79

A.....	80
B.....	81
C.....	84
D.....	87

DEDICATORIAS

*A MIS PADRES.**Sr. Cliserio García Azpeitia**y**Sra. Rosa Peña Hernández*

Gracias por darme la vida y por haberme dado un ejemplo de trabajo, por forjar en cada uno de nosotros la dedicación y honradez, se ve reflejada en este trabajo y la culminación de mi carrera y sobre todo por que siempre están conmigo espiritualmente dándome ánimos para seguir adelante, por esto y mucho más. Mil Gracias.

A Mis Hermanos

Con su ayuda incondicional que me brindaron para la realización de este trabajo que de igual manera les pueda ser útil; ya que lo realicé pensando en ustedes por que son muy importantes para mí y recuerden cada día hay que ser mejores por eso siempre los tengo presentes.

Te dedico este trabajo, ya que gracias a Dios eres lo más hermoso que me pudo pasar en la vida , tener la dicha de verte sonreír que es para mi toda la felicidad el poder ser tu Mamá ; eres una gran motivación para seguir adelante y ser cada día mejores, para ti mi adorado Hijo.

Ricardo Ramírez García

Eres el destino que escogí para compartir el resto de mi vida, y gracias a tu apoyo, comprensión y amor es como pude terminar mis estudios universitarios, gracias por compartir conmigo tu carrera universitaria y por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida y aun más por permitir ser la persona que estará contigo hasta el final de nuestras vidas, es algo que no tengo más que decirte mil gracias y te dedico este trabajo con mucho cariño y respeto , por que eres y serás por siempre el amor de mi vida, doy gracias a Dios por haberte encontrado. Te Amo. Elliott Ricardo Ramírez Arzola.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Terra Mater* Por ser una institución noble que nos brinda un gran apoyo para lograr nuestros objetivos y alcanzar la meta con que llegamos todos aquí.

Al *Dra. Manuela Bolívar Duarte*. Por brindarme un rato de su valioso tiempo y por el apoyo que me brindo; así como su gran sencillez y ánimos de seguir adelante

Al *ING. Manuel Ángel Burciaga Vera*. Por su amistad y colaboración en la realización de este trabajo, ya que personas como usted, son pocas que de verdad se ponen la camiseta de agrónomo para ayudar a los demás, *Muchas Gracias*.

Al *DR. Javier de Jesús Cortés Bracho* Por que siempre nos brinda su apoyo incondicional de igual forma agradezco sus consejos y por haberme escuchado cuando más lo necesité, *Muchas Gracias*.

Al *Dr. Edmundo Peña Cervantes* Por su apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo y por haberme facilitado el camino para hacer los análisis, *Muchas Gracias*

A la *Lab. Socorro Mirelos y Guillermina* Quien siempre me dio su apoyo en la realización del trabajo, así como su amistad desinteresadamente, dentro y fuera de esta institución.

Al *Ing. Victor Villanueva y al Sr. Héctor Zavala*. Por ayudarme siempre de manera incondicional y desinteresada en la realización de este trabajo, *Muchas Gracias*.

A los *Ingenieros, M.c y Doctores del departamento de Riego y Drenaje (Ing. Carlos Rojas y Luis Edmundo Ramirez)* y toda la gente coladora en él, ya que siempre me brindaron un poco de su sabiduría en la formación de esta mi carrera, y a todos con cuantos conviví en este tiempo que viví en la Universidad, les doy mil gracias y Dios los bendiga a cada uno de ellos.

A los chicos *Vilchis Ramos, Núñez Ramos y Montesinos Ramos*. Por su amistad que me brindaron y su apoyo para realizar este trabajo, en especial a *Lázaro Núñez Ramos*, los recordare siempre.

A *Mi Suegra y Cuñados*. Por su apoyo incondicional que me brindaron mientras estuve en esta institución en mi formación profesional.

A mis *compañeros de la generación 96 y 97*, Por la amistad que me brindaron durante este tiempo, créanme que nunca los olvidare por que fueron mis hermanos todo este tiempo que permanecí en esta institución formándome como una profesional, los recuerdo a todos y en especial a *Jezabel, Joel, Mario Roque, Obdulio, Marcos Jiménez, Abelmar, Misael, Juan Jesús, Guillermo, Rubén, Horacio Martínez, Rigoberto, Agustín, Francisco (paquin), José Luis, Rosendo (chendo), Celiser (huesos)*.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1.- Épocas de siembra del cultivo del brócoli.....	6
Cuadro 2.2.- Control de plagas y enfermedades.....	8
Cuadro 2.3.- Competencia por el agua a mediano plazo.....	10
Cuadro 2.4.- Composición de las aguas residuales domésticas	15
Cuadro 2.5.- Normas relativas al agua potable.....	20
Cuadro 2.6.- Propiedades biológicas.....	21
Cuadro 2.7.- Calidad microbiana del agua residual en la agricultura.....	24
Cuadro 2.8.- Rendimiento en ton/ha en cultivos regados con agua blanca y agua residual.....	28
Cuadro 2.9.- Rendimiento en ton/ha, mayores debido a los nutrientes de las aguas residuales(México).....	31
Cuadro 2.10.- Límites máximos permisibles para las aguas residuales tratadas para riego agrícola (Diario Oficial de la Federación, 1996).....	36
Cuadro 4.1.-Contenido de Metales pesados en el suelo.....	55
Cuadro 4.2.- Tiempo, volumen y fecha de los riegos en el tratamiento de riego con agua limpia.....	57
Cuadro 4.3.- Número de riegos, láminas, volumen de agua y fecha de riegos, en el tratamiento de riego con agua residual.....	58
Cuadro 4.4.- Calidad agronómica del agua de riego	59
Cuadro 4.5.- Caracterización química de dos tipos de agua.....	60
Cuadro4.6.-Datos de medias, del tratamiento de aguas residuales (peso, diámetro, largo, color).....	63
Cuadro 4.7.- Datos de medias, del tratamiento de agua de pozo (peso, diámetro, largo, color).....	63
Cuadro 4.8.- ANVA de ambos tratamientos, teniendo como variable el peso del fruto.....	64
Cuadro 4.9.- Comparación múltiple de medias para la variable de respuesta peso del fruto.....	65
Cuadro 4.10.-ANVA de ambos tratamientos, teniendo como variable el diámetro del fruto.....	65
Cuadro 4.11.- Comparación múltiple de medias par ala variable de respuesta diámetro del fruto.....	66
Cuadro 4.12.- ANVA de ambos tratamientos, teniendo como variable el largo del fruto.	67
Cuadro 4.13.- Contenido de minerales y metales pesados en el fruto.....	69

RESUMEN

Debido a la escasez del recurso agua que cada día se va agudizando, surge la necesidad de buscar nuevas formas de aprovechamiento del recurso de una manera eficiente así como su reutilización

Este trabajo consistió básicamente en utilización el agua residual como una alternativa para la producción de hortalizas debido a la escasez de agua que enfrenta la agricultura para la producción de estas especies. En la U.A.A.A.N., se realizó este trabajo haciendo un muestreo en el suelo y agua antes de establecer el cultivo, pudiendo así observar ya una vez establecido el cultivo que se puede obtener un buen rendimiento de ésta especie al ser regada con esta agua residual, cabe mencionar que éstas hacen aportaciones muy importantes de nutrientes a las plantas para lograr un buen desarrollo y producción.

De acuerdo con los resultados estadísticos del modelo bloques al azar, el agua residual de la laguna ubicada en esta institución si puede utilizarse para el riego del brócoli, (NOM-ECOL-001-1996) en forma directa, ya que los metales pesados están presentes en el suelo sin ser absorbidos por la planta en grandes cantidades por el pH alto moderadamente alcalino, de tal forma que se descarta la posibilidad de presencia de elementos pesados en la parte comestible por que no están disponibles para ser absorbidos por la plantas.

Los resultados obtenidos constituirán una herramienta importante para la toma de decisiones sobre la utilización que se le puede dar a este tipo de agua, para que los agricultores la utilicen sin que presente riesgos para la salud pública en la producción de brócoli.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La problemática del desarrollo del abastecimiento de agua para las diversas actividades del hombre, se ve influenciada por la calidad, cantidad y disponibilidad del recurso hidráulico. En México, dada la mala distribución del agua respecto a los centros urbanos-industriales esta problemática se agrava. Sin embargo, el problema del manejo y disposición de las aguas residuales y la contaminación de los cuerpos receptores, afectan la calidad de agua disponible y por lo mismo el desarrollo de las actividades humanas involucradas con su uso.

Una de las alternativas para atacar, en forma integral, los problemas antes mencionados, es el aprovechamiento de las aguas residuales. Esta alternativa puede realizarse a distintos niveles dependiendo del grado de calidad y volumen del agua requerido por los diferentes usos y de control que se pueda ejercer en las fuentes de generación y sitios de aprovechamiento de aguas residuales. Por lo tanto, la calidad para usos agrícolas es menor que algunos usos industriales y esta, a su vez, es menor que la requerida para usos recreativos, de recarga de acuíferos y domésticos. Sin embargo, las actividades para las que se extrae mayor cantidad de agua en el país son: la generación de energía eléctrica, la agricultura, la industria y abastecimiento doméstico, de tal forma que el agua utilizada en la agricultura se consume en un 80 por ciento aproximadamente, la de abastecimiento doméstico en un 50 por ciento, la de la industria en un 10 por ciento y la generación de energía eléctrica

en un 6 por ciento. (Estos porcentajes se obtuvieron al dividir el volumen de agua extraído para cada uso).

La situación anterior plantea serias preguntas acerca de la optimización de la administración del recurso hidráulico. Desde este punto de vista el agua residual debe considerarse como un recurso valioso, el cual es necesario aprovechar en forma planteada y segura, por lo anterior el presente trabajo está enfocado principalmente al efecto que causan a las hortalizas y en su caso particular, el cultivo del brócoli al ser regado con aguas residuales.

1.2. Hipótesis

Lograr una producción de plantas de alto vigor como consecuencia del uso de esta agua debido al alto contenido de materia orgánica y de nutrientes presentes en el agua residual.

1.3. Objetivo General

Aprovechar el Agua residual Tratada de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la siembra de hortalizas.

1.4. Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento del brócoli con aguas residuales.
- Determinar el contenido de metales pesados en el fruto.
- Determinar la contaminación de metales pesados en el suelo por el uso de agua residual en el riego del cultivo del brócoli.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen

El brócoli es originario del Mediterráneo, principalmente de Italia. Su aparición es más reciente que el repollo o col blanca y la coliflor, siendo introducido a los Estados Unidos en 1925 por migrantes italianos (Gray, 1982).

2.2. Características Botánicas y Taxonómicas del Brócoli.

(Brassica oleraceae var italica L.)

Esta hortaliza es similar a la coliflor. La parte comestible es una masa de flores comúnmente de color verde. La demanda a escala nacional para consumo en fresco es casi nula, sin embargo, casi todo el brócoli que se produce es congelado y una parte considerable es destinada al mercado de exportación. La importancia del cultivo radica en el área sembrada, captación de divisas, alta rentabilidad por superficie y gran demanda de mano de obra. Se reporta una superficie total de siembra de 1139 ha, siendo los principales productores Guanajuato (678); Aguascalientes (251); Baja California Norte (87), entre otros Dirección Gral. de Economía Agropecuaria. (DGEA, 1997).

2.2.1. Características Botánicas

Es una planta anual, erecta, tiene de 60-90 cm de altura y termina en una masa de flores de color verde que puede alcanzar un diámetro de hasta 35 cm. Las flores son de color amarillo y tienen cuatro pétalos en forma de cruz. El fruto es de color verde cenizo que mide en promedio de 3-4 cm; contienen semillas que tienen la forma de munición y miden de 2 a 3 mm de diámetro (www.afasxa.com.mx).

2.2.2. Taxonomía

En lo que se refiere a su taxonomía, ésta se estructura de la siguiente manera (www.afasxa.com.mx).

Familia: *Crucífera*

Genero: *Brassica*

Especie: *oleraceae*

Variedad Botánica: *Itálica*

Nombre común: Brócoli

2.2.3. Requerimientos Climáticos

El brócoli es una hortaliza de climas fríos y frescos, puede tolerar temperaturas de -2 °C siempre y cuando no se haya formado la inflorescencia, ya que es fácilmente dañada por las bajas temperaturas. El rango de temperaturas para germinación es de 15-28 °C, llegando a emerger a los 3 a 8 días, respectivamente. La temperatura óptima ambiental para su desarrollo es de 17 °C (www.afasxa.com.mx).

2.2.4. Suelo y Fertilización

El brócoli se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, prefiriendo los franco-arenosos, con buen contenido de materia orgánica, clasificándose como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH 6.0 - 6.8 y medianamente tolerante a la salinidad.

En lo que se refiere a la aplicación de fertilizante, la dosis recomendada es de 120-80-00 ([www:afasxa.com.mx](http://www.afasxa.com.mx)).

2.3. Siembra

Las cosechas de los cultivares sembrados en Otoño - Invierno son más uniformes, debido a las temperaturas frescas; en cambio los cultivares sembrados en primavera verano se manifiestan de manera precoz y con cosechas desuniformes, debido a las altas temperaturas; el cuadro No. 2.1 menciona las épocas de siembra del cultivo del Brócoli. (www.afasxa.com.mx).

Cuadro 2.1. Épocas de siembra para el cultivo de brócoli. (www.afasxa.com.mx).

