

65

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EFFECTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE
LA PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR
(Saccharum officinarum L.),
EN LA HUASTECA POTOSINA, MEXICO

POR:

ING. JORGE MOTA CANTU

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN
PRODUCCION AGRICOLA

MARIN, N. L. MEXICO

ABRIL DEL 2002

TM

SB229

M6

M6

2002

c.1



1080124381



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



TRABAJO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA SOBRE
VALORES DE NITRÓGENO EN LA CAÑA DE AZÚCAR
(Cultivo en Toluca, Toluca, L.),
DISTRITO FEDERAL, MEXICO

POR:

ROBERTO MOTA CANTU

TRABAJO DE INVESTIGACION PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN
LA ESPECIALIDAD DE AGRICULTURA

ABRIL DEL 2012



TM

SB229

• M6

M6

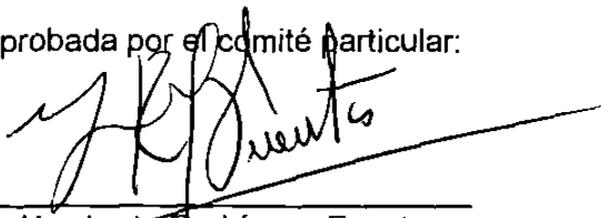
2002

EFFECTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L), EN LA HUASTECA POTOSINA, MÉXICO.

Por Ing. Fit. Jorge Mota Cantú

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola.

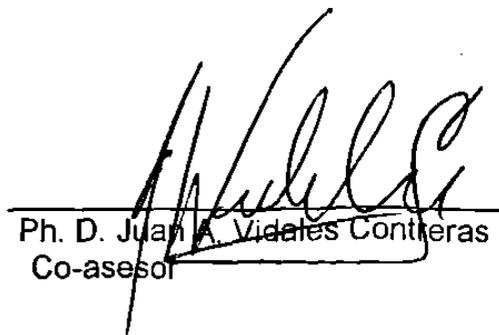
Tesis aprobada por el comité particular:



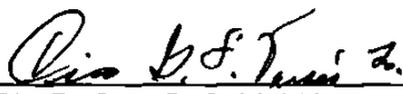
Dr. Cs. Humberto Rodríguez Fuentes
Director de la tesis



Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Co-asesor



Ph. D. Juan A. Vidales Contreras
Co-asesor



Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Subdirector de Estudios de Postgrado

VITAE

El autor, Jorge Mota Cantú, nació el 12 de Febrero de 1956, en San Carlos, Tamaulipas. Curso sus estudios de primaria y secundaria de 1964 a 1974, sus estudios de bachillerato en la Preparatoria Victoria de 1974 a 1976 y de 1976 a 1980 cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, todos los estudios fueron realizados en Ciudad Victoria, Tamaulipas, obteniendo él título respectivo en 1980.

Sus actividades profesionales de 1980 a 1981 se desempeño como Profesor en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 8 de Xoxocotla, Morelos, México. Impartiendo las materias de Sistemas de Producción, Praticultura y Cultivos tropicales.

De 1981 a 1986 se desempeño como Profesor en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 121 de Tamuín, S.L.P., impartiendo las materias de Sistemas de producción, Matemáticas, Botánica, Topografía y El agua y la agricultura.

De 1988 a 1990 se desempeño como Profesor en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 121 de Tamuín, S.L.P., impartiendo las materias de Computación y Procesos de producción agrícola.

De 1990 a la fecha en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, S.L.P., impartiendo las materias de Diseños Experimentales, Informática, Metodología de la Investigación e Hidrología. Durante este tiempo el autor también a desarrollado algunos proyectos de investigación los cuales han sido aprobados y financiados por el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) de la Secretaria de Educación Pública.

DIDICATORIA

A MI ESPOSA

Maria del Rosario Gutiérrez Ocampo

Con cariño respeto y amor, por la confianza, comprensión y el apoyo que siempre me ha brindado en las buenas y en las malas.

A MIS HIJOS

Omar, Lesslie y Jatziri Mota Gutiérrez

A mi sobrina ahijada Andy

Con cariño y amor.

A MIS PADRES

Román Mota Aguilar

Andrea Cantú Zavala

Con admiración y respeto.

A MIS HERMANOS

Luis, Alicia, San Juana, Rosa Maria, Oralia y Elí Eliud.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Institutos Tecnológicos por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación.

A la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado de Ciudad Valles.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

En particular al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica, por el apoyo que nos brinda para desarrollar trabajos de investigación, para el fortalecimiento de las actividades académicas así como para la solución de problemas de carácter social.

En especial a la Subdirección de Postgrado de la FAUANL, por su dedicación y empeño en la formación de profesionales de alto nivel.

Al Dr. Cs. Humberto Rodríguez Fuentes.

Por su dirección, asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de investigación.

A el Ph. D. Emilio Olivares Sáenz y al Ph. D. Juan Antonio Vidales Contreras.

Por su apoyo y asesoría en los análisis estadísticos y de laboratorio.

A los Drs. Aída C. C. Salcedo Martínez y Marco V. Velarde Hermida.

Por su apoyo y asesoría en los análisis de laboratorio.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar el efecto de las aguas residuales para riego sobre el desarrollo y producción de la caña de azúcar y algunas características físicas y químicas del suelo. Esta investigación fue realizada bajo un convenio entre el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica, el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles y el propietario del Rancho denominado "Valle Maria", municipio de Valles, S.L.P., México. Y la Facultad de Agronomía de la UANL. El experimento se diseñó bajo el esquema de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones; con parcelas experimentales de siete surcos de 1.30 m de ancho y 10 m de largo, de los siete surcos solo se colectaron los tres surcos centrales, eliminando tres metros en las cabeceras.

Los tratamientos probados fueron laminas de riego de 10, 8 y 6 cm con aguas residuales, otro tratamiento con una lamina de 10 cm con agua no residual y un testigo de temporal. Se utilizó la variedad CO-697, el presente experimento se evaluó durante dos ciclos agrícolas (zafras: 97-98 y 98-99). Se dieron en total 12 riegos y se tomaron 8 muestras de suelo y planta. Se analizaron cuatro variables sobre el rendimiento, diez sobre las características físicas y químicas del suelo, así como el análisis de las cuatro relaciones entre los cationes Ca, Mg y K, y siete variables con respecto a las muestras foliares.

Resultando la mejor lamina de riego para este estudio 10 cm, el tratamiento regado con agua no residual fue 4 y 7.5% superior al mismo tratamiento regado con agua residual respecto a la producción de caña y al rendimiento de azúcar respectivamente.