Clima	Siembra	Días a la madurez
Cálido	Octubre-Enero	70-80
Frío	Abril - Junio	75-100

En lo que se refiere a la siembra, el brócoli puede hacerse en forma directa o transplante. El primer sistema se refiere a la utilización de sembradora de precisión, en la siembra indirecta es común la utilización de almácigos, ya sea a campo abierto o bajo condiciones de invernadero; en este último se utilizan charolas de poliestireno de 200 a

338 cavidades. Cuando la actividad se realiza en campo abierto se ocupan pequeñas superficies de 60 m² usando de 200-300 gr de semilla y obteniendo suficientes plantas para una hectárea comercial (65,000 plantas). El transplante puede efectuarse cuando las plántulas tienen cuatro hojas verdaderas, lo que generalmente ocurre en un lapso de 28 a 35 días después de la siembra; el transplante se realiza a una distancia entre surcos de 66 a 77 cm a hilera sencilla o de 92 a 100 cm a doble hilera ([www:afasxa.com.mx](http://www.afasxa.com.mx)).

2.4. Inspección Fitosanitaria

Esto se realiza con el fin de controlar a tiempo las plagas y enfermedades y ésta debe de realizarse en periodos semanales. Las plagas más comunes que se presentan, se muestran en el cuadro No.2.2.

Cuadro No 2.2. Control de plagas y enfermedades (Raya, 2000)

Peste	Nombre Científico	Producto para Control
Plaga		
Pulga Saltona	<i>Epitrix cucumerix</i>	Folimat
Diabrotica	<i>Diabrotica spp</i>	Paratiòn M
Pulgón	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Hamidop 600
Gusanos		
Importado de la col	<i>Pieris rapae</i>	
Dorso de Diamante	<i>Plutella xylostella</i>	Hamidop 600
Falso medidor	<i>Trichoplusia in</i>	Thiomet 35
Enfermedad		
Mildiu vello	<i>Peronospora parasitica</i>	Oximet-Flo
Amarillamiento	<i>Fusarium oxysporum</i>	Sulfato de Cobre tribasico
Pierna Negra	<i>Poma lingan</i>	
Pudrición Negra	<i>Xanthomonas campestris</i>	
Enfermedad Fisiológica		
Formación prematura de la cabeza	Stress de agua en los Primeros estadios de desarrollo	Humedad en el suelo y no falte nitrógeno
Tallo hueco	Deficiencia de boro(B) con altas temperaturas (mayor de 26°C).	Aplicación foliar de bórax.

2.5. Cosecha

La cosecha se realiza cuando llegue a los 70-75 días o la cabeza principal alcance un diámetro de 25 -65 cm y esté lo más firme y compacta posible. (www.afasxa.com.mx)

2.6. Labores Culturales

2.6.1. Deshierbes. Se aplican Herbicidas incorporados (trifluralina).

2.6.2. Escarda. Se recomiendan las necesarias y se realizan antes de cada riego y fertilización nitrogenada.

2.6.3. Aporque. El primero se realiza a los 40 días después de la siembra y a los 18 días después del trasplante.

2.6.4. Riegos. Se dan de 8 a 10 riegos, con un intervalo de 15 días. La etapa crítica es de los 30 días después de la siembra.

2.7. Situación Actual del Agua en México

El agua en México está mal distribuida, mientras que en unas partes llueve demasiado, en otras existe sequía, aunado a esto el desperdicio que se presenta en el campo y población, la falta de tratamiento del agua residual y el aumento de la población. Si se continúa los actuales patrones de baja eficiencia en el riego, sobreexplotación y contaminación de los cuerpos superficiales, en 25 años México padecerá la falta del recurso en varias ciudades; verá frenado su desarrollo; sufrirá el colapso de ecosistemas y registrará problemas de salud pública. De una precipitación de 772 mm por año que equivale a 1,549 km³, el sureste recibe la mayor parte. La paradoja es que la zona Noreste y centro del país, se concentra el 84 por ciento de la población, contando sólo con el 28 por ciento del agua (Millán, 2002).

El mismo autor menciona que el agua no es abundante y está mal distribuida. Pero también se desperdicia y no existe un tratamiento de aguas adecuado. Siendo los consumidores más grandes de agua los 81 distritos de riego que hay en México, teniendo una eficiencia del 46 por ciento, nivel que podía alcanzar el 60 por ciento con tecnologías avanzadas. Por fallas en las tuberías de las ciudades se pierde entre 25 y 40 por ciento, precisando que el 78 por ciento de las aguas residuales municipales y el 85 por ciento de las industriales, se vierten sin recibir tratamiento alguno. De mantener las actuales tendencias demográficas y de uso de agua, México enfrentará una mayor competencia por el recurso a mediano plazo, como lo muestra en el cuadro No 2.3.

Cuadro No 2.3. Competencia por el agua a mediano plazo
(Millán, 2002).

Año	POBLACIÓN Millones de habitantes	CONSUMO Km ³	DISPONIBILIDAD m ³ / persona al año
2000	99.6	72	4,675
2020	122.1	100	3,879

2.8. Panorama General de las Aguas Residuales

Bustani, (1994), menciona que muchos de los contaminantes del agua pueden actualmente removerse con relativa facilidad mediante la construcción de plantas de tratamiento. Esto es algo que está ocurriendo en todas partes del mundo. La calidad de la vida humana y su entorno dependen del adecuado control de la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua. Los costos asociados con el control de la contaminación, incluyendo los del capital, mantenimiento, mano de obra y los costos de disposición de residuos, se incrementan rápidamente conforme la cantidad de residuos lo hace. Por otro lado, el daño causado por la contaminación disminuye en la medida que se remuevan los contaminantes.

Segarra *et al.*, (1998) menciona que existen empresas que están poniendo énfasis en el tratamiento de agua como lo es la Industry Bussiness Paper, que actualmente tienen una capacidad de tratar grandes cantidades de agua, (681,374 m³ por día) específicamente para uso en la agricultura, principalmente en riego por aspersión.

En México existen antecedentes de estudios sobre reuso de esta agua en la industria que se distingue por su enfoque hacia el Valle de México. A diferencia de éstos, la investigación realizada cubre el entorno nacional. El aprovechamiento del agua residual doméstica tratada en México enfrenta algunas limitaciones de orden técnico, insuficiente caracterización de la calidad de las aguas residuales domésticas; aislados avances sobre el desarrollo de criterios de calidad para el reuso de las aguas renovadas. En general, el potencial de algunas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales y su aplicación es menos frecuente y

por último no hay evaluación completa de los efectos en la salud de los aspectos tóxicos y epidemiológicos. La experiencia en la planta industrial sobre el reuso de agua residual doméstica tratada es todavía muy restringido. El impulso de dicha opción no ha sido exitosa aún cuando desde hace una década se han realizado distintos estudios de factibilidad (Vila, 1994).

2.9. Origen y Clasificación de las Aguas Residuales

Como origen de las aguas negras, Morales (1995) señala que es la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua procedente de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con las provenientes de los establecimientos industriales y las aguas superficiales o de precipitación. Por el reuso asignado al agua, Vila (1994) identifica cuatro categorías viables y más eficientes del agua residual tratada en la industria.

- Agua de enfriamiento por ciclos cerrados o a través de ciclos abiertos.
- Agua para calderas (generación de vapor o energía).
- Agua de proceso (incorporada en la manufactura del producto).
- Agua para usos generales (limpieza de instalaciones, usos sanitarios, riego de jardines, etc.)

2.10. Aguas Residuales

El agua después de su aprovechamiento en diferentes actividades humanas es descargada formando un efluente llamado agua residual que

de acuerdo a su procedencia será de origen municipal o industrial (Jaramillo, 2003); así mismo menciona que la contaminación del agua se genera por el desarrollo de las actividades de la población, distinguiéndose la industria por el riesgo de incorporar materias tóxicas en los cuerpos de agua; de tal forma que no dejan de ser importantes fuentes de contaminación las aguas residuales generadas por los usos domésticos por su contenido de materia orgánica y microorganismos patógenos. Así como las diversas fuentes de contaminación al descargar a un cuerpo receptor los desechos urbanos, industriales, agrícolas y naturales, incorporan a estos cuerpos diversos contaminantes que al mezclarse con el agua contenida en cuerpos receptores deterioran la calidad de los mismos, considerando la naturaleza de los contaminantes que es de muy diversa índole, que de acuerdo con su composición química éstos pueden ser degradables, no degradables o conservativos y biológicamente acumulables (Jaramillo, 2003).

Al tratarse de aguas usadas por la población, éstas contienen materia orgánica en suspensión y en solución, así como sustancias minerales disueltas. Nos dice American Water Works Association (1968). De tal forma que las aguas residuales son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1976).

En términos generales la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente (1979), menciona que las aguas residuales domésticas son aquellas que resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua procedentes de casas habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación pluvial que puedan agregarse debido a las elevadas concentraciones de sólidos, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes. De acuerdo con Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1988) la composición de las aguas residuales de origen doméstico se muestra en cuadro No 2.4.

Cuadro2.4. Composición de las aguas residuales domésticas (SEDUE, 1998)
(Todos los valores se expresan en mg/l).

Constituyentes	Máxima	Media	Débil
Sólidos Totales (ST)	1,200	700	350
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	850	500	250
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	525	300	145
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	325	200	105
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	350	200	100
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	75	50	30
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	275	150	70
Sólidos Sedimentables (SS, ml/l)	20	10	5
DBO ₅	300	200	100
DQO	1,000	500	250
Carbono Orgánico Total	300	100	100
Nitrógeno Total	85	40	20
Fósforo Total Orgánico	5	3	2
Fósforo Total Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (CaCO ₃)	200	100	50
Grasas y Aceites	150	100	50

2.11. Contaminantes de las Aguas residuales

Moeller (2000) menciona que los contaminantes agregados al agua, se han clasificado en ocho grupos, de acuerdo a sus características, efectos y problemas que éstos causan:

2.11.1. Desechos que Demandan Oxígeno para su Estabilización

Son compuestos orgánicos biodegradables contenidos en el agua residual doméstica y en ciertos afluentes industriales. Cuando estos compuestos son desdoblados y consumidos por las bacterias, se consume y se reduce el gas oxígeno disuelto en el agua.

2.11.2. Agentes Causantes de Enfermedades

En estos casos pueden estar varios microorganismos patógenos, los cuales entran al agua residual con las excretas humanas, animales o de ambos.

2.11.3. Compuestos Orgánicos Sintéticos

En este grupo se incluyen a los detergentes y otros auxiliares de tipo doméstico, los biocidas y también a diversos productos químicos industriales sintéticos. Muchos de estos productos son tóxicos para la vida acuática y pueden ser dañinos a los humanos.

2.11.4. Nutrientes para las Plantas

Incluye compuestos que contienen nitrógeno y fósforo, los que pueden originarse en las tierras agrícolas fertilizadas (retornos agrícolas) y en las aguas residuales domésticas. Estas sustancias estimulan el crecimiento de algas y plantas.

2.11.5. Sustancias Químicas Inorgánicas o Minerales

Estas incluyen a los ácidos, mismos que se forman cuando drena agua de las minas abandonadas o bien, de los productos que se emplean para la limpieza doméstica o por la generación de ciertas resinas catiónicas empleadas para la desmineralización de agua a utilizarse en ciertos procesos de fabricación y para acabado de metales pesados tales como mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), y otros como arsénico (As), selenio (Se) entre otros. Se incluyen también las sales disueltas producidas por diversas descargas procedentes del abastecimiento y desmineralización o ambos. Los parámetros que se emplean para medir estas descargas pueden ser las concentraciones de cada metal y de sales solubles para la acidez.

2.11.6. Sedimentos

Son partículas de suelo, arenas y minerales arrastrados de terrenos o generados en diversos procesos de manufactura y de acabados de disueltos minerales.

2.11.7. Sustancias Radioactivas

Pueden incorporarse al agua a través de procesado y de la extracción de minerales radioactivos, así como de varias operaciones de energía nuclear, de instalaciones hospitalarias.

2.11.8. Descargas Térmicas

Son aquéllas realizadas por plantas termoeléctricas o en industrias donde se emplea vapor de agua y que utiliza agua corriente en un solo ciclo para enfriamiento y la cual se descarga sin enfriar a diversos cuerpos receptores.

Moscoso y Lázaro(1997) mencionan que el uso de las aguas residuales permite obtener beneficios como el uso eficiente del agua, provisión de abonos naturales, generación de alimentos, empleo e ingresos económicos, además de incrementar la frontera agrícola en zonas desérticas, así como su uso en el área de la acuicultura.

De acuerdo con Morante (1997) es lícito, sano y económico usar agua depurada (sólo en tratamiento primario) para riego, pero se debe realizar un análisis de la calidad del agua y dicha agua sólo podría ser usada para fines forestales y no en el riego de hortalizas o aplicarse en parques públicos, debiéndose así mismo señalar la importancia que puede tener en los efluentes el contenido de fósforo, nitratos y nitritos.

2.12. Criterios de Calidad del Agua

De acuerdo con la Ley Federal de Aguas, es el uso doméstico al que mayor importancia se le ha concedido, esto debido principalmente al hecho de que será el agua destinada a la que consumirán directamente los seres humanos, ya sea como agua potable o en alguna de sus múltiples actividades como son , la higiene personal, lavado de ropa, aseo de la vivienda, sanitarios, etc. Con el fin de especificar las

características que debe de cumplir el agua de la República, a través de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, hoy Secretaria de salud, expidió el 02 de junio de 1953, el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua que debe satisfacer el agua para consumo humano. Estas normas se refieren exclusivamente a los requerimientos de calidad en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y bacteriológicas. En el cuadro No.2.5 se muestran los requerimientos físicos y químicos que establece el Reglamento Federal, así como los valores de estos parámetros, propuestos por México, la Organización Mundial de Salud (O.M.S.) y los Estados Unidos de Norteamérica. El cuadro No.2.6, presenta las normas de calidad bacteriológica propuesta por México O.M.S. y los Estados Unidos (Manual Técnico del Agua, 1979).

Cuadro No. 2.5 Normas relativas al agua potable
(Manual Técnico del Agua, 1979)

Propiedades Físicas

Parámetro	México	O.M.S.	E.U.
Turbiedad	10	25	5
pH	6.8-8.0	6.5-9.5	-
Olor	inodora	inobjetable	inodora
Sabor	agradable	inobjetable	inobjetable
Color	20	50	3

Propiedades Químicas

Valores Máximos Permisibles.

Parámetros	México	O.M.S.	E.U.
Nitrógeno amoniacal	0.5	-	-
Nitrógeno proteico	0.1	-	-
Nitrógeno de nitritos	5.0	-	-
Oxígeno consumido	3.0	-	-
Sólidos Totales	1000.0	1500.0	-
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	400.0	-	-
Dureza Total (CaCO ₃)	300.0	-	-
Dureza Permanente(CaCO ₃)	150.0	-	-
Cloruros	250.0	350.0	200.0
Sulfatos	250.0	400.0	250.0
Magnesio	125.0	125.0	100.0
Zinc	15.0	5.0	2.0
Cobre	3.0	1.0	0.05
Fluoruros	1.5	1.5	1.5
Hierro y Manganeso	0.3	0.3	0.3
Plomo	0.1	0.1	0.05
Arsénico	0.05	0.05	0.05
Selenio	0.03	0.01	0.01
Cromo Hexavalente	0.05	0.05	0.05
Compuestos Fenólicos	0.001	0.001	0.001
Cloro Libre	1.0	-	0.0005

Cuadro No. 2.6 Propiedades biológicas(Manual Técnico del Agua, 1979)

México

- a) Menos de 20 organismos de los grupos coli y coniformes por litro de muestra, definiéndose como organismos coli y Coliformes todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos no esporógenos, que fermentan el caldo lactozado con formación de gas.
- b) Menos de 200 colonias bacterianas por ml, de muestra en la placa de agar incubado a 37°C Por 24 hr.
- c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas, o fétidas en la siembra de un ml. De muestra en gelatina incubada a 20°C por 48hr.

O.M.S.

- a) Ausencia de coniformes en una muestra de 100 ml de agua en caso de agua tratada con cloro.
 - b) Ausencia de *Escherichia coli* en una muestra de 100 ml en caso de agua no tratada con cloro.
 - c) Máximo 3 coliformes en una muestra de 100 ml en caso de agua no tratada con cloro.
 - d) La proporción de muestras de 100 ml exentas de coniformes no será inferior al 95 por ciento.
 - e) Ninguna muestra contendrá más de 10 coliformes/100 ml.
 - f) No se detectarán coliformes en dos muestras sucesivas de 100 ml
-

Continuación del cuadro No.2.6.

Estados Unidos

- Con muestras de 10 ml no más del 10 por ciento de estas en cualquier mes debe mostrar preferencia del grupo conforme.

La presencia del grupo conformes de 3 ó más porciones de 10 ml de una muestra estándar no serán aceptables si esto sucede en:

-Por muestras consecutivas.

-En más de una muestra cuando se examinan menos de 20 muestras.

-En más del 5 por ciento de las muestras cuando se examinan 20 ó más muestras.

- Con muestras de 100, no más del 60 por ciento en cualquier mes mostraran la presencia del grupo conforme. La presencia del grupo conforme en 5 muestras no será aceptable si esto sucede en:

-Dos muestras consecutivas

-En más de una muestra al mes cuando se examinan menos de 5 muestras.

-En más del 20 por ciento de las muestras cuando se examinan 5 o más muestras.

- Cuando se emplea la técnica del filtro membrana la media aritmética de la densidad de coliformes en las muestras estándar examinadas por mes no debe exceder a 1/100 ml. Las colonias de Coliformes por muestras estándar no debe exceder 3/50 ml, 7/200 ml ó 13/500 ml en:

-Dos muestras consecutivas.

- Más de una muestra estándar cuando se examinan de 20 por mes.
- Más del 5 por ciento de las muestras estándar cuando se examinan 20 ó más muestras mensualmente.

Las aguas residuales han venido a sustituir con ventaja a las aguas blancas, al obtener rendimientos sin el empleo de fertilizantes en los cultivos irrigados con ésta , semejantes o superiores a los obtenidos en otros distritos de riego en donde se han venido aplicando gran cantidad de fertilizantes e irrigación con agua blanca, lo que representa un menor costo de producción. Sin embargo, no se conoce con exactitud el efecto sobre el suelo, animales y el hombre a largo plazo (Durán *et al* .,1994)

El Cuadro No.2.7. contiene las recomendaciones a la calidad microbiana de las aguas residuales tratadas para el uso agrícola. Estas recomendaciones son técnicamente factibles y están en concordancia con la máxima evidencia epidemiológica disponible en la actualidad (Shuval, 1985).

Cuadro No. 2.7. Calidad microbiana el agua residual en la agricultura.⁽¹⁾
(Durán *et al.*.,1994).

Proceso de reuso	Nemátodos intestinales ⁽²⁾ (número geométrico medio de huevos viable por litro)	Coliformes Fecales (número geométrico medio por 100ml)
Riego restringido ⁽³⁾		
Riego de árboles, cultivos industriales, cultivos de forraje, árboles frutales ⁽⁴⁾ Y pastizales ⁽⁵⁾	<1	No aplicable ⁽³⁾
Riego no restringido		
Riego de cultivos comestibles, campos deportivos, y parques públicos ⁽⁶⁾	<1	< 1000 ⁽⁷⁾

Los números que a continuación se presentan aclaran lo siguiente con respecto al cuadro No.2.7.

- En casos específicos deben tenerse en cuenta factores epidemiológicos locales, socioculturales e hidrogeológicos para modificar las direcciones de acuerdo a ellos.
- *Ascaris, Trichris y uncinaria.*
- En todos los casos, se requiere un grado mínimo de tratamiento equivalente a por lo menos una laguna anaeróbica de un día, seguida de una laguna facultativa de cinco días o su equivalente.
- El riego debe cesar dos semanas antes de la cosecha y no deben de utilizarse los frutos caídos.

- El riego debe cesar dos semanas antes de que los animales entren a pastar.
- Los factores epidemiológicos locales tal vez requieran de una norma más rigurosa cuando se trata de jardines públicos, especialmente los jardines de hoteles que están ubicados en áreas turísticas.
- En el caso de que los cultivos comestibles siempre sean consumidos después de una debida cocción, esta recomendación puede ser menos estricta.

Las directrices de calidad para la irrigación restringida, implica una elevada eliminación (más de 99 por ciento) de huevos de helmintos y su propósito es proteger la salud de los trabajadores agrícolas.

2.13. Razones para el Riego con Agua Residual

Determinaciones físicas y químicas en las aguas residuales para uso agrícola en el Gran Canal de desagüe del Valle de México, Evangelista (1980) encontró que esta agua contiene una gran cantidad de materia orgánica por llevar los desechos de uso domésticos y son portadoras de fertilizantes orgánicos.

Debido a que la población urbana, los industriales y los agricultores compiten por la misma agua, éstos últimos deben aprender a usar menos agua y buscar otras fuentes de ella para satisfacer las necesidades de riego. Sanderson, (1986) menciona que las aguas negras contienen sustancias que pueden ser tóxicas para el hombre, pero benéficas para los cultivos hortícolas.

El uso de las aguas residuales municipales puede tener varias ventajas: si las aguas son de alto contenido de Ca y Mg, favorecen la agregación del suelo; el nitrógeno, fósforo y potasio, suelen venir en esta agua. Son nutrientes importantes para las plantas y sólo el nitrógeno eventualmente puede causar problemas de succulencia, el excesivo crecimiento vegetativo, retraso en la floración y la fructificación, bajo contenido de azúcares en los frutos; el cobre, níquel y zinc comúnmente son metales pesados esenciales para el hombre, los cuales siempre están contenidos en las aguas negras en niveles permisibles aún en el agua potable (1.0, 0.5 y 0.3 ppm respectivamente). Además los metales pesados absorbidos por la planta son retenidos por la raíz, una pequeña fracción llega a los tallos, otra cantidad menor llega a las hojas y es todavía menor la que llega a los frutos (Kirkham, 1986).

2.14. Efectos de las Aguas Residuales en la Agricultura

Morales (1995) menciona que un aumento en la población y su interés en hacen necesaria la utilización de todas las aguas disponibles. La calidad del agua para riego está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contengan, por lo que se debe tener mucho cuidado para prevenir que la salinidad o la sodicidad afecten las zonas de riego.

Las directrices para el riego no restringido incluyen el mismo requerimiento para los huevos de helmintos y una concentración máxima geométrica de 1000 coliformes fecales por ml.

El uso de las aguas residuales en la agricultura y acuicultura constituye una de las herramientas más valiosas que tienen los países en vías de desarrollo para controlar la contaminación y hacer frente al reto que constituye incrementar la producción agrícola con un recurso hídrico escaso. Las aguas residuales para el riego y piscicultura; de gran valor económico en áreas desérticas o con estiajes prolongados. Los nutrientes presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizante y aumenta el rendimiento de los cultivos. Estos nutrientes se conservan en el protoplasma de las algas al tratar las aguas residuales en lagunas de estabilización. La aplicación de aguas residuales, crudas o previamente tratadas al suelo, campos de cultivo o estanques de piscicultura constituye en sí un tratamiento adicional que mejora la calidad de la misma (Sáenz, 1997).

Raya (2000), Menciona el rendimiento en ton/ha de cultivos regados con agua residual y agua blanca(cuadro No.2.8).

Cuadro 2.8. Rendimientos en ton/ha de cultivos regados con agua blanca y residual. Raya(2000).

Cultivo	Aguas Negras	Aguas blancas
Alfalfa	120.0	70.0
Maíz	5.0	2.0
Frijol	1.0	1.3
Trigo	3.0	1.8
Cebada	4.0	2.0
Avena forrajera	22.0	12.0
Tomate	35.0	18.0
Ají	12.0	7.0

2.15. Las Aguas Residuales como Fuente de Fertilización

Ríos y Aceves(1979) afirman que el tipo de agua es un factor muy importante puesto que los análisis efectuados en muestras de agua residuales y observaciones directas hechas a los cultivos regados con ellas, demuestran que su acción es solamente benéfica para el incremento de las cosechas por la cantidad tan apreciable de nutrientes que traen en disolución y suspensión y además por que los residuos orgánicos modifican las características físicas de los suelos, por ejemplo, aumentando la capacidad de retención de humedad en los suelos arenosos y haciendo más permeables los suelos arcillosos.

El nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales es una excelente fuente de fertilización. El rendimiento de los cultivos que se riegan con aguas residuales es mayor que en aquellos que se riegan con aguas normales (Papadopulos y Slylianou, 1988). La dispersión del nitrógeno del afluente tratado es más alta que la de los afluentes no tratados o los que han sido estabilizados usando otros métodos. El rendimiento de los cultivos que demandan altas cantidades de nitrógeno, como el maíz, se incrementa por efecto del riego con aguas residuales (Demuynck et al, 1985).

Jungersen (1991) señala que el Instituto Danés para la Tecnología Pesquera, anteriormente Instituto de Aguas de Cultivo Danés, ha estado en un proyecto llamado "Tratamiento de aguas verdes de desecho" desde 1988. El objetivo principal del proyecto es investigar las posibilidades de uso de las aguas de desecho como la base para la producción de cultivos bajo invernadero. El agua de desecho contiene una mayor cantidad de nutrientes, 100 mg, de nitrógeno / litro y 10 a 15 mg de fósforo/ litro por lo que representa una fuente de agua y nutrientes para la producción de cultivos. El potencial de desarrollo, el índice de rendimiento y la absorción de nutrimentos han sido demostrados para diferentes cultivos extensivos como maíz, en ornamentales como geranio y crisantemo y en tomate.

Debido a que la población urbana, los industriales y los agricultores compiten por la misma agua, estos últimos deben de aprender a usar menos agua y a buscar otras fuentes para satisfacer las necesidades de riego. En ese contexto, el uso de las aguas residuales representa una alternativa de solución. Contienen metales pesados y otras sustancias que pueden ser tóxicas para el hombre pero benéficas para los cultivos hortícolas. El fósforo y el nitrógeno son contaminantes de las aguas residuales de ríos y lagos, los cuales, sin embargo, mediante el riego pasan a ser nutrientes para las plantas, reduciendo de este modo la contaminación que su descarga superficial (Sanderson, 1986).

2.16. Usos Agrícolas de las Aguas Residuales

Principales cultivos:

- Silvicultura.
- Forrajes, hierbas, alfalfa, etc.
- Maíz, trigo, cebada, caña de azúcar, remolacha.
- Menta, algodón, tabaco.

Sólo con buen manejo de alto grado de tratamiento:

- Frutas
- Vegetales

Jungersen (1991), menciona en el cuadro No.2.9. después de investigar las posibilidades de uso de las aguas de desecho como la base para la producción de cultivos los rendimientos obtenidos.

Cuadro No. 2.9. Rendimientos en ton/ha, mayores debido a los nutrientes de las aguas residuales (México) Jungersen (1991).

Cultivo	Aguas Residuales	Aguas Blancas
Alfalfa	120.0	70.0
Fríjol	1.0	1.3
Trigo	3.0	1.8
Cebada	4.0	2.0
Maíz	5.0	2.0
Avena forrajera	22.0	12.0
Tomate	35.0	18.0

2..17. Resultados de Trabajos Realizados con Aguas Residuales

Un estudio con semillas de betabel, zanahoria, coliflor, cilantro, lechuga, espinaca, nabo y rábano, sembradas a una distancia de 10 cm y a una profundidad de 2 cm, el contenido de humedad se mantuvo a 75 por ciento de capacidad de campo del terreno. Se estudió el efecto de las aguas residuales diluidas (1:1) en aguas bombeadas y aguas dulces. Los cultivos fueron cosechados ocho semanas después, excepto el cilantro que fue cosechado a las seis semanas. De acuerdo con la evaluación visual, el crecimiento fue mejor en las hortalizas regadas con aguas

residuales. Sin embargo, el porcentaje de germinación fue mayor en las hortalizas regadas con aguas dulces (Jungersen, 1991).