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate growth performance, sugar yield and canopy production of sugar cane crops irrigated with wastewater. Additionally, the impact of wastewater irrigation on some soil physical and chemical characteristics were also determined. The project was conducted by an agreement among the Consejo del Sistema Nacional de Educacion Tecnologica (Instituto Tecnologico de Ciudad Valles), the owner of the Valle Maria Ranch located in Valles, S.L.P., and the Agricultural School from the Universidad Autonoma de Nuevo Leon. The field experiments were carried out by using a randomized block design with five treatments and four replications. The experimental plots consisted of seven furrows of 1.30 m wide and 10 m long, however, only the three central furrows were used for data collection eliminating the last three meters of furrow ends.

Periodically, each experimental plot was irrigated with 10, 8 or 6 cm of wastewater depth according to its specific irrigation treatment. The wastewater irrigated experiments were compared to both an experimental plot receiving 10 cm of irrigation depth and a treatment without irrigation. In the present study the sugar cane genotype CO-697 growing in the experimental plots was evaluated during two agricultural cycles (harvests 1997-1998 and 1998-1999). During both harvests, four sugar cane production parameters and seven canopy variables were analyzed. Furthermore, the effects of wastewater application on soil characteristics were evaluated with 10 variables that considered physical and chemical parameters. The results of the present study show that cane production and sugar yield were only 4 and 7.5 % higher in treatments irrigated with a 10 cm column of wastewater than those experiments receiving non-wastewater for irrigation.

CONTENIDO

VITAE	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
INDICE	viii
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
APÉNDICE.....	xiv

INDICE

Capítulo	Página
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Hipótesis de trabajo	3
1.2. Objetivos	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. La caña de azúcar.....	4
2.1.1. Constituyentes de la caña de azúcar	4
2.1.2. La sacarosa.....	5

2.1.3. La fotosíntesis	5
2.2. Características de las aguas residuales.....	6
2.2.1. Características cualitativas.....	7
2.2.1.1. Características cualitativas.....	7
2.2.1.2. Características cuantitativas.....	9
2.3. Contaminación.....	12
2.3.1. Elementos Traza.....	12
2.3.2. Compuestos Orgánicos.....	13
2.4. Contenido de elementos en las aguas residuales potencialmente fitotóxicos.....	13
2.4.1. Salinidad	13
2.4.2. Sodio.....	13
2.4.3. Cloruros.....	14
2.4.4. Microbiológicos.....	14
2.5. Concentración del agua residual	14
2.6. Principales etapas del tratamiento de las aguas residuales domésticas.....	15
2.7. Usos de aguas residuales.....	18
2.8. Aguas para irrigación.....	20
2.9. NOM-002-ECOL-1996.....	23
2.10. Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997.....	24

III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Localización geográfica de Cd. Valles, S.L.P.	25
3.1.1. Características climáticas de Cd. Valles, S.L.P.	25
3.1.2. Localización del sitio de estudio.....	25
3.2. Materiales.....	27
3.2.1. Cultivo.....	27
3.2.2. Planta de tratamiento de aguas residuales	27
3.2.2.1. Datos de diseño del sistema	28
3.3. Diseño experimental, modelo y análisis estadístico.....	29
3.3.1. Análisis estadísticos.....	30
3.4. Siembra del experimento.....	30
3.4.1. Tratamientos probados.....	31
3.4.2. Riegos.....	33
3.4.3. Fertilización	34
3.4.4. Cosecha.....	34
3.5. Características agronómicas evaluadas	35
3.5.1. Muestreo para verificar la madurez y sus características.....	36
3.5.1.1. Características analizadas para la determinación de madurez	36
3.5.1.2. Manejo de muestras para madurez en el laboratorio	36
3.5.2. Muestreo para los análisis de suelo.....	37
3.5.2.1. Características físicas y químicas analizadas a las muestras de suelo	37
3.5.2.2. Manejo de las muestras de suelo en el laboratorio.....	38

3.5.3. Muestreo para los análisis foliares	39
3.5.3.1. Características analizadas a las muestras foliares.....	39
3.5.3.2. Manejo de las muestras foliares en el laboratorio.....	39
3.5.4. Muestreo para caracteriza el agua residual.....	40
3.5.4.1. Características analizadas a las muestras del agua residual	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Producción de caña	41
4.2. Rendimiento de azúcar.....	44
4.3. Materia orgánica	45
4.4. Nitrógeno en el suelo	48
4.5. Comportamiento del pH en el suelo.....	49
4.6. Comportamiento del calcio en el suelo	50
4.7. Comportamiento del magnesio en el suelo.....	52
4.8. Comportamiento del magnesio en la planta	54
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
VII. LITERATURA CITADA	60
VIII. APÉNDICE	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Valores de referencia de los constituyentes de la caña de azúcar.....	4
2	Efectos causados por los contaminantes presentes en el agua residual	8
3	Composición típica del agua residual doméstica.....	11
4	Niveles de tratamiento de las aguas residuales domésticas.....	15
5	Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales.....	17
6	Parámetros de las descargas de agua residual (NOM-002).....	23
7	Limites máximos permisibles de contaminantes (NOM-003).....	24
8	Características de la laguna primaria (anaerobia)	28
9	Características de la laguna secundaria (facultativa)	29
10	Características de la laguna terciaria (maduración)	29
11	Tratamientos probados.....	31
12	Lámina total aplicada, precipitación total y volumen total	33
13	Precipitación mensual para las zafras 97/98 y 98/99.....	34
14	Análisis y métodos efectuados a las muestras de madurez	37
15	Parámetros y métodos efectuados a las muestras de suelo	38
16	Parámetros y métodos efectuados a las muestras foliares	40
17	Comparación de medias de la variable producción de caña	41
18	Comparación de medias de la variable rendimiento de azúcar	44

19	Comparación de medias de la variable materia orgánica	45
20	Lámina total aplicada y materia orgánica incorporada con el agua	46
21	Comparación de medias de la variable nitrógeno del suelo	48
22	Comparación de medias de la variable pH del suelo	49
23	Comparación de medias de la variable calcio en el suelo	50
24	Lámina total aplicada y calcio incorporado con el agua de riego	51
25	Comparación de medias de la variable magnesio en el suelo	52
26	Lámina total aplicada y magnesio incorporado con el agua de riego ...	53
27	Comparación de medias del magnesio en la planta	55

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización de Cd. Valles, S.L.P.....	26
2	Funcionamiento de la planta tratadora	28
3	Croquis y distribución de parcelas.....	32
4	Producción de caña y rendimiento de azúcar	43
5	Dinámica del contenido de la materia orgánica en el suelo.....	47
6	Dinámica del comportamiento del calcio en el suelo.....	51
7	Dinámica del comportamiento del magnesio en el suelo.....	54
8	Dinámica del comportamiento del magnesio en la planta.....	57

INDICE DEL APÉNDICE

Cuadro		Pagina
1A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 1er. Muestreo	69
2A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 2do. Muestreo	70
3A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 3er. Muestreo	71
4A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 4to. Muestreo.....	72
5A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 5to. Muestreo.....	73
6A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 6to. Muestreo.....	74
7A	Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo 7mo. Muestreo.....	75
8A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 1er. Muestreo	76
9A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 2do. Muestreo.....	77
10A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 3er. Muestreo.....	78
11A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 4to. Muestreo.....	79
12A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 5to. Muestreo.....	80
13A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliars 6to. Muestreo.....	81

14A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliaras 7mo. Muestreo.....	82
15A	Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliaras 8vo. Muestreo.....	83
16A	Datos de las variables Grados Brix, porcentaje de sacarosa, producción de caña y rendimiento de azúcar.....	84
17A	Valores promedio de las Variables Grados Brix, porcentaje de Sacarosa, Producción de caña y Rendimiento de azúcar.....	84
18A	Análisis de varianza primer ciclo.....	85
19A	Análisis de varianza de las muestras foliaras primer ciclo	85
20A	Análisis de varianza segundo ciclo.....	86
21A	Análisis de varianza de las muestras foliaras segundo ciclo	86
22A	Comparación de medias por el método de la DMS 1er. Ciclo.....	87
23A	Comparación de medias por el método de la DMS 2do. Ciclo.....	87
24A	Valores promedio de los cationes Mg, Ca, K y sus relaciones.....	87
25A	Características del efluente de la Planta Tratadora de aguas residuales de Cd. Valles, S.L.P.....	88
26A	Características del efluente de la Planta Tratadora de aguas residuales, análisis efectuados en la FAUANL.....	89
27A	Características del agua no residual empleada en el riego del tratamiento 5, análisis efectuado en la FAUANL.....	90
28A	Guía para la interpretación de análisis de suelo.....	91
29A	Guía para la interpretación de las relaciones de bases.....	91

INTRODUCCIÓN

La necesidad creciente del agua para consumo humano es tema de profunda preocupación. Su escasez y valor la han convertido en un problema social. En la actualidad, México enfrenta graves problemas por su falta de disponibilidad, desperdicio y contaminación (Muñoz, 1999), por lo que se le considera un recurso estratégico.

Para evitar su contaminación en las zonas próximas a las descargas de aguas residuales, se procede a su depuración dando la posibilidad de reutilizarlas posteriormente. La reutilización es un hecho regido en la mayor parte de los casos por motivos económicos: si el agua residual depurada, es más barata que el agua de primer uso. Uno de los usos que se pueden dar al agua tratada, es como agua para irrigación. Sin embargo, es necesario evaluar previamente su efecto en el suelo y en los cultivos.

Las aguas residuales producidas por las descargas urbanas y sometidas a tratamiento en lagunas de estabilización, se pueden utilizar para el riego de cultivos no restringidos, siempre y cuando cumplan con lo dispuesto por la Norma Oficial Mexicana. Entre los cultivos no restringidos se menciona la irrigación irrestricta de árboles, forrajes y cosechas industriales. La caña de azúcar es el cultivo de mayor importancia en nuestra región tanto por su superficie sembrada como por su impacto social y considerando que es un cultivo que demanda grandes cantidades de agua para obtener altos rendimientos y que además es un cultivo netamente industrial, en el que se pueden utilizar sin ningún riesgo las aguas residuales de la planta tratadora.

En México, prácticamente todos los cuerpos de agua superficial importantes están contaminados en algún grado; por lo tanto, un porcentaje significativo del agua debe someterse a costosos procesos de tratamiento antes de ser utilizada.

Respecto a las descargas de aguas residuales que se generaron en 1995, se estima que fue un volumen de 9.4 km³/año, de los que 7.3 km³ correspondieron al uso doméstico y 2.1 km³ a la industria. Del volumen generado por el sector doméstico, se recolectaron 5.5 km³/año en el alcantarillado sobrepasando la capacidad instalada para su tratamiento que es de 1.7 km³/año. Sin embargo, en dicho año sólo se trataron adecuadamente 0.53 km³/año. Se estima que en 1995, se utilizó un volumen aproximado de 1.6 km³/año de aguas residuales en la agricultura, del que sólo una parte reducida recibió tratamiento.

Con relación a la reutilización de las aguas residuales, tratadas y no tratadas, éstas se usan principalmente en el estado de Hidalgo, las cuales provienen de las descargas de la Ciudad de México y en menor proporción se utilizan aguas residuales en los Distritos de Riego de los estados de Guanajuato, México, Jalisco y Michoacán, entre otros. Se estima que actualmente en el país se riega con aguas residuales una superficie aproximada de 156000 ha, utilizándose un volumen aproximado de aguas residuales de 1.6 km³/año (CNA, 1998).

La planta tratadora de aguas residuales de Ciudad Valles, S.L.P., genera un efluente constante de 109 LPS, este gasto podría ser utilizado para regar alrededor de 400 ha, la cual se puede aprovechar para regar caña de azúcar y cultivos forrajeros.

1.1. HIPOTESIS DE TRABAJO:

La calidad del agua proveniente de la planta tratadora de aguas residuales de Ciudad Valles, S.L.P., produce un efecto negativo sobre la producción de caña de azúcar.

1.2. OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto del agua residual sobre algunas características físicas y químicas del suelo.
2. Estimar el efecto de la utilización del agua residual sobre la producción de caña de azúcar.
3. Obtener los criterios necesarios para generar recomendaciones del uso del agua residual tratada, en el manejo del cultivo de caña de azúcar.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis (Perafán, 2000).

2.1.1. Constituyentes de la caña.

El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc., los valores de referencia general de dichos componentes se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de referencia de los constituyentes de la caña de azúcar.

COMPONENTE	VALOR	COMPONENTE	VALOR
agua	73 - 76 %	fructosa	0.2 – 0.6 %
sacarosa	8 - 15 %	sales	0.3 – 0.8 %
fibra	11 - 16 %	ácidos orgánicos	0.1 – 0.8 %
glucosa	0.2 – 0.6 %	otros	0.3 – 0.8 %

2.1.2. La sacarosa.

La sacarosa es la forma básica de la energía en el reino vegetal. Las plantas convierten el agua y el dióxido de carbono en sacarosa, utilizando la energía del sol en el proceso de fotosíntesis. La sacarosa de la caña de azúcar es un disacárido natural formado por los monosacáridos glucosa y fructosa (Perafán, 2000).

2.1.3. La fotosíntesis.

El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado.

La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar, la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono tomado del aire por las hojas y el agua, que junto con varios minerales, las raíces toman del suelo, para formar la sacarosa la cual se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra.

La caña de azúcar se encuentra dentro del grupo más eficiente de convertidores de la energía solar en azúcares (Perafán, 2000).

2.2. Características de las aguas residuales.

Las aguas residuales son los efluentes provenientes del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias (Mara, 1976).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de la industria y la agricultura, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Mendonça, 1987).