En el experimento de hortalizas regadas con agua residual, la calidad del fruto fue mejor (Shaguffa, 1988). Otro experimento de campo en 1995 en Larissa, Grecia, se irrigó maíz con aguas residuales, con y sin fertilizante de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). El agua residual tratada sin fertilizante dio mejores rendimientos, que el agua normal sin fertilizante, mientras los tratamientos con fertilizante dieron rendimientos similares sin tener en cuenta la fuente de agua. No se lixivió nitrato del nitrógeno del agua residual de la zona radicular. En Nueva Zelanda, desde 1991, se está utilizando agua residual, con tratamiento terciario que sirve para irrigar 242 ha de bosque que actualmente es manejado por Fletcher Desafío Bosques para la producción de pino radiata (*pinus radiata*). El agua residual proporciona nitrógeno y fósforo al cultivo de pinos (Tsadilas y Chayzoulakis, 1999).

Agustín *et al.*, (1998) señalan que en un experimento donde se probó la resistencia de árboles de álamo al *scripta de Chrysomela*. Se probaron cinco clones de *Populus* en invernadero para efectos de supervivencia, peso del pupal fresco y tiempo de desarrollo de *scripta*. Se regó con agua residual y limpia se midió la concentración foliar de nitrógeno, dureza de la hoja y elementos como P, Mn, Ca, Mg, Na y K. En todos estos aspectos existió diferencia entre los árboles regados con

agua residual y agua limpia, presentando mejores resultados los regados con agua residual.

Los efluentes del sistema de drenaje de la ciudad de Lubbock, Texas, EE.UU. se usaron para irrigación como un caso de estudio. A partir de éste se desarrolló un modelo de optimización dinámico para determinar el sistema óptimo del efluente, quitando todos los materiales en suspensión. Los resultados indican que los cultivos que más se adaptarán a este tipo de agua fueron, alfalfa, trigo, maíz, trigo y algodón. (Segarra *et al.*, 1998).

2.18. Riesgos para la Salud por el Uso de Agua Residual

Las aguas residuales de tipo doméstico que son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema en la salud pública. Entre las principales enfermedades que se propongan por este mal manejo de las aguas residuales están las diarreas, la amibiasis, giardiasis etc. (Sáenz, 1997). El uso de aguas residuales para el riego de cultivos de consumo humano incrementa los factores de riesgos para la salud de la población, como son las situaciones endémicas de diarreas, parasitismo, fiebre tifoidea, salmonellosis y cólera (Moscoso y Lázaro, 1997).

Un estudio realizado en el Valle del Mezquital (Hidalgo, Méx.) con un grupo de familias que realizaban actividades agrícolas con agua residual proveniente de la ciudad de México, encontraron que el riesgo de

infección por *Ascaris lumbricoides*, así como la prevalencia de las enfermedades diarreicas fueron notablemente altas en el grupo de niños menores de cinco años con un porcentaje del 29 por ciento, mientras que en los individuos mayores de cinco años no mostraron riesgo excesivo. Basta decir que la prevalencia de este grupo de edad fue del seis por ciento (Cifuentes *et al.*, 1999). El uso indiscriminado de aguas residuales crudas en el riego de cultivos de consumo humano está relacionado con las altas tasas de mortalidad por gastroenteritis, disentería y helmintiasis (Castro y Flores, 1997).

Los mismos autores mencionan que la falta de conocimientos sobre el riesgo para la salud que conlleva el uso de las aguas crudas en el riego de cultivos para consumo humano y en los agricultores expuestos, lleva a las siguientes consideraciones:

- La probabilidad de presencia de indicadores de contaminación fecal y parásitos en los productos agrícolas de consumo humano, está relacionada directamente con la calidad microbiológica del agua de riego.
- La calidad del agua residual no es el único factor que influye en la calidad microbiológica de los productos agrícolas, sino que además deben considerarse la falta de saneamiento básico en el lugar, hábitos de higiene, costumbres de siembra, manipulación durante la cosecha etc.

- Se ha encontrado un incremento de microorganismos días después que son cosechados los frutos en comparación con los cultivos que fueron regados con aguas blancas.
- Los análisis efectuados han demostrado que los suelos arcillosos o menos arenosos favorecen la evolución, desarrollo y supervivencia de huevos de helmintos.
- El uso agrícola de las aguas residuales sin tratar, de origen industrial, es un riesgo toxicológico potencial para la salud, debido a la naturaleza de los compuestos químicos tóxicos y a las concentraciones en las que se encuentran.

El desarrollo agrícola propone amenazas en países desarrollados y subdesarrollados. La irrigación lleva un alto riesgo de transmisión de enfermedades llevadas en el agua, particularmente más de 30 enfermedades se le han atribuido por esta vía (Hespanhol *et al.*, 1996). La aplicación de las aguas residuales a terrenos agrícolas puede originar riesgos a la salud humana debido a la presencia de metales, productos químicos orgánicos y otros compuestos tóxicos. Estas sustancias pueden entrar a la cadena alimenticia a través del alimento para el hombre o a través del alimento para animales (Sáenz, 1997).

Con el objeto de que esta agua residual tratada sea utilizada para riego agrícola, se considero la NOM-001-ECOL-1996 (Diario Oficial de la Federación, 1996) que establece los límites máximos y mínimos permisibles que nos muestran el Cuadro No.2.10.

Cuadro 2.10. Límites máximos permisibles para las aguas residuales tratadas para riego agrícola (Diario Oficial de la Federación, 1996).

PARÁMETROS	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIARIO
Grasa y aceites	15	25
Materia flotante	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables (mg/l)	1	2
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	150	200
DBO ₅ (mg/l)	150	200
Coliformes fecales(NMP/100 ML)	1000	2000
Huevos de helminto (huevos/l)	5	5
Nitrógeno total (mg/l)	40	60
Fósforo total (mg/l)	20	30
Arsénico (mg/l)	0.2	0.4
Cadmio(mg/l)	0.2	0.4
Cianuro (mg/l)	2	3
Cobre (mg/l)	4	6
Cromo (mg/l)	1	1.5
Mercurio (mg/l)	0.01	0.02
Níquel (mg/l)	2	4
Plomo (mg/l)	0.5	1
Zinc (mg/l)	10	20

Mutaz (1989) menciona que las ventajas de utilizar las aguas residuales para riego son varias. Esta opción constituye una fuente de agua bajo costo y una manera económica de desechar las aguas residuales para prevenir contaminación y problemas sanitarios; mediante el riego se permiten el uso efectivo de los nutrientes contenidos de las aguas, se infiltre en los acuíferos subterráneos, evitando, además, que éstas sean descargadas a arroyos o ríos y que vayan a parar a lagos o mares en su estado original.

En un experimento en invernadero se estudió el efecto de cadmio (Cd) (0-400 mg/kg) enriquecido con agua residual y NPK en maíz, en tres tipos de suelo. Los resultados obtenidos señalan que los rendimientos de maíz disminuyeron significativamente con el volumen de Cd, considerando que el volumen de nitrógeno en retoños y raíces se puso en correlación positivamente con el Cd para los tres tipos de suelo. La aplicación de Cd no afectó en volumen de P en el maíz significativamente (Narwal *et al.*, 1998).

Ríos y Aceves (1979) reportan en su trabajo desarrollado sobre el estudio de los suelos y aguas del Distrito de Riego 03 ubicado en Tula, Hidalgo, con el fin de estimar el grado de contaminación de los suelos, causados por los elementos tóxicos transportados por las aguas residuales de la ciudad de México como el boro y el sodio, encontrándose concentraciones muy elevadas. Con lo referente a los suelos se encontraron que eran normales sin problemas de salinidad ni de sodio,

pero se encontró que existía una mayor acumulación de boro en aquellos suelos que tenían mayor tiempo de regarse con aguas residuales. Así mismo, por los altos rendimientos de los cultivos de la región, se concluyó que habían sido mayores los beneficios que los daños ocasionados por la utilización de las aguas residuales para el riego agrícola.

El riego con aguas residuales que han recibido una depuración previa, constituye una forma económica de disposición de setos a fuentes. Esta forma de reuso permite además una utilización efectiva de los nutrientes (especialmente nitrógeno y fósforo) que contiene agua residual. La aguas residuales, tanto domésticas como industriales, son por lo general las más baratas y en algunos casos las únicas disponibles para fines de riego en zona áridas, Ríos y Aceves (1979).

2.19. Metales Pesados

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una alta densidad relativa y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb). Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra. No pueden ser degradados o ser destruidos. En un grado pequeño se incorporan a nuestros cuerpos vía el alimento, el agua potable y el aire. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (ejem. cobre, selenio, cinc) son esenciales para mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden

conducir al envenenamiento. Éste metal pesado podría resultar, de la contaminación del agua potable (ejem. Tuberías del plomo), las altas concentraciones en el aire cerca de fuentes de la emisión o producto vía la cadena de alimento. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2003).

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. Significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente. Se analizan (metabolizado) o se excretan los compuestos que se acumulan en cosas vivas que en cualquier momento se toman y se almacenan más rápidamente que ellos. Los metales pesados pueden entrar un abastecimiento de agua por medio de residuos industriales y se deposita en corrientes, lagos, ríos, etc. A continuación se describen los riesgos ambientales y de salud causados por los metales pesados en el ambiente. Los tres contaminantes más importantes son plomo, cadmio y mercurio. (ATSDR, 2003).

2.19.1. El Cadmio en el Ambiente

El Cadmio deriva sus características toxicológicas de su semejanza química con el cinc, un micro elemento esencial para las plantas, los animales y los seres humanos. El cadmio es biopersistente y absorbido una vez por un organismo, sigue siendo residente por muchos años (décadas

del excedente para los seres humanos) aunque se excreta eventualmente. En seres humanos, la exposición a largo plazo se asocia a la disfunción renal. La alta exposición puede conducir a la enfermedad obstructora del pulmón y se ha ligado al cáncer de pulmón, aunque los datos referentes al último son difíciles de interpretar debido a los diferentes factores que originan el cáncer. El cadmio puede también producir efectos en el tejido óseo (osteomalacia, osteoporosis) en seres humanos y los animales. Además, el cadmio también puede estar relacionado con un aumento de la presión arterial y efectos sobre el miocardio de los animales, aunque la mayoría de los datos humanos no apoyan estos resultados (ATSDR, 2003).

El producto diario del promedio para los seres humanos se estima como 0.15 µg en el aire y 1 µg en el agua. Fumar un paquete de 20 cigarrillos puede conducir a la inhalación alrededor de 2-4 µg del cadmio, pero los niveles pueden variar extensamente. (ATSDR, 2003).

2.19.2. ¿En qué forma está el cadmio emitido?

El Cadmio es producido como un subproducto inevitable de la refinación del cinc (o de vez en cuando plomo), puesto que estos metales ocurren naturalmente dentro del mineral crudo. Sin embargo, una vez que esté recogido es relativamente fácil de reciclar.

El uso más significativo del cadmio está en baterías de nickel/cadmio, como fuentes de energía recargables o secundarias que exhiben alta salida, vida larga, mantenimiento bajo y alta tolerancia a la tensión física y eléctrica. Las capas del cadmio proporcionan buena resistencia a la corrosión, particularmente en altos ambientes de tensión tales como usos marinos y aeroespaciales donde se requiere la alta seguridad o confiabilidad; la capa se corroe más fácilmente si está dañada. Otras aplicaciones del cadmio están como pigmentos, estabilizadores para el PVC, en aleaciones y los compuestos electrónicos. El cadmio está también presente como impureza en varios productos, incluyendo los fertilizantes del fosfato, los detergentes y los productos de petróleo refinados.

En general en la población no fumadora el camino principal de la exposición está a través de alimento, con la adición del cadmio en el suelo por vía agrícola desde varias fuentes (deposición atmosférica y aplicaciones fertilizantes) y el alimento y los forrajes verdes. La exposición adicional a los seres humanos se presenta a través del cadmio en el aire y agua potable (ATSDR, 2003).

2.19.3. El Cromo en el Ambiente

El cromo se utiliza en el cemento, aleaciones del metal y los pigmentos para las pinturas, el papel, el caucho, y otros materiales. La exposición baja puede irritar la piel y causar la ulceración. La exposición a

largo plazo puede causar daño al riñón y el hígado, y el daño prolonga problemas en el sistema circulatorio y el tejido fino nervioso. El cromo se acumula a menudo en la vida acuática, agregando el peligro de comer los pescados que pudieron haber sido expuestos a los altos niveles del cromo, (ATSDR, 2003).

2.19.4. El Cobre en el Ambiente

El cobre es una sustancia esencial a la vida humana, pero en altas dosis puede causar anemia, daño del hígado y del riñón y la irritación del estómago e intestino. La gente con la enfermedad de Wilson tiene mayor riesgo para los efectos en su salud por la sobre exposición al cobre. A aparece normalmente en agua potable de las tuberías de cobre, también para controlar el crecimiento de algas. (ATSDR, 2003).

2.19.5. El Plomo en el Ambiente

En la exposición de los seres humanos al plomo pueden dar lugar a una amplia gama de efectos biológicos dependiendo del nivel y duración de la exposición. Los diferentes efectos ocurren sobre una amplia gama de dosis, con el feto que se convierte en infante que es más sensible que el adulto. Los altos niveles de la exposición pueden dar lugar a efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos que alternadamente causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, de efectos sobre los riñones, del aparato gastrointestinal, del sistema reproductivo y daños agudos o crónicos al sistema nervioso, (ATSDR, 2003).