Según Mara y Cairncross (1990), cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo 113.5 g de sólidos secos, incluidos 90 g de materia orgánica, 20 g de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio.

Las aguas residuales industriales pueden ser perennes, pero son función del trabajo de la propia industria, lo que generalmente las vuelve intermitentes y con contribuciones localizadas de grandes volúmenes, contrario de las aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales pluviales son típicamente intermitentes y estacionales, varían de acuerdo con la precipitación atmosférica y con la cultura de la población. Su composición también cambia con la duración de las lluvias (Mendonça, 2000).

2.2.1. Características cualitativas y cuantitativas.

Las características de las aguas residuales domésticas son determinadas a partir de una secuencia de procedimientos que incluyen mediciones locales del caudal, colección de muestras y análisis e interpretación de los resultados obtenidos. El conjunto de esas actividades se denomina caracterización cualitativa y cuantitativa de las aguas residuales, (Hanai, 1997).

2.2.1.1. Características cualitativas.

Las aguas residuales están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca del 99.9%, y apenas un 0.1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Sin embargo, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición (Tebbutt, 1977). En el Cuadro 2, se pueden apreciar los efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales (Barros, 1995 y Von Sperling, 1995).

Cuadro 2. Efectos causados por los contaminantes presentes en el agua residual.

Contaminantes	Parámetro de caracterización	Tipo de efluentes	Consecuencias
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	Domésticos industriales	Problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO	Domésticos industriales	Consumo de oxígeno Mortalidad de peces Condiciones sépticas
Patógenos	Coliformes	Domésticos	Enfermedades transmitidas por el agua
Nutrientes	Nitrógeno Fósforo	Domésticos industriales	Crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor) Toxicidad para peces (amonio) Enfermedades en recién nacidos (nitratos) Contaminación del agua subterránea
Compuestos no biodegradables	Pesticidas Detergentes Otros	Industriales agrícolas	Toxicidad (varios) Espumas (detergentes) Reducción de la transferencia de oxígeno (detergentes) No biodegradabilidad Malos olores (Ej.: fenoles)
Metales pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.)	Industriales	Toxicidad Inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales Problemas con la disposición del lodo en la agricultura Contaminación del agua subterránea
Sólidos inorgánicos disueltos	Sólidos disueltos totales Conductividad eléctrica	Reutilización	Salinidad excesiva; perjuicio de las plantaciones (irrigación) Toxicidad para las plantas (algunos iones) Problemas de permeabilidad del suelo (sodio)

Fuente: adaptado de Barros (1995) y Von Sperling (1995).

El agua residual doméstica esta formada por componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, materia vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos (Mendonça, 2000).

Los pesticidas y demás compuestos químicos orgánicos utilizados principalmente en agricultura y, como tales, por lo general no alcanzan a llegar a los sistemas de alcantarillado, pero llegan a los ríos y cuerpos receptores, siendo una fuente de contaminación y toxicidad (Mendonça, 2000).

La materia inorgánica presente en las aguas residuales esta formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. La arena proviene de aguas de lavado de las calles, de aguas de la superficie y del subsuelo que llegan a la red colectora o que se infiltran por los pozos de registro o por los empalmes de las tuberías (Mendonça, 2000).

2.2.1.2. Características cuantitativas.

La contribución de las aguas residuales domésticas depende fundamentalmente del sistema de suministro de agua. El consumo per capita es un parámetro extremadamente variable entre diferentes sitios, dependiendo de diversos factores. Tsuitya y Além Sobrinho (1999).

Tradicionalmente, los caudales de las aguas residuales se estiman en función de los caudales de abastecimiento de agua. El consumo per capita mínimo adoptado para el abastecimiento de agua de pequeñas poblaciones es de 80 L/hab/día, pudiendo alcanzar un máximo de 150 L/hab/día. Para ciudades con población superior a 100000 habitantes, el valor mínimo usualmente adoptado es de 150 L/hab/día, (Mendonça, 1977).

Campos, (1994) cita que los valores generalmente adoptados para el coeficiente de consumo de agua per capita varia de 150 a 350 L/hab/día.

La relación agua residual/agua se denomina coeficiente de retorno "C".

El coeficiente de retorno es la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen del agua efectivamente proporcionado a la población.

De modo general, el coeficiente de retorno está en el rango de 0.5 a 0.9, dependiendo de las condiciones locales. En áreas residenciales con muchos jardines, los valores son menores, mientras que en las áreas centrales densamente pobladas, los valores tienden a ser más elevados. Tsutiya y Além Sobrinho (1999).

Datos típicos de los constituyentes encontrados en las aguas residuales domésticas, se presentan en el Cuadro 3. Tanto los componentes como las concentraciones pueden variar durante el día, en los diferentes días de la semana y con los periodos estacionales (Metcalf y Eddy, 1991).

Cuadro 3. Composición típica del agua residual doméstica.

Componente	Concentración		
	Fuerte	Alta	Media
Sólidos totales (mg/L)	1200	720	350
Sólidos disueltos totales (mg/L)	850	500	250
Sólidos disueltos fijos (mg/L)	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles (mg/L)	325	200	105
Sólidos suspendidos (mg/L)	350	220	100
Sólidos suspendidos fijos (mg/L)	75	55	20
Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	275	165	80
Sólidos Sedimentables	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO ₅ (mg/L)	400	220	110
Carbono orgánico total, COT (mg/L)	290	160	80
Demanda química de oxígeno, DQO (mg/L)	1000	500	250
Nitrógeno total (mg/L)	85	40	20
Nitrógeno orgánico (mg/L)	35	15	8
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	50	25	12
Nitritos (mg/L)	0	0	0
Nitratos (mg/L)	0	0	0
Fósforo total (mg/L)	15	8	4
Fósforo orgánico (mg/L)	5	3	1
Fósforo inorgánico (mg/L)	10	5	3
Cloruros (mg/L)	100	50	30
Sulfatos (mg/L)	50	30	20
Alcalinidad en CaCO ₃ (mg/L)	200	100	50
Aceites y grasas (mg/L)	150	100	50
Coliformes totales NMP/100mL	10 ⁷ a 10 ⁹	10 ⁷ a 10 ⁸	10 ⁶ a 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles µg/L	>400	100 a 400	<100

Fuente: Metcalf y Eddy (1991).

2.3. Contaminación

La palabra polución proviene del latín polluo, que significa ensuciar o manchar. Según la Real Academia Española (1992), polución es la contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de los procesos industriales o biológicos.

Carvalho (1981), define polución como cualquier interferencia dañina en los procesos de transmisión de energía en un ecosistema.

La polución proveniente de los residuos domésticos, puede causar grandes daños a los ecosistemas, pues posee en su composición materia orgánica y microorganismos patógenos (Roos, 1992).