El envenenamiento por plomo el cual es tan severo como demuestran las enfermedades que puede producir, es muy raro ahora. En las concentraciones intermedias, sin embargo, hay evidencia persuasiva que conducen a tener efectos pequeños, sutiles, subclínicos, particularmente en progresos neuropsicológicos en niños. Algunos estudios sugieren que pueda haber una pérdida de hasta 2 puntos del índice de inteligencia para una subida del nivel de plomo en la sangre a partir del 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en niños jóvenes. El producto de plomo diario del promedio para los adultos en el Reino Unido se estima en 1.6 μg del aire, de 20 μg del agua potable y de 28 μg del alimento. Aunque la mayoría de la gente recibe la cantidad más grande de plomo en el alimento, en poblaciones específicas otras fuentes pueden ser más importantes, por ejemplo el agua en áreas con instalación de tubos de plomo y el agua completamente solvente, ventila cerca del punto de las emisiones fuente, del suelo, del polvo, de las escamas de la pintura en viejas casas o de la tierra contaminada. El plomo en el aire contribuye altos niveles en alimento con la deposición del polvo y lluvia que contiene el metal, en las cosechas y el suelo, (ATSDR, 2003).

2.19.6. ¿En qué forma está el plomo emitido?

El plomo en el ambiente se presenta de fuentes naturales y antropogénicas. La exposición puede ocurrir a través del agua potable, del alimento, del aire, del suelo y del polvo de la vieja pintura que contiene plomo. La población adulta no fumadora tiene como principal

fuente de exposición el alimento y agua. El alimento, el aire, el agua y polvo y tierra son los caminos potenciales principales de la exposición los infantes y los niños jóvenes. Para los infantes hasta 4 ó 5 meses de la edad, el aire, las fórmulas de la leche y el agua son las fuentes significativas. El plomo está entre los metales no ferrosos reciclados y su producción secundaria por lo tanto ha crecido constantemente a pesar de que los precios se declinaban. Sus características físicas y químicas se aplican en las industrias de la fabricación, de la construcción y del producto químico. Se forma y es fácilmente maleable y dúctil. Hay ocho amplias categorías del uso: baterías, añadidos de la gasolina (permitidos en E.U.A.) productos rodados y sacados, aleaciones, pigmentos y compuestos, cable que forra, tiro y munición (ATSDR, 2003).

2.19.7. El Níquel en el Ambiente

Las cantidades pequeñas de níquel son necesitadas por el cuerpo humano para producir las células rojas en la sangre. Sin embargo, en cantidades excesivas, pueden llegar a ser suavemente tóxicos. La sobre exposición a corto plazo al níquel no causa ningún problema de salud, pero la exposición a largo plazo puede causar aumento en el peso corporal y el daño es manifestado en el corazón y el hígado, así como una disminuida irritación de piel. La Environmental Protection Agency (EPA) no regula actualmente niveles del níquel en agua potable. El níquel puede acumularse en vida acuática, pero su presencia no se magnifica a lo largo de cadenas de alimento.

2.19.8. ¿Qué es el níquel?

El níquel es un elemento natural muy abundante. El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado que puede combinarse con otros metales, tales como el hierro, cobre, cromo y cinc para formar aleaciones. Estas aleaciones se usan para fabricar monedas, joyas, y artículos tales como válvulas e intercambiadores de calor. La mayor parte del níquel se usa para fabricar acero inoxidable. El níquel puede combinarse con otros elementos, como por ejemplo el cloro, azufre y oxígeno para formar compuestos de níquel. Muchos compuestos de este elemento se disuelven fácilmente en agua y son de color verde. Los compuestos de níquel se usan en niquelado, para colorear cerámicas, para fabricar baterías y como catalizadores, que son sustancias que aumentan la velocidad de reacciones químicas. El níquel se encuentra en todos los suelos y es liberado por emisiones volcánicas. También se encuentra en meteoritos y en el suelo de los océanos. Éste y sus compuestos no tienen olor ni sabor característicos. (ATSDR, 2003).

2.19.9. ¿Cómo reducir el riesgo de exposición al níquel ?

Para la población general, las exposiciones de otras fuentes, como por ejemplo los alimentos y el agua potable, son casi siempre demasiado bajas para causar preocupación. La Environmental Protection Agency (EPA) recomienda que el agua potable contenga no más de 0.7 mg/l.

2.19.10. ¿Cómo puede perjudicar el Níquel en la salud?

El efecto adverso más común de exposición al níquel en seres humanos es una reacción alérgica. Aproximadamente 10-15 por ciento de la población es sensible al níquel. Las personas pueden sensibilizarse a él cuando hay contacto directo de la piel con joyas u otros artículos que lo contienen. Una vez que una persona se ha sensibilizado al níquel, el contacto adicional con el metal producirá una reacción. La reacción más común es un salpullido en el área de contacto. El salpullido también puede aparecer en un área lejos del sitio de contacto. Con menor frecuencia, algunas personas que son sensibles al níquel sufren ataques de asma luego de exposición a éste. Algunas personas sensibilizadas reaccionan cuando lo ingieren en los alimentos o el agua o cuando respiran polvo que contiene níquel. (ATSDR, 2003).

Algunas personas que trabajan en refinerías de níquel o plantas que lo procesan han experimentado bronquitis crónica y alteraciones del pulmón. Estas personas inhalaron cantidades de níquel mucho más altas que los niveles que se encuentran en el ambiente. Algunos trabajadores que tomaron agua que contenía altos niveles de níquel sufrieron dolores de estómago y efectos adversos en la sangre y los riñones,(ATSDR, 2003).

En ratas y ratones que respiraron compuestos de níquel se han observado daño de los pulmones y de la cavidad nasal. Comer o beber grandes cantidades de níquel ha producido enfermedad del pulmón en

perros y ratas y ha afectado el estómago, la sangre, el hígado, los riñones y el sistema inmunitario, como también la reproducción y el desarrollo, (ATSDR, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Geográfica

El presente trabajo se realizó en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en Buenavista, Saltillo, Coah. ubicado a 25° 22” Latitud Norte, y 101° 00” Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 1742 msnm (Mendoza, 1999).

3.2. Clima

Según la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García (1987) en el área de ubicación de los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” se presenta un clima de dos tipos:

BWhw (x') (e) corresponde a un clima muy seco, semicálido, presentando un invierno fresco y en ocasiones extremoso con lluvias en verano, presentando una Precipitación invernal superior al 10 por ciento de la media del total anual que es de 298.5 mm; presentando una temporada de lluvias que va del mes de Junio a Octubre, siendo el más lluvioso y más abundante es de Julio y el más seco el mes de Marzo. De igual manera presenta heladas en el mes de Noviembre y muy severas en Noviembre y Diciembre y aun más intensas y frecuentes en Enero llegando hasta -10°C , terminando en Marzo.

3.3. Suelo

Es de textura arcillosa; son suelos que tienden a compactarse con el agua, también muestran con un contenido alto de carbonatos.

3.4. Establecimiento del Experimento y labores de cultivo

Los materiales utilizados fueron.

Charolas de germinación

Sustratos

Semillas

Bolsas de plástico y papel

Azadón

Rastrillo

Palas

Talache

Estacas, rafia y mazo

Maya para cercar

Cubeta de 20 litros

Regadera

Manguera de ½ pulgada

Tanque para agua

Cinta métrica

Báscula

Material y equipo de laboratorio

3.4.1. Condiciones Climáticas durante el Ensayo

Durante el ciclo primavera – verano (de abril a mayo del año 2004) la temperatura media máxima fue de 27.7 °C y 14.2 °C como media mínima. La máxima extrema de 35 °C en el mes de mayo y la mínima extrema 5 °C, en mes de octubre. La precipitación media que se presentó durante estos meses e de 15.7 mm.

Una de las consideraciones esenciales para asegurar el éxito del nacimiento y un buen desarrollo de los cultivos es la preparación del terreno.

3.4.2. Rastreo. Tuvo como objetivo “mullir” lo mejor posible el terreno, dándose un doble paso de rastra para facilitar la siembra y emergencia de las plántulas.

3.4.3. Nivelación. Se realizó con el fin de tener una buena distribución del agua de riego.

3.4.4. Trazo de Línea de Riego y Distribución de Parcelas

Se realizó el levantamiento de bordos a lo ancho del terreno con la finalidad de dividir las parcelas. Se hicieron completamente al azar (Anexo A) de acuerdo con las dimensiones del terreno de 14 m de ancho y 40 m de largo; así mismo se trazaron las parcelas de 4 m, dejando un espacio libre de 2 m entre las parcelas, evitando con esto posibles infiltraciones de las aguas de riego utilizadas.

3.4.5. Producción de Plántula

La producción de plántula, se empezó, por obtener la semilla de brócoli, el híbrido de la variedad GREEN BELT, a su vez se realizó una mezcla de sustratos que fueron peet moos y vermiculita con los que se sembraron cuatro charolas de germinación de 200 cavidades, comenzando por colocar dos semillas en cada cavidad para asegurar la producción el día 22 de Febrero de 2004, teniendo una estancia de 27 días de crecimiento en invernadero de esta misma institución, para el día 03 de Abril del presente año, se trasplantó con la técnica tres bolillo en el lugar definitivo en suelo seco, dándole un riego pesado al final de la actividad.

3.5. Labores Culturales

3.5.1. Deshierbe

Se eliminaron malezas con azadón, para evitar la contaminación de enfermedades, alojamiento de insectos y sobre todo para no perder nutrientes por causa de malas hierbas.

3.5.2. Escarda

En los suelos que tenemos es muy importante llevar acabo esta actividad, pues son suelos arcillosos y tienden a compactarse rápidamente con el riego y con el paso de las personas.

3.5.3. Aporque

La idea de acercar tierra a la planta es para cubrirla de la intemperie y la raíz este en la superficie, esto puede ser provocado por erosión hídrica en el momento de los riegos.

3.5.4. Riego

Después de la siembra y trasplante los riegos de auxilio se aplicaron de acuerdo a los requerimientos del cultivo, realizándose en las parcelas testigo con una frecuencia de ocho días con agua limpia y con agua residual cada 14 días con un tiempo medio de 30 minutos al inicio del cultivo, incrementándose la frecuencia y tiempo de acuerdo a las etapas fenológicas y por el incremento de la temperatura.

3.6. Control de Plagas

El control de plagas fue ya en la parte final del ciclo del cultivo; solo se tubo la presencia de la chinche dorada, que de inmediato fue controlada con una dosis de 0.4 ml/l de Confidor y 1.5 ml/l de Dimetoato, para 20 L. con mochila aspersora.

3.7. Variables a Evaluar

3.7.1. Suelo

Se hizo un muestreo el suelo para determinar sus propiedades físicas como Textura, densidad aparente, fertilidad y salinidad; así como de materia orgánica, que es medianamente rico en nitrógeno, fósforo y potasio, el pH es ligeramente alcalino y una densidad aparente entre 1.1 y 1.3 gr/m³ de igual manera se determino su contenido final de metales pesados.

3.7.2. Agua de Riego

Se usó agua de la serie de lagunas de estabilización, así como agua natural, la cual proviene de un pozo profundo de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila, las que se analizaron al inicio del trabajo de investigación para determinar la calidad de ambas, la presencia de bacterias y el contenido de coliformes para así determinar su uso agrícola; así como el contenido de metales pesados. Estos análisis se realizaron en el Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), así como también en los laboratorios de la División de Ingeniería e la Universidad.

3.7.3. Cultivo

Se tomaron las plantas al azar de cada repetición de ambos tratamientos; se empezó por medir el diámetro de cobertura vegetal, así como la altura de la planta con el fruto, esto se realizó para cada una de las plantas que se escogieron por cada repetición de ambos tratamientos. Posteriormente de esas plantas que se les tomaron los datos agronómicos ya mencionados con anterioridad, se cortó la cabeza de brócoli, midiendo de ésta el diámetro del fruto, peso y altura, tomando en cuenta los aspectos físicos que presentaba; así mismo se realizó este procedimiento para las demás plantas; una vez, recopilados los datos agronómicos, se procedió a estimar el rendimiento; para ello nos apoyamos en el programa Estadístico de la Universidad de Nuevo León, donde el modelo nos va pidiendo los datos, asignándole el nombre de la variable a evaluar y así mismo se hace la comparación de medias donde se determinara si es estadísticamente diferente el tratamiento uno de agua residuales al tratamiento dos de agua limpia, para hacer la prueba

de comparación múltiple de medias, utilizamos la prueba Tukey, esta prueba se usa para hacer todas las comparaciones con t tratamientos y es válida cuando las repeticiones están completas, (Padrón,1996).

3.8 Diseño Experimental

Este trabajo de investigación se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, con dos tratamientos y siete repeticiones, como parcela útil se tomaran las plantas de las camas de en medio, en las cuales se midieron las variables bajo estudio.

Dicho modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i=1,2$ Tratamientos

$j=1,2,3,\dots,7$ Repeticiones

Y_{ij} = Variable aleatoria observable correspondiente al i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición.

μ = media general

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Componente aleatorio de error

También se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características del Suelo

El aspecto más importante es el de fertilidad inicial, ya que no existen problemas de salinidad pero es de observar que debido a la textura pesada es factible el ensalitramiento. El grado de fertilidad es bueno como puede observarse en Anexo B.

4.1.1. Metales Pesados en el Suelo

El cuadro No.4.1 nos muestra el resultados de análisis de laboratorio para determinar el contenido de metales pesados en el suelo y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana-001-ECOL/1993 establece un promedio mensual de Cobre de 4 mg/l y uno diario de 6.0 mg/l; de Níquel un promedio mensual de 2 mg/l y 4 mg/l el diario; de igual forma el cromo 0.5 mg/l y 1.0 mg/l respectivamente.

Cuadro No. 4.1. Contenido de metales pesados en el suelo (ppm).