Hay básicamente dos formas como la fuente de contaminantes puede afectar un cuerpo de agua: polución puntual y polución difusa. En la contaminación puntual los contaminantes afectan el cuerpo de agua de forma concentrada en el espacio. En la polución difusa los contaminantes se distribuyen a lo largo de la extensión del cuerpo de agua (Von Sperling, 1995).

2.3.1. Elementos Traza: El contenido de elementos traza en las aguas residuales suelen ser mas elevados que en las aguas normales. Concentraciones excesivas de algunos elementos como el boro, cobre, hierro, zinc, pueden presentar problemas de toxicidad para las plantas (Pesco, 1992).

Otros elementos traza como el cadmio, cobre, molibdeno, níquel y zinc pueden ser tóxicos para las personas y animales (Page *et al.*, 1981).

2.3.2. Compuestos Orgánicos: Solo cuando las aguas residuales contienen compuestos orgánicos de origen industrial de difícil degradación como, por ejemplo, los hidrocarburos halogenados, se pueden presentar problemas de contaminación de las aguas subterráneas al regar con esta agua, sobre todo si los suelos son arenosos, ya que el poder de retención de los compuestos orgánicos por estos es bajo (Bouwer e Idelovitch, 1987).

2.4. Contenido de elementos en las aguas residuales potencialmente fitotóxicos.

2.4.1. Salinidad: el uso doméstico del agua produce un incremento en su contenido de sales que suelen estar entre 150-400 mg/L. Este aumento no se altera con la depuración y esto hace que las aguas residuales puedan presentar problemas de toxicidad. El contenido excesivo de sales en el suelo afecta a los cultivos, las aguas residuales tienen un contenido de sales variable que oscila, en general, entre 2-4 dS/m (Page *et al.*, 1981).

2.4.2. Sodio: Elevados contenidos de sodio afectan las plantas, y también afecta la permeabilidad del suelo. Algunos de los cultivos más sensibles al sodio son el almendro, el aguacate, los frutales de hueso y los cítricos. Contenidos foliares de sodio

superiores a 0.3 - 0.5% (sobre peso fresco) suelen indicar problemas de toxicidad en la mayoría de árboles frutales y cítricos (Page *et al.*,1981).

2.4.3. Cloruros: Concentraciones elevadas de cloruro en el agua de riego pueden producir problemas de toxicidad en los cultivos. Niveles de cloruro en las hojas de los cítricos superiores a 0.5 - 1.0% (sobre peso fresco), indican posibles problemas de toxicidad del cloruro (Page *et al.*,1981).

Los cloruros son, por lo general, más dañinos que los sulfatos, porque son relativamente más solubles y tóxicos para algunas plantas mientras que los sulfatos se precipitan como sulfato de calcio (Acosta, 1989).

2.4.4. Microbiológicos: La presencia de virus, bacterias y otros microorganismos patógenos en las aguas residuales suponen un problema importante para su uso agrícola. La calidad bacteriológica de estas aguas se establece a partir del número de coliformes fecales y de la presencia de bacterias patógenas como la *Salmonella*, *Shigella* y *Cholera* (OMS, 1989).

2.5. Concentración del agua residual

La concentración del agua residual de una población depende principalmente del consumo de agua. Así, en los Estados Unidos de América, donde el consumo es elevado (350 a 400 L/hab/día), el agua residual es diluida (la DBO varía entre 200 y 250

mg/L), mientras que en los países en desarrollo el agua residual es fuerte (la DBO varía de 400 a 700 mg/L) y el consumo de agua es más bajo de 40 a 100 L/hab/día. (Mendonça *et al.*, 1990).

2.6. Principales etapas del tratamiento de las aguas residuales domésticas.

El grado y la eficiencia del tratamiento necesario dependen del cuerpo receptor, de las características del uso del agua, de las características de las aguas abajo del punto de vertimiento, de la capacidad de autodepuración y dilución del cuerpo de agua, de la legislación ambiental y de las consecuencias del vertimiento de las aguas residuales.

En el Cuadro 4. Se presentan los diversos niveles de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 4. Niveles de tratamiento de las aguas residuales domésticas

Nivel	Remoción
Preliminar	Sólidos suspendidos gruesos y arena
Primario	Sólidos suspendidos sedimentables DBO suspendida (materia orgánica componente de los sólidos suspendidos sedimentables)
Secundario	DBO suspendida (materia orgánica suspendida fina, no removida en el tratamiento primario) DBO soluble (materia orgánica en forma de sólidos disueltos)
Terciario	Nutrientes Organismos patógenos Compuestos no biodegradables Metales pesados Sólidos inorgánicos disueltos Sólidos suspendidos remanentes

Fuente: Von Sperling (1995).

Una planta convencional de tratamiento de aguas residuales es aquella que combina procesos químicos y biológicos para remover la materia orgánica, Hammer y Hammer

Jr. (1996). Los filtros biológicos y los sistemas de lodos activados son ejemplos del tratamiento convencional de aguas residuales domésticas.

El sistema de lodos activados fue utilizado por primera vez probablemente hace cerca de 90 años y constituyó una verdadera revolución tecnológica para el tratamiento de aguas residuales. Este sistema fue desarrollado en 1913 en Inglaterra por Arden y Lockett (1914).

Entre los procesos biológicos aeróbicos, el sistema de lodos activados es el más utilizado en el tratamiento de aguas residuales domésticas, siendo empleada esta alternativa en más del 90% de las plantas de tamaño medio y grande, en los países desarrollados, (Campos, 1994).

El primer filtro biológico fue puesto en operación en Inglaterra en Lancashire, en la planta de tratamiento de Sanford, Jordão y Pessôa (1995).

De los métodos de tratamiento de aguas residuales utilizados en los países de clima tropical, las lagunas de estabilización son uno de los procesos más económicos y eficaces existentes actualmente, y su principal ventaja consiste en que es el proceso más eficiente para la reducción de microorganismos patógenos y huevos de nemátodos intestinales (Mendonça, 2000).

El Cuadro 5. Presenta en detalle las directrices recomendadas por la Organización Mundial de la Salud sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en la agricultura, OMS (1989).

Cuadro 5. Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura.

Categoría	condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nematodos intestinales ^b	Coliformes Fecales ^c	Tratamiento de aguas residuales necesario
A	riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos deportivos y parques públicos ^d	Trabajadores consumidores público	< 0 = 1	< 0 = 1000 ^d	Serie de estanque de estabilización que permitan lograr la calidad microbiológica indicada.
B	Riego de cultivos de cereales, industriales y forrajes, praderas y árboles ^e	Trabajadores	< 0 = 1	No se recomienda ninguna forma	Retención en estanques de estabilización entre 8 y 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes
C	Riego localizado de cultivos en la categoría B, cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego: no menor que sedimentación primaria

^a En casos específicos, se deberían tener en cuenta los factores epidemiológicos, socioculturales y ambientales de cada lugar y modificar las directrices de acuerdo con ello.

^b (media aritmética No. de huevos por litro). Especies *Áscaris* y *Trichuris* y anquilosomas.

^c (media geométrica No. por 100mL). Durante el periodo de riego.

^d Conviene establecer una directriz más estricta (< 0 = a 200 coliformes fecales por 100 mL) para prados públicos, como los de los hoteles, con los que el público puede estar en contacto directo.

^e En el caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y esta no debe recogerse del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

2.7. Usos de aguas residuales.

Los países desarrollados están usando la crianza de peces como una forma de mejorar la remoción de materia orgánica, sin que importe la calidad del producto ya que no se destina al consumo humano directo (Moscoso y Flores, 1991).

Uso de aguas residuales en agricultura: Las aguas residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno que pueden suponer, por tanto, un beneficio para el agricultor. Considerando que las aguas residuales pueden tener un contenido de nitrógeno orgánico de 20-40 mg/L. Se estima que a un cultivo al que se aplica en el riego un total de 5000 m³/ha, recibe por tanto una dosis de nitrógeno orgánico, de 100-200 kg/ha (Moscoso y Egocheaga, 1992). Estas cantidades pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno del cultivo.

El uso doméstico del agua produce un incremento en su contenido de sales que suelen estar entre 150-400 mg/L. Este aumento no se altera con la depuración y esto hace que las aguas residuales puedan presentar problemas de toxicidad (Bouwer e Idelovitch 1987).

El contenido excesivo de sales en el suelo afecta a los cultivos, las aguas residuales tienen un contenido de sales variable que oscila, en general, entre 2 - 4 dS/m a 25^o C.

En 1991 el Ministerio de Agricultura del Perú inició un Proyecto Nacional de Riego con Aguas Servidas Tratadas, que pretendía ampliar la frontera agrícola de la costa con

18000 ha regadas con 20 m³/s de desagües producidos en las principales ciudades de la costa peruana (Moscoso y Flores, 1991).

Las investigaciones realizadas en Israel mencionan que ciertos cultivos de frutos y granos pueden ser afectados por los altos niveles de nitrógeno existentes en las aguas residuales tratadas, ya que sólo favorece el desarrollo vegetativo de la planta. Por lo tanto, sus sistemas de tratamiento están orientados a mejorar la remoción de este nutriente. Sin embargo, esta alta concentración de nitrógeno es favorable en los cultivos de forrajes, en donde sí es conveniente propiciar el crecimiento vegetativo de la planta (Bouwer y Idelovitch 1987).

El Área Metropolitana de la Ciudad de México descarga sus aguas residuales en el Valle del Mezquital, a 60 km al norte, donde son usadas sin tratamiento convencional alguno, para regar 76000 ha, más otras 6650 ha que se benefician en las inmediaciones de la Capital de México. Esto se viene haciendo desde el principio del siglo y cada año se incrementa la disponibilidad de agua y la superficie regada.

Los principales cultivos son maíz y alfalfa, y en menor proporción avena, cebada, frijol, trigo, calabaza, chile, tomate y jitomate (S.A.R.H.,1980).

La productividad hortícola es muy alta, pero su producción está sujeta a restricciones estrictas por razones sanitarias.

Se considera irrigación irrestricta a el riego de árboles, forrajes y cosechas industriales, árboles frutales y pastos. La irrigación restringida se refiere a las cosechas de comestibles, campos deportivos y parques públicos, (Mara y Cairncross, 1990).

Algunos grupos de la población se quejan por molestias debidas a malos olores y plagas de mosquitos. Hasta ahora no se tiene información de problemas serios de salinidad en los suelos, ni de contaminación de los acuíferos usados para abastecimiento de agua potable a las poblaciones.

En conclusión, debe seguirse fomentando el uso de las aguas residuales en agricultura, pero hay que cuidar los aspectos sanitarios, ambientales y educativos para que esta práctica sea segura para la salud humana.

Se recomienda racionalizar la aplicación en forma combinada de las cuatro medidas indicadas para prevenir y controlar el riesgo sanitario:

- 1) el tratamiento de las aguas residuales.
- 2) la restricción de cultivos, sobre todo de hortalizas que se consumen crudas.
- 3) el mejoramiento de los métodos de riego.
- 4) la atención médica al cuidado de la salud de los trabajadores y de los consumidores expuestos (S.A.R.H.,1980).

2.8. Aguas para irrigación.

La calidad de las aguas para irrigación es interesante en relación con:

1. el desarrollo de recursos en los que las aguas disponibles se aprovechan para fines agrícolas y municipales.

2. los sistemas en que las aguas disponibles para su uso urbano, se derivan total o parcialmente del drenaje subterráneo de campos irrigados.
3. y la remoción de aguas residuales por irrigación de áreas agrícolas ya sea por descarga directa del sistema de drenaje o por desviación de aguas receptoras contaminadas con aguas negras (Rone, 1994).

Por lo tanto la mayor parte de las autoridades prohíbe que las hortalizas, huertos, bayas, o frutos que crecen cerca o a escasa altura, se rieguen con aguas negras parcialmente tratadas o no desinfectadas (Fair-Geyer, 1996).

El riego de viñedos o vegetales en los que la fruta yace sobre el suelo, también esta prohibido. Solo se permite regar con aguas negras las plantas de viveros, las hortalizas sembradas para producción exclusiva de semilla, el algodón y cultivos de campo tales como heno, granos, arroz, alfalfa, maíz forrajero, remolacha y zanahorias para el ganado. Sin embargo, no se permite a las vacas y cabras lecheras que pasten sobre los terrenos húmedos irrigados con aguas negras y se les debe mantener apartadas de canales de irrigación que conduzcan aguas negras.

Aún en los casos en que los productos de las áreas irrigadas con aguas negras se van a cocinar antes de consumirlos, la irrigación con aguas negras debe suspenderse por lo menos un mes antes de la cosecha. En algunas ocasiones se permite envasar, para fines comerciales, cosechas irrigadas con aguas negras, bajo control apropiado de las autoridades sanitarias (Ley de Aguas Nacionales, 1994).

No hay un consenso sobre el número máximo de coliformes permisibles para el agua de riego. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud, establece que para el riego

sin restricción (es decir, para cualquier tipo de cultivo) el agua no debe de tener más de 100 coliformes fecales/100 mL (Pesco,1992).

Mientras que en California y Arizona, EUA. Las aguas residuales depuradas para el riego de cultivos que se consumen crudos (hortalizas como por ejemplo, la lechuga) no se puede tener una medida geométrica superior a 2.2 coliformes fecales/100 mL, y ninguna muestra puede tener mas de 23 - 25 coliformes fecales/100 mL.