Residual	Cu	Ni	Cr
Ti	10	92	4
TII	10	142	6
TIII	12	388	4
TIV	8	66	4
TV	10	104	8
TVI	8	94	2
TVII	8	62	4
Limpia	Cu	Ni	Cr
Ti	12	168	
TII	10	114	
TIII	12	84	
TIV	12	148	
TV	14	120	
TVI	6	32	
TVII	12	120	

Estos resultados fueron multiplicados por la cantidad de agua de aforación y divididos por los gramos de suelo utilizados, por lo tanto se puede decir que este suelo está contaminado por los elementos pesados, para ambos tratamientos, aclarando que una parte del experimento fue regada con agua limpia y los resultados nos muestran un contenido de metales pesados, lo cual se puede concluir que estos suelos anteriormente fueron regados con agua residual, el cual fue acumulando estos elementos, no causando problema por su baja disponibilidad determinada por el valor alto de pH (Anexo B).

4.2. Manejo del Agua de Riego

En total se les aplicaron 12 riegos de auxilio con agua limpia con una lamina de 4 cm cada uno. Estos riegos se realizaron utilizando una manguera de plástico de ½ pulg. De diámetro por la cual se condujo el agua desde un tinaco ubicado a un costado del experimento. En el cuadro No. 4.2. se muestra la aplicación de 12 riegos de auxilio.

Cuadro 4.2. Tiempo, volumen y fecha de los riegos en el tratamiento de riego con agua limpia.

Minutos	Volumen L/Ha/Riego	Fecha de Riego
30	40000	03-Abril-04
30	40000	10-Abril-04
30	40000	17-Abril-04
45	40000	24-Abril-04
45	40000	01-Mayo-04
45	40000	08-Mayo-04
60	40000	15-Mayo-04
60	40000	22-Mayo-04
60	40000	26-Mayo-04
60	40000	29-Junio-04
70	40000	07-Junio-04

El cuadro No.4.3 muestra los riegos con aguas residuales que se establecieron cada 14 días y en total se dieron seis riegos de auxilio. Estos fueron por gravedad o agua rodada a través de un canal trazado desde el estanque de aguas residuales, hasta las parcelas

Cuadro No. 4.3. Numero de riegos, laminas, volumen de agua y fecha de riego, en el tratamiento de riego con agua residual.

No.Riegos	Lr. Aproximada (cm)	Lts.agua/riego/ha	Fecha de Riego
1°	8	900,00	03-Abril-04
2°	8	900,00	12-Abril-04
3°	8	900,00	26-Abril-04
4°	8	900,00	10-Mayo-04
5°	8	900,00	31-Mayo-04
6°	8	900,00	07-Junio -04

En los cuadros anteriores se muestra en forma clara que el consumo de agua en el tratamiento de agua residual fue mayor con diferencia de 600,000 litros del tratamiento dos de agua normal, esto nos indica que en el uso del agua normal en el cultivo, se le puede dar un uso más eficiente.

4.2.1. Caracterización de las Aguas Residuales

Para determinar la calidad del agua de riego se utilizaron los resultados reportados de las muestras compuestas, por los laboratorios del departamento de Riego y Drenaje y del Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA). Los procedimientos utilizados para los análisis de las muestras colectadas se apegaron a la normatividad oficial mexicana a la última edición de los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales, en cuadro No. 4.4 menciona la calidad agronómica del agua utilizada para el riego de este cultivo de acuerdo con los autores.

Cuadro No. 4.4. Calidad agronómica del agua de riego.
Aceves y Palacios (1970)

Determinación	Residual	Limpia
Conductividad Eléctrica	C3	C2
Salinidad Efectiva (SE)	Condicionada	Condicionada
Salinidad Potencial (SP)	Condicionada	Condicionada

A continuación se presenta el cuadro No. 4.5. que nos muestra los resultados químicos de dos tipos de agua utilizadas en él experimentó.

Cuadro No. 4.5. Caracterización química de dos tipos de agua.

PRUEBA	AGUA TRATADA Contenido	TESTIGO Contenido
Nitrógeno de Nitritos	0.005 mg/l	0.046 mg/l
Grasas y Aceites	8.0 mg/l	<2 mg/l
Acidez y Alcalinidad	Acidez = 18 ^(b) Acidez = 450 ^(c) Alcalinidad Total = 619 Mg/l como CaCO ₃	Acidez = 1 ^(b) Alcalinidad Total = 365 Mg/l como CaCO ₃
Color	UNIDADES DE COLOR Pt- Co 75 (APARENTE) 50 (VERDADERO)	UNIDADES DE COLOR Pt- Co 2.5 (APARENTE) 2.5 (APARENTE)
D.B.O ₅	52 mg/l	10.3mg/l
Coliformes totales /coliformes fecales	N.M.P./100 cm ³ 150000/4000	N.M.P./100 cm ³ 210/<3
Oxígeno disuelto	46.1 mg/l	N.P.
pH en agua	7.52	7.93
Conductividad del agua	1412 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	793 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$
Cloro libre residual	<0.01 mg/l	<0.01
Nitrogeno total de Kjeldahl en agua	33.40 mg/l	0.94 mg/l
Nitrógeno de nitrato	0.10 (d)	0.21
Sólidos sedimentables	<0.1mL/L	No presento
Mercurio (Hg) (absorción atómica)	0.0079 ppm	0.0069 ppm
Arsénico (As) (absorción atómica)	N.D.	N.D.
Cadmio	N.D.	N.D.
Cobre	0.019 ppm	0.0193 ppm
Cromo	0.0203 ppm	N.D.
Niquel	0.7463 ppm	0.3408
Plomo	N.D.	N.D.
Zinc	N.D.	N.D.

^(a)Límite de detención del método

^(b)acidez al indicador de fenolftaleína

^(c)acidez al indicador anaranjado de metilo

Determinación de Nitrógeno ^(d) Filtración de muestra por presencia de sólidos.

N.P = No presenta oxígeno disuelto

N.D. = No detectado de acuerdo al estándar de menor concentración utilizado en la curva de calibración de 0.05 p.p.m. para Plomo, Cadmio, Cromo, Zinc, Cobre y el estándar de menor concentración usado en la curva de calibración para el Arsénico es 0.025 p.p.m.

4.2.2. Calidad de las aguas utilizadas para riego.

La Calidad del agua limpia fue **C2**; Aceves y Palacios (1970) establecen que esta clase debe usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales. De tal forma que para la clase **C3** (agua residual) no debe utilizarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se puede necesitar prácticas especiales de control de la salinidad debiendo, por tanto, seleccionarse únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales, por lo tanto el cultivo del brócoli es tolerante a las mismas (AnexoC).

4.2.3. Coliformes Fecales

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-AA-034. En Aguas – Determinación del Número más Probable de Coliformes Totales y Fecales –Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el diario oficial de la federación el 22 de junio de 1987. Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelos (uso riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente y de acuerdo con los resultados (Cuadro No. 4.5). El agua residual sobrepasa los límites máximos permisibles, por lo que el agua limpia nos reporta menor que 3 NMP de coliformes, de acuerdo con esto las bacterias no pueden ser absorbidas por la planta, estas se hacen presentes en forma

externa, por ello hay que lavar y desinfectar muy bien los frutos para su consumo para no tener algún riesgo de enfermedad gastrointestinal.

4.3. Rendimiento del Cultivo

En el cuadro No. 4.6. se muestran datos obtenidos del cultivo del brócoli al ser regados con agua residual, considerando las variables de observación, estimando la media para cada variable, ya que se tomaron ocho plantas por cada repetición.

De igual forma en el cuadro No. 4.7 se muestran datos obtenidos del cultivo del brócoli al ser regados con agua de pozo, considerando las variables de observación, estimando la media para cada variable, ya que se tomaron ocho plantas por cada repetición.

Cuadro No.4.6. Datos de medias, del tratamiento de aguas residuales (peso, diámetro, Largo, Color).

No.	Peso (grs)	Diámetro(cm)	Largo(cm)	Color
1	717.1625	18.875	18	Verde Bandera
2	592.425	18.375	16.875	Verde Bandera
3	530.6875	17	17.125	Verde Bandera
4	747.175	19.375	18.125	Verde Bandera
5	589.625	18	17	Verde Bandera
6	438.4625	14.875	15.75	Verde Bandera
7	498.1875	17.375	16.375	Verde Bandera

Cuadro No. 4.7. Datos de medias del tratamiento de agua de pozo (Peso, diámetro, largo, Color).

No.	Peso (grs)	Diámetro(cm)	Largo(cm)	Color
1	477.0625	16.875	15.25	Verde Claro
2	452.025	15.5	14.625	Verde Claro
3	444.4375	13.625	12.375	Verde Claro
4	508.925	17.375	15.75	Verde Claro
5	489.6875	13.875	14.25	Verde Claro
6	480.5	15.25	14.5	Verde Claro
7	423.875	15.875	15.625	Verde Claro

El rendimiento del cultivo regado con agua residual fue bueno por su alto contenido de materia orgánica y aportación de algunos nutrientes,

así como se pudieron observar plantas de alto vigor, buen tamaño y apariencia, como consecuencia del contenido orgánico de estas aguas, como se observa y se compararon los datos con el tratamiento dos de agua limpia, donde se utilizó agua de pozo profundo, mostrando bajo rendimiento en comparación con el de aguas residuales, así como también se pudo observar en los cuadros anteriores los datos que muestran la gran diferencia que existe en peso, tamaño y altura.

Al desarrollar el ANVA para la variable de respuesta peso del fruto se encontró significancia entre tratamientos ($P < 0.05$) como se observa el en cuadro No.4.8.

Cuadro No.4.8. El Análisis de varianza de ambos tratamientos, teniendo como variable el peso del fruto.

Factor de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_c	$P > F$	F_t	
						5 %	1 %
TRATAMIENTOS	1	50066.500000	50066.50000	10.2338	0.018	13.75	5.99
BLOQUES	6	51542.000000	8590.333008	1.7559	0.255	8.47	4.28
ERROR	6	293537.75000	4892.291504				
TOTAL	13	130962.25000					
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	13.25						

El análisis nos muestra una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos de agua residual y agua limpia, así mismo se realizó la comparación de medias con la prueba Tukey, con un nivel de significancia al 0.05, donde refleja estadísticamente que el tratamiento uno (aguas residuales) es mejor que el tratamiento dos (agua limpia) de tal forma que el ANVA nos dice que con el tratamiento de aguas

residuales, se obtuvo un mejor rendimiento en cuanto a la variable peso, así mismo nos muestra un coeficiente de variación de 13.25 por ciento, para esta variable, estando dentro del rango de impacto climático o condiciones ambientales que no se pudieron controlar en campo abierto.

Al realizar la comparación múltiple de medias por el método de Tukey, se encontró que el promedio de riego con aguas residuales superó ampliamente al de la normal con un 99 por ciento de confianza donde se puede apreciar en cuadro No.4.9.

Cuadro No. 4.9. Comparación múltiple de medias para la variable de respuesta peso del fruto.

Tratamientos	Media	Razón
Riego con agua residual	587.6747	A
Riego con agua limpia	468.0723	B

Al desarrollar el ANVA para la variable de respuesta diámetro del fruto se encontró significancia entre tratamientos ($P < 0.05$) como se observa el en cuadro No.4.10.

Cuadro No. 4.10. El Análisis de varianza de ambos tratamientos, teniendo como variable el diámetro del fruto.

Factor de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_c	$P > F$	F_t	
						5 %	1 %
TRATAMIENTOS	1	17.606445	17.606445	16.2028	0.007	13.75 8.47	5.99 4.28
BLOQUES	6	18.578857	3.096476	2.8496	0.114		
ERROR	6	6.519775	1.086629				
TOTAL	13	42.705078					
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	6.29%						

El ANVA, de la variable diámetro, nos muestra una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos de agua residual y agua limpia, así mismo se realiza la comparación de medias estadísticamente con la prueba Tukey, con un nivel de significancia al 0.05, donde refleja estadísticamente que el tratamiento uno de aguas residuales es mejor que el tratamiento de agua limpia, de tal forma que el ANVA nos dice que con el tratamiento de aguas residuales, se obtuvo un mejor rendimiento en cuanto a la variable diámetro estableciendo que el fruto del cultivo del brócoli al utilizar el agua residual se obtienen frutos de gran tamaño; así mismo nos muestra un coeficiente de variación de 6.29 por ciento, para esta variable que nos dice que es mínima la variación estadísticamente entre el tratamiento uno de agua residual y el tratamiento dos de agua limpia.

Al realizar la comparación múltiple de medias por el método de Tukey, se encontró que el promedio de riego con aguas residuales superó ampliamente al de riego agua normal como se aprecia en el cuadro No. 4.11.

Cuadro No. 4.11. Comparación múltiple de medias para la variable de respuesta diámetro del fruto.

Tratamiento	Media	Razón
Riego con Agua Residual	17.6964	A
Riego con Agua Limpia	15.4536	B

Al desarrollar el ANVA para la variable de respuesta diámetro del fruto se encontró significancia entre tratamientos ($P < 0.05$) como se observa el en cuadro No 4.12.

Cuadro No. 4.12. El Análisis de varianza de ambos tratamientos, teniendo como variable el largo del fruto.

Factor de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_c	P>F	F_t	
						5 %	1 %
TRATAMIENTOS	1	20.340332	20.340332	24.8180	0.003	13.75	5.99
BLOQUES	6	7.198730	1.199788	1.4639	0.327	8.47	4.28
ERROR	6	4.917480	0.819580				
TOTAL	13	32.456543					
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	5.72%						

El ANVA, de la variable largo, muestra una diferencia estadísticamente significancia entre los tratamientos de agua residual y agua limpia, así mismo se realizó la comparación de medias con la prueba Tukey, con un nivel de significancia al 0.05, y nivel de significancia al 0.01 donde refleja estadísticamente que el tratamiento de aguas residuales es mejor que el tratamiento de agua limpia. El ANVA nos dice que con el tratamiento de aguas residuales, se obtuvo un mejor rendimiento en cuanto a la variable largo estableciendo que el fruto del cultivo del brócoli al utilizar el agua residual se obtienen un fruto grande en comparación a uno producido en agua limpia; así mismo nos muestra un coeficiente de variación de 5.72 por ciento, para esta variable que nos

dice que es mínima la variación estadísticamente entre el tratamiento uno de agua residual y el tratamiento dos de agua limpia.