En Israel, las aguas para regar cultivos que después se van a consumir crudos, deben tener menos de 12 coliformes fecales/100 mL en al menos 80% de las muestras, y menos de 2.2 coliformes fecales/100 mL en al menos 50% de las muestras (Bouwer y Idelovitch,1987).

Shuval et al, Blum y Feachem,1985. Introducen, por primera vez, una pauta para la calidad helmíntica de aguas residuales tratadas. No obstante que ésta es intencionalmente innovadora, aún quedan por concluir muchos detalles concernientes a la normalización de la frecuencia de muestreo y de las técnicas de laboratorio para la enumeración de huevos y la evaluación de la viabilidad.

Directrices para la calidad de aguas residuales tratadas para uso en la agricultura: Las directrices de calidad para la irrigación restringida de árboles, cultivos industriales y para forrajes, árboles frutales y pastizales implican una elevada eliminación > 99 por ciento de huevos de helmintos, su propósito es proteger la salud de los trabajadores agrícolas.

2.9. NOM-002-ECOL-1996.

Existe la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal. Esta norma aplica tanto a las descargas de usos municipales, de servicios domésticos, comerciales e industriales. Los parámetros a controlar en las descargas de agua residual y sus valores máximos permisibles se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Parámetros máximos permisibles de las descargas de agua residual.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARAMETROS (miligramo por litro, excepto cuando se especifique otra unidad)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Fuente: NOM-002-ECOL-1996

Para determinar la contaminación por patógenos entericos se toma como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1000 y 2000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 mL para el promedio mensual y diario, respectivamente. Para determinar la contaminación por parásitos se usa como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido.

2.10. Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997.

En el Cuadro 7, se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público.

Cuadro 7. Promedio mensual de los límites máximos permisibles de contaminantes

	Coliformes Fecales NMP/100 mL	Huevos de Helminto (h/L)	Grasas y Aceites mg/L	DBO₅ mg/L	Sólidos Solubles mg/L
Servicios al público con contacto directo	240	1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1000	5	15	30	30

Fuente: NOM-003-ECOL-1997.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de Cd. Valles, San Luis Potosí.

Ciudad Valles es una región agropecuaria e industrial (principalmente azucarera), ubicada en la zona Huasteca Potosina de la República Mexicana, geográficamente esta localizada entre los paralelos 21°59' de latitud norte y 99°01' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud promedio de 95 msnm (Figura 1).

3.1.1. Características climáticas de Ciudad Valles.

El clima de Cd. Valles varía con la altura de las sierras, los valles y lomeríos del norte; Pero en general, se pueden catalogar de tipo cálido sub-húmedo (AW2), la temperatura promedio anual es de 25°C, alcanzando una temperatura máxima de 40°C en verano y en invierno cuando sopla el viento del norte alcanza algunos grados sobre cero. La precipitación pluvial media anual es errática; pero en general es de 1244 mm. (INEGI, 1993).

3.1.2. Localización del sitio de estudio.

El presente estudio se realizó en los ciclos 1997-1999, en el predio denominado "Rancho Valle de María", el cual se encuentra ubicado en el km 1 del camino San Antonio Huichimal, del municipio de Cd. Valles, S.L.P., México.

PLANO DE LOCALIZACION

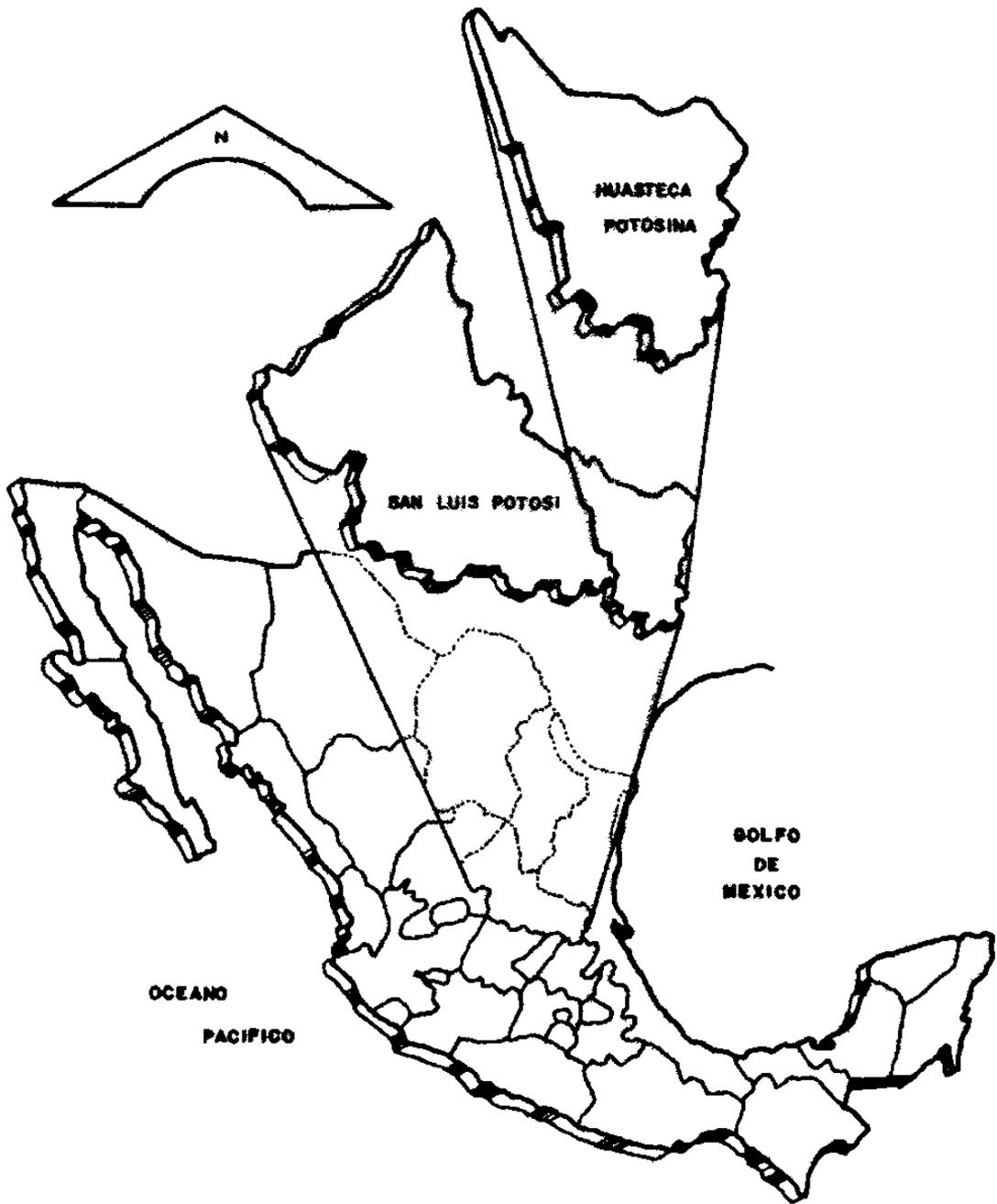


Figura 1. Mapa de localización de Cd. Valles, S.L.P. México.