Al realizar la comparación múltiple de medias por el método de Tukey, se encontró que el promedio de riego con aguas residuales superó ampliamente al de riego agua normal como se aprecia en el cuadro No. 4.13.

Cuadro No 4.13. Comparación múltiple de medias para la variable de respuesta largo del fruto.

Tratamiento	Media	Razón
Riego con agua residual	17.0357	A
Riego con agua limpia	14.6250	B

4.4. Contenido de Metales Pesados Totales en el Fruto

En el Laboratorio del departamento de Suelos se analizaron las muestras compuestas, los resultados obtenidos se presentan en papel membretado del laboratorio y debidamente firmados por un responsable del mismo lugar.

Método de Análisis

La Técnica utilizada para los análisis de las muestras en lo que a metales pesados se refiere, fue la de absorción atómica, mediante la extracción con ácido Nítrico (H₂NO₃), con apego a las normas establecidas para uso agrícola o posibles riesgo para la salud.

A continuación se presenta el cuadro 4.14. que nos muestra los resultados químicos del contenido de metales pesados totales en el fruto.

Cuadro 4.14. Contenido de minerales y metales pesados en el fruto. (Expresado en ppm)

RESIDUAL	Al	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	K	Ni	Co	Na	Pb
T1	0	133	54	1,8	0	1,4	841	0,2	0,1	69	0
T 2	0	146	49	1,6	0	1,3	800	0,3	0,1	66	0
T 3	0	138	45	1,4	0	1,3	759	0,2	0,1	48	0
T 4	0	165	47	1,5	0	1,4	759	0,3	0,1	66	0
T 5	0	121	43	1,4	0	1,3	679	0,3	0,1	51	0
T 6	0	128	41	1,2	0	1,2	929	0,4	0,1	49	0
T 7	0	144	53	2	0	1,6	790	0,1	0,1	69	0
LIMPIA	Al	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	K	Ni	Co	Na	Pb
T 1	0	127	40	2,1	0	1	694	0,3	0,1	45	0
T 2	0	142	53	2,5	0	1,7	870	0,2	0,1	68	0
T 3	0	108	36	1,3	0	1	650	0,2	0,1	48	0
T 4	0	138	40	1,2	0	1,2	620	0,1	0,1	56	0
T 5	0	156	50	2,4	0	1,7	770	0,2	0,1	76	0
T 6	0	153	27	4,1	0	1,7	850	0,3	0,1	76	0
T 7	0	147	23	1,3	0	1,3	749	0,2	0,1	62	0

4.5. TOXICIDAD

En los casos particulares de metales pesados como los refleja el análisis del agua residual, hablaremos de los siguientes metales pesados.

4.5.1. Cadmio(Cd). Para el caso de este elemento, el resultado de análisis químico del agua, no reporta presencia de éste, por lo tanto, no existe ningún problema con el agua residual, utilizado en el riego del cultivo del Brócoli.

4.5.2. Cobre (Cu). Este elemento, no se encontró presente en el fruto, los análisis químicos de agua reportan un contenido de 0.019 ppm, en la lectura que se realizó al fruto del brócoli, nos reporta como un promedio general de las siete repeticiones el valor de 0.0001 ppm, lo que significa que este elemento está presente en mínimas cantidades; de acuerdo con la NOM-001-ECOL-1996, nos indica que la ingesta promedio diario es de 6 ppm y un promedio mensual de 4 ppm. Por lo tanto, no es alarmante el resultado al no existir riesgo de intoxicación por este elemento.

4.5.3. Cromo (Cr). Este elemento no fue detectable (ND) en el análisis químico del agua residual. Sin embargo la NOM-001-ECOL-1996, establece que la ingesta promedio mensual es de 1ppm y de igual forma la diaria es de 1.5 ppm. No hay riesgo de intoxicación.

4.5.4. Níquel (Ni). Es esencial para el trabajo, ya que fue el que se reportó con mayor concentración (0.7463 ppm), en el análisis químico del agua y de cierta forma es el más alarmante y si no se tiene un buen control sobre este metal, cabe la posibilidad de una intoxicación por un

contenido alto en la ingesta de este metal pesado y de acuerdo con la NOM-001-ECOL-1996, establece los límites máximos y mínimos permisibles para la ingesta en promedio diario de 4 ppm y una ingesta en promedio mensual de 2 ppm, por lo cual la lectura obtenida en el fruto fue de un promedio de .35 ppm.

4.5.5. Plomo (Pb). Este metal pesado no fue detectado(ND) en el análisis de fruto, por razón de que tampoco se encontró presente en el análisis químico del agua, por lo tanto cabe mencionar lo que establece la NOM-001-ECOL-1996, que el promedio mensual de ingesta es de 0.5ppm y un promedio diario de 1 ppm, por lo tanto se descarta la posibilidad de intoxicación por este elemento.

4.5.6. Zinc (Zn). Este elemento no fue detectado en el análisis químico del agua, por lo que se deduce que tampoco estuvo presente en el fruto; pero mencionaremos lo que establece la NOM--001-ECOL-1996, en una ingesta diario, es de un promedio de 20 ppm y uno mensual de 10 ppm.

De acuerdo con lo anterior, se descarta la posibilidad de daños por posible presencia de elementos pesados en el agua residual, lo cual significa que esta agua es apta para riego agrícola y más aun para el de hortalizas y en su caso particular del cultivo del Brócoli, ya que los resultados lo confirman. Y los demás elementos presentes, forman parte del fruto en su composición mineral de cada uno, así como la posible absorción de calcio, pero este elemento no es alarmante y se puede

mencionar, ya que los suelos donde se llevó acabo el experimento, son ricos en carbonatos.

V. CONCLUSIONES

- El agua residual puede ser utilizada para el riego en el cultivo del brócoli para lograr un alto rendimiento por los nutrimentos que aporta ya que lo demuestra el ANVA, en cada una de las variables evaluadas que se obtuvo mejor respuesta con esta agua en comparación con el agua limpia.
- En el fruto no existe riesgo alguno, se descarta la posibilidad de daños por posible presencia de elementos pesados en el agua residual, lo cual significa que esta agua es apta para riego agrícola y más aun para el de hortalizas y en su caso particular del cultivo del Brócoli, ya que los resultados lo confirman.
- El suelo esta contaminado por los elementos pesados, para ambos tratamientos, lo cual se puede decir que estos suelos anteriormente fueron regados con agua residual, el cual fue acumulando estos elementos, no causando problema por su baja disponibilidad determinada por el valor alto de pH, por ello se recomienda utilizar este tipo de agua en los lugares donde el pH es alto, ya que esto ayuda a que los metales pesados no estén disponibles para ser absorbidos por la planta.

VI. LITERATURA CITADA

- Aceves, N .E y Palacios V.O, 1970, Instructivo para el Muestreo, Registro de Datos e Interpretación de la Calidad del Agua para Riego Agrícola. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Agustin S., Wagner M.R. Chenault J., d Clancy K.M. 1998. Inleunte of the Pulp and Paper Mill. Wastereater on Chrysomela Scripta. Environmental Entomology. 26 (6) , 1327-1335. United States of America.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2003. Reseña Toxicológica del Níquel (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.
- American Water Works Association. 1968. Agua, su calidad y tratamiento. Ed. UTEHA. Mexico. 137pp.
- Bustani, A. 1994. Prevención de la Contaminación. Calidad Ambiental. 3 (2): 4-8 México.
- Castro. M.L., y A . Flores M. 1997. Evaluación de Riesgos para la Salud por el Uso de las Aguas Residuales en Agricultura. Agua Residual 6 (1): 10-12. México.
- Cifuentes E., Blumenthal U., y Ruiz P.G. 1999. Valle del Mezquital: reuso de agua residual y riesgos para la salud. Ingeniería y Ciencias Ambientales. 43: 23-28. México.
- Comisión Nacional del Agua, 1990, Manual Técnico para el Uso, Aprovechamiento y Manejo de aguas residuales en riego.
- Demuynck, J.M, Flores P.G. y Gontes, B.R 1985. Manual de la Fertilización de los Suelos. Primera Edición Edita Potash and Phosphate Institute. Irapuato, Gto. México. Pp.25-62

- Domínguez, G.R. 1986. Fertilización con Nitrógeno y Fósforo en el Rendimiento y Calidad del Brócoli. Tesis de Licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo Coah., México.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1976. Manual de tratamiento de aguas. Ed, Limusa. México. 15-18pp.
- Diario Oficial de la Federación (DOF).1996. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas Residuales y Bienes Nacionales. NOM -001-ECOL-1996.(DOF.) México.
- Dirección Gral. de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y ganadería(DGEA),1997.Sanidad Vegetal y Animal.
- Durán C.R, R. Hernández R., y E.Arana M. 1994. Efecto de las aguas Residuales en la Agricultura. Ingeniería Agrícola. 4 (2): 97-100. México.
- Evangelista G.M. 1980. Determinación Física y Química en Aguas Negras para uso Agrícola. Tesis Profesional. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal. México. 80-90p.
- García, M.E. 1987. Modificaciones del Sistemas de Clasificación Climática de Koopen (Adaptada a las Condiciones de la República Mexicana) Cuarta Edición, México, D.F.
- Gray.V.V.1982. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. S.A. de C.V. México.
- Hespanhol Y. , Pereira. L., Feddes R., Gilley J., and Lesaffre 1996. Health impacts of agriculture devolopment.. sustaninability of irrigated agriculture. Proceedings of the NATO Advenced Research Workshop, Vimeiro, 22: 21-26. Portugal.
- Jaramillo V.J.J. 2003. Situación actual del agua residual en la ciudad de Saltillo, Coah. Tesis de Maestría, U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila , México.
- Jungersen, E.R.(1991) Tratamiento de aguas de desecho. Instituto Danés de Tecnología del agua, 2 Universidad de Guadalajara.

- Kirkham, M.B. 1986. Problems of using Wastewater on Vegetables Crops. *HorScience*. 21 (1): 23-25. United States of America.
- Köppen, W.v. 1948 *Climatología*. (con estudio de los climas de la tierra), F.C.E., México, D.F. 478 p.
- Manual Técnico del agua. España. 1979, Reglamento Federal de la Dirección de Ingeniería, Sobre Obras de Provisión de Agua Potable. S.S.A. México.
- Mendoza, J. M. 1999. Departamento de Agrometeorología. UAAAN. México.
- Metcalf and Eddy, (1988). Inc., *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse*. Mc. Graw Hill, U.S.A. (1979); mencionado por SEDUE Subsecretaría de Ecología.
- Millán, D. 2002. *Agua el Desafío*. Agua, 1: 4. Monterrey, México.
- Moeller, G 2000. *Curso Teórico-Práctico de Tratamiento de Agua Residual e Industrial*. Aguas Residuales. México.
- Morante. A.L., 1997. *Uso del Agua Depurada*. Santiago de Surco Lima 33,3 (7): 12-15. Perú.
- Moscoso C. J. y Lázaro G. 1997. *Reuso de las Aguas Residuales*. Agua Residual. 4(6) : 46-50. Perú.
- Morales G. A. 1995. *Producción de Repollo Regado con Aguas Negras y Dulce bajo dos frecuencias de Riego*. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 13,24, 26-28p.

- Narwal R.P., Mehendra Singh., Gupta A.P. and Sing M. 1998. Influence of Cadmium Enriched Sewage Water on growth and Nutrient Content of Corn. *Annals of Biology Lhudiana*. 1 (15):158-163 United States of America.
- Padrón C.E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y la Ganadería, México, ed. Trillas, U.A.A.A.N.
- Papadopoulos M. Y Stylianou S. 1998. Directrices para el uso sin riegos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura, Editorial OMS
- Raya R.M.G 2000. Evaluación de Cubiertas de Polietileno de Colores en el Desarrollo de Plántulas de Brócoli (*Brassica oleracea* var *italica* L.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L). Tesis de Licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo Coah., México.
- Ríos, A.R. y Aceves N. E. 1979. Efectos del Boro y el Sodio sobre el Rendimiento de los Cultivos en el Distrito de Riego 03. Tula, Hidalgo. 19 (2): U.A.CH. 17p.
- Sáenz F.R., 1997. Introducción, y Uso de Aguas Residuales Tratadas en Agricultura y Acuicultura. *Aguas Residuales*. 8 (3); 12-14. Perú.
- Sanderson, K.C., 1986. Introduction to the Workshop on Wasterwater Utilization in Horticulture. *HortScience*. 21 (1): 18-20. United States of America.
- Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE.) 1988. Programa Nacional de Capacitación Ambiental. Control e la Contaminación del Agua. México. 33-45pp.
- Segarra E., Darwish M.R y Ethridge D.E. 1998. Return to Municiplities from Integrating Crop Production wich Wasterwater Disponsal. *Resources, Conservation and Recycling*. 17 (2): 97-107. United States of America.
- Shuval A., 1985. Twice Used Water. *Water Engineering and Managanet..* 42-43. United States of America
- Shaguffa-N., 1988. Qualitative Assessment of Raw Sewage Effluents and Acumulation of heavy Metals in Some Vegetables. *Enviromental Technology Letters*. 9(3): 251-259. Grece

Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. S.S.A. 1979. Características generales y clasificación de las aguas residuales. México.

Tsadilas C.D., y Chayzoulakis K.S., 1999. Irrigation of Corn With municipal wastewater. Proceedings on Irrigation of Horticultural Crops. 449(2): 699-705. Greece.

Valadez, L. A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. S.A. de C.V. México.

Vila S. R. 1994. Situación Actual y Perspectivas de Concesiones de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento del Agua Residual en México. El Agua en México. 1: 16-17. México.

Internet:

www: Afasxa. com. Mx/.2000. Hortalizas, Brócoli. Sedd México. S.A. de C.V.

VII. A N E X O S

ANEXO A

ANEXO B

Resultados de Análisis Físico –Químico de Suelos Agrícolas.

FERTILIDAD Y SALINIDAD

	00- 30 cm	00- 30CM	00- 30CM
pH (Saturación)	8.25	8.11	8.4
Materia Orgánica (%)	3.45	3.28	3.23
Nitrógeno Total %	0.17	0.164	0.164
Potasio Inter.. (Kg/Ha)	MASDE 900	MAS DE 900	621
Fósforo Aprov. (Kg/Ha)	100.8	MAS DE 112.5	69.3
Carbonatos totales (%)	55.55	54.57	55.06
%Arcilla	35.2	31.2	43.2
%Limo	32.4	40.4	32.4
%Arena	32.4	28.4	24.4
Textura	MIGAJON ARCILLOSO	MIGAJON ARCILLOSO	ARCILLA
C.E. (dS/m)	0.985	1.01	0.88
Na ⁺ (meq/lit)	0.6	0.8	0.5
K ⁺ (meq/lit)	0	0	0
Ca ⁺ (meq/lit)	3.0	2.0	2.0
Mg ^{**} (meq/lit)	2.0	4.0	3.0
Cl ⁻ (meq/lit)	3.5	3.5	2.8
SO ₄ ⁼ (meq/lit)	5.91	8.22	5.14
CO ₃ ⁼ (meq/lit)	0.6	0.8	0.6
HCO ₃ ⁼ (meq/lit)	3.0	4.0	3.0
D.Ap. gr/cc.			

Este cuadro nos muestra el resultados de análisis de laboratorio para determinar el contenido de metales pesados en el suelo

Contenido de Metales pesados en el suelo(ppm)

RESIDUAL	Cu	Pb	Ni	Cr	Zn
T1	0.5	2.4	4.6	0.2	3.0
T2	0.5	2.4	7.1	0.3	2.85
T3	0.6	2.2	19.4	0.2	2.6
T4	0.4	2.4	3.3	0.2	2.7
T5	0.5	2.3	5.2	0.4	2.9
T6	0.4	2.1	4.7	0.1	2.7
T7	0.4	2.2	3.1	0.2	2.6
LIMPIA	Cu	Pb	Ni	Cr	Zn
T1	0.6	2.2	8.4	0.4	4.0
T2	0.5	2.0	5.7	0.8	3.3
T3	0.6	2.0	4.2	0.8	3.5
T4	0.6	2.2	7.4	0.9	3.8
T5	0.7	2.3	5.1	1.3	4.7
T6	0.3	1.5	1.6	0.5	2.4
T7	0.6	2.3	6.0	1.0	4.0

ANEXO C

ANALISI QUÍMICO DEL AGUA

Parámetro	Agua Residual	Agua Limpia
Ph	7.06	7.21
C.E. dS/m	0.98	0.58
Carbonatos meq/tl	3.2	4.6
HCO ⁻³ meq/lit	11.0	6.0
Ca ⁺⁺ meq/lit	1.8	2.3
Mg ⁺⁺ meq/lit	2.3	1.4
Cl ⁻ meq/lit	2.52	1.12
SO ⁼⁴ meq/lit	7.02	6.06
Na ⁺ meq/lit	-	-
K ⁺ meq/lit	-	-

Nota: Na y K. No se reportan resultados , ya que se considera que da un valor bajo, dado que el pH, es menor de 8, y por lo tanto no se considera importante para la clasificación de agua.

Cálculos de clasificación del agua Residual.

Cationes

$$\text{Ca}^{++} = 1.8 \text{ meq/lit}$$

$$\text{Mg}^{++} = 2.3 \text{ meq/lit}$$

$$\text{Na} =$$

$$\text{K} =$$

$$4.1 \text{ meq/lit}$$

Aniones

$$\text{Co}_3 = 3.2 \text{ meq/lit}$$

$$\text{HCO}_3 = 11.0 \text{ meq/lit}$$

$$\text{SO}_4 = 7.02 \text{ meq/lit}$$

$$\text{Cl} = 2.52 \text{ meq/lit}$$

$$23.74 \text{ meq/lit}$$

Salinidad Efectiva (SE) = 10.1 meq/lit (Condicionada)

Salinidad Potencial (SP) = 6.03 meq/lit (Condicionada)

Cloruros (Cl) = 2.52 meq/lit (Condicionada)

Conductividad Eléctrica (C.E.) = 9800 micromhos/cm (Clase C3)

Nota: La case C3, nos dice que el agua puede ser utilizada en el cultivo del brócoli, ya que el cultivo es tolerante, te tal forma que se debe de tener cuidado con el manejo de las sales por el tipo de suelo (Migajón Arcillosos)

Cálculos para la clasificación del agua Limpia

Cationes	Aniones
Ca ⁺⁺ = 2.3 meq/lit	CO ₃ = 4.6 meq/lit
Mg ⁺⁺ = 1.4 meq/lit	HCO ₃ = 6.0 meq/lit
Na =	SO ₄ = 6.06 meq/lit
K =	Cl ⁻ = 1.12 meq/lit
<hr/>	<hr/>
3.7 meq/lit	17.78 meq/lit

Salinidad Efectiva (SE) = 6.9 meq/lit (Condicionada)

Salinidad Potencial (SP) = 4.15 meq/lit (Condicionada)

Cloruros (Cl) = 1.12 meq/lit (Condicionada)

Conductividad Eléctrica = 5800 micromhos/cm (Clase C2)

Nota: La case C2, nos dice que el agua puede ser utilizada en el cultivo del brócoli, ya que el cultivo es tolerante, te tal forma que se debe de tener cuidado con el manejo de las sales por el tipo de suelo (Migajón Arcillosos).

Anexo D

TRATAMIENTO " I " (AGUA RESIDUAL DOMESTICA)

REPETICION I

No.	peso	diámetro	largo	color
1	775.6	21	18	verde tierno
2	609.4	15	16	verde tierno
3	802.7	20	18	verde tierno
4	846.0	22	18	verde tierno
5	761.6	20	18	verde tierno
6	659.8	18	21	verde tierno
7	561.2	17	16	verde tierno
8	721	18	19	verde tierno

REPETICION II

No.	peso	Diámetro	largo	color
1	896.1	21	19	verde tierno
2	486.4	18	17	verde tierno
3	892.5	23	21	verde tierno
4	602.5	18	16	verde tierno
5	482	18	16	verde tierno
6	356.6	14	16	verde tierno
7	532.3	18	15	verde tierno
8	491	17	15	verde tierno

REPETICION III

No.	peso	Diámetro	largo	color
1	761.4	18	19	verde tierno
2	506.7	17	17	verde tierno
3	543.6	17	18	verde tierno
4	632.3	19	18	verde tierno
5	495.6	16	17	verde tierno
6	511.2	18	17	verde tierno
7	366	16	15	verde tierno
8	428.7	15	16	verde tierno

REPETICION **IV**

No.	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	957.6	21	21	Verde tierno
2	633	19	18	Verde tierno
3	820	19	19	Verde tierno
4	613.2	18	16	Verde tierno
5	878	22	19	Verde tierno
6	557.6	17	16	Verde tierno
7	714	20	18	Verde tierno
8	804	19	18	Verde tierno

REPETICION **V**

No.	Peso	Diametro	Largo	Color
1	769	19	18	Verde tierno
2	653.3	19	17	Verde tierno
3	780	21	18	Verde tierno
4	515.3	19	17	Verde tierno
5	830	19	18	Verde tierno
6	344.6	14	15	Verde tierno
7	464	17	16	Verde tierno
8	360.8	16	17	Verde tierno

REPETICION **VI**

No.	Peso	Diametro	Largo	Color
1	655	19	17	verde tierno
2	407.5	17	16	verde tierno
3	735.5	19	18	verde tierno
4	419.2	16	17	verde tierno
5	281.8	15	14	verde tierno
6	507	18	17	verde tierno
7	245	15	14	verde tierno
8	256.7	12	13	verde tierno

REPETICION VII

No.	Peso	Diametro	Largo	Color
1	422.7	16	15	verde tierno
2	678.7	20	18	verde tierno
3	456.6	16	17	verde tierno
4	663.7	21	17	verde tierno
5	405.3	16	17	verde tierno
6	421	17	16	verde tierno
7	455	16	14	verde tierno
8	482.5	17	17	verde tierno

TRATAMIENTO II

REPETICION I

No.	Peso	Diametro	Largo	Color
1	641	19	14	verde tierno
2	305	13	13	verde tierno
3	445	18	18	verde tierno
4	530	20	16	verde tierno
5	390	18	16	verde tierno
6	605.5	16	15	verde tierno
7	335	15	17	verde tierno
8	565	16	13	verde tierno

REPETICION II

No.	Peso	Diametro	Largo	Color
1	565	18	16	verde tierno
2	641,2	16	15	verde tierno
3	42,5	14	15	verde tierno
4	305	14	14	verde tierno
5	460	17	15	verde tierno
6	445	12	12	verde tierno
7	627,5	17	15	verde tierno
8	530	16	15	verde tierno

REPETICIÓN III

No.	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	421	16	14	Verde Tierno
2	335	12	13	Verde Tierno
3	537	15	13	Verde Tierno
4	627,5	14	13	Verde Tierno
5	460	13	12	Verde Tierno
6	425	14	12	Verde Tierno
7	445	13	11	Verde Tierno
8	305	12	11	Verde Tierno

REPETICIÓN IV

No.	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	456	19	15	Verde tierno
2	627,5	17	18	Verde tierno
3	305,2	17	15	Verde tierno
4	641	16	14	Verde tierno
5	605,7	20	15	Verde tierno
6	336	15	16	Verde tierno
7	537	18	16	Verde tierno
8	563	17	17	Verde tierno

REPETICIÓN V

No:	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	656	16	17	Verde tierno
2	425	12	11	Verde tierno
3	460	17	16	Verde tierno
4	627,5	16	16	Verde tierno
5	456	13	14	Verde tierno
6	537	12	14	Verde tierno
7	421	13	13	Verde tierno
8	335	12	13	Verde tierno

REPETICIÓN **VI**

No:	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	641	15	14	Verde tierno
2	305	14	13	Verde tierno
3	445	15	14	Verde tierno
4	533	14	13	Verde tierno
5	393	16	16	Verde tierno
6	655	16	15	Verde tierno
7	335	17	16	Verde tierno
8	537	15	15	Verde tierno

REPETICIÓN **VII**

No.	PESO	DIAMETRO	LARGO	COLOR
1	356,6	15	14	Verde tierno
2	388,3	16	15	Verde tierno
3	275,8	13	14	Verde tierno
4	660,5	17	18	Verde tierno
5	447,3	17	16	Verde tierno
6	430,4	17	16	Verde tierno
7	535,1	18	17	Verde tierno
8	297	14	15	Verde tierno

TABLA DE DATOS

VARIABLE: PESO

TRATA.	BLOQUES					
	1 7	2	3	4	5	6
1	717.1620 498.1870	592.4250	530.6870	747.1750	589.6250	438.4620
2	477.0620 423.8700	452.0250	444.4370	508.9250	489.6870	480.5000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	1	50066.500000	50066.500000	10.2338	0.018
BLOQUES	6	51542.000000	8590.333008	1.7559	0.255
ERROR	6	29353.750000	4892.291504		
TOTAL	13	130962.250000			

C.V. = 13.25%

T A B L A D E M E D I A S

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	587.6747	A
2	468.0723	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 91.4710

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

T A B L A D E M E D I A S

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	587.6747	A
2	468.0723	A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 138.5283

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

TABLA DE DATOS

VARIABLE: DIAMETRO

TRATA.	BLOQUES					
	1	2	3	4	5	6
1	18.8750 17.3750	18.3750	17.0000	19.3750	18.0000	14.8750
2	16.8750 15.8750	15.3000	13.6250	17.3750	13.8750	15.2500

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	1	17.606445	17.606445	16.2028	0.007
BLOQUES	6	18.578857	3.096476	2.8496	0.114
ERROR	6	6.519775	1.086629		
TOTAL	13	42.705078			

C.V. = 6.29%

T A B L A D E M E D I A S

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	17.6964	A
2	15.4536	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.3632

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

T A B L A D E M E D I A S

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	17.6964	A
2	15.4536	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 2.0645

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

TABLA DE DATOS

VARIABLE: LARGO

TRATA.	BLOQUES					
	1	2	3	4	5	6
1	18.0000 16.3750	16.8750	17.1250	18.1250	17.0000	15.7500
2	15.2500 15.6250	14.6250	12.3750	15.7500	14.2500	14.5000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	1	20.340332	20.340332	24.8180	0.003
BLOQUES	6	7.198730	1.199788	1.4639	0.327
ERROR	6	4.917480	0.819580		
TOTAL	13	32.456543			

C.V. = 5.72%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	17.0357	A
2	14.6250	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 1.1839

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	17.0357	A
2	14.6250	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 1.7930

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

TABLA DE DATOS

VARIABLE: DATOS GENERALES DE TRES PLANTAS POR REPETICIÓN

BLOQUES						
TRATA.	1	2	3	4	5	6
	7					
1	58.3300 59.6600	60.0000	52.0000	59.0000	53.3300	56.3300
2	56.3300 56.6600	50.0000	49.0000	53.3300	52.0000	46.0000

ANALISIS DE VARIANZA

GL	SC	CM	F	P>F	FV
TRATAMIENTOS	1	89.164063	89.164063	12.6929	0.012
BLOQUES	6	109.761719	18.293619	2.6042	0.135
ERROR	6	42.148438	7.024740		
TOTAL	13	241.074219			

C.V. = 4.87%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	56.9500	A
2	51.9029	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 3.4661

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
3.46 5.24

T A B L A D E M E D I A S

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	56.9500	A
2	51.9029	A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 5.2493

VALORES DE TABLAS (0.05), (0.01)
1.46 5.24