3.2. Materiales

Los materiales utilizados para llevar a cabo este trabajo fueron los necesarios para realizar las prácticas de preparación del suelo, escardas, riegos, deshierbes, aplicación de insecticidas y la cosecha en forma manual.

3.2.1. Cultivo. En la plantación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), se utilizó la variedad CO-997, la cual presenta las siguientes características: habito de crecimiento en canasta, susceptible al acame; floración nula o escasa; regular soqueo; susceptible a la sequía; resistente al carbón (*Ustilago scitaminea*) y roya (*Fusarium oxysporum*), tolerante a raya roja (*Pseudomonas rubrilineans*). El rendimiento promedio de campo es de 133 ton/ha en planta y 90 en soca; con un 13.8% de sacarosa y 15.1% de fibra; maduración media pero debe cortarse antes de marzo debido al continuo incremento de fibra (García, 1984).

3.2.2. Planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamiento de aguas residuales de Cd. Valles, fue diseñada para tratar un volumen máximo de 180 lps, con una eficiencia de remoción de materia orgánica del 90%. Esta planta fue construida en 1994, y actualmente recibe un volumen de agua de 110 lps, representando este un 50% del total de las aguas residuales que se generan en la ciudad. Es un sistema lagunar conectado en serie, donde el agua permanece un periodo de 30 días con una carga de entrada de materia orgánica de 320 mg/L de DBO y el efluente sale con una carga de 116.4 mg/L de DBO, con una eficiencia de 61%.

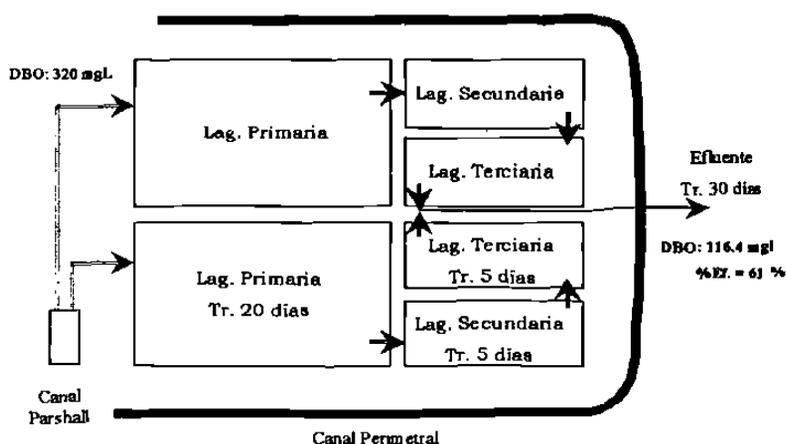
3.2.2.1. Datos de diseño del sistema. En los Cuadros 8, 9 y 10 se presentan las características del sistema lagunar de la planta tratadora de aguas residuales de Ciudad Valles, S.L.P. (CNA, 1994). En la Figura 2, se presenta el Funcionamiento de la planta tratadora de aguas residuales.

Cuadro 8. Características de la laguna primaria (anaerobia).

Característica	Valor	Característica	Valor
Largo	360 m	Volumen medio	95040 m ³
Ancho	132 m	Tiempo de retención	20 días
Profundidad total	2.8 m	Eficiencia de remoción	38%
Profundidad media	2.0 m	DBO del influente	320 mg/L
Profundidad mínima	1.9 m	Coliformes del influente	5.00E+07 NMP
Profundidad máxima	2.1 m	DBO del efluente	198 mg/L

NMP= número más probable.

Figura 2. Funcionamiento de la planta tratadora de aguas residuales.



Cuadro 9. Características de la laguna secundaria (facultativa).

Característica	Valor	Característica	Valor
Largo (prof. media)	204 m	Profundidad máxima	2.1 m
Ancho (prof. media)	60 m	Volumen medio	24480 m ³
Profundidad total	2.8 m	Tiempo de retención	5 días
Profundidad media	2.0 m	Eficiencia de remoción	25%
Profundidad mínima	1.9 m	Remoción de coliformes	90.83%

Cuadro 10. Características de la laguna terciaria (maduración).

Característica	Valor	Característica	Valor
Largo (prof. media)	204 m	Profundidad máxima	2.1 m
Ancho (prof. media)	60 m	Volumen medio	24480 m ³
Profundidad total	2.8 m	Tiempo de retención	5 días
Profundidad media	2.0 m	Eficiencia de remoción	22%
Profundidad mínima	1.9 m	Remoción de coliformes	90.83%

3.3. Diseño experimental, modelo y análisis estadístico.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

El modelo estadístico del diseño de bloques completos al azar fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \text{ donde;}$$

Y_{ij} = Es la observación del tratamiento i en la repetición j .

μ = Es la media general.

τ_i = Es el efecto del i - ésimo tratamiento.

β_j = Es el efecto del j - ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el error experimental.

3.3.1. Análisis estadísticos.

Los análisis estadísticos fueron efectuados empleando el paquete de diseños experimentales propuesto por Olivares (1995), Versión 2.5. La comparación de medias se efectuó por el método de la DMS (Diferencia Mínima Significativa $p < 0.05$), utilizando el mismo paquete de diseños experimentales.

3.4. Siembra del experimento.

La siembra del experimento se realizó el 24 y 25 de Abril de 1997, el tamaño de las parcelas fue de 7 surcos de 1.2 m de ancho y 10 m de longitud. La parcela útil consistió de los 3 surcos centrales, eliminando 4 m en las cabeceras para evitar el efecto de orilla. La siembra se llevó a cabo mediante el método conocido como doble cordón. Se utilizó la variedad CO-997, se seleccionó la semilla, se le desprendieron las hojas y toda la paja, para que al sembrarse los tallos, pudieran brotar las yemas con mayor facilidad y el establecimiento fuera más rápido, finalmente los tallos se dividieron en trozos con 4 o 5 yemas, quedando de 0.6 m de largo aproximadamente. Al efectuar el trabajo de troceo se tuvo la oportunidad de seleccionar, eliminando los trozos con picaduras de barrenador, yemas lastimadas o señales de hongos en su interior. Posteriormente los trozos se fueron tirando en el fondo del surco, dándoles un cruce conveniente a doble

cordón. Cuando la semilla se encontró en el fondo del surco formando un doble cordón, se procedió a taparla con una capa de tierra de 6 a 8 cm con azadón.

3.4.1. Tratamientos probados.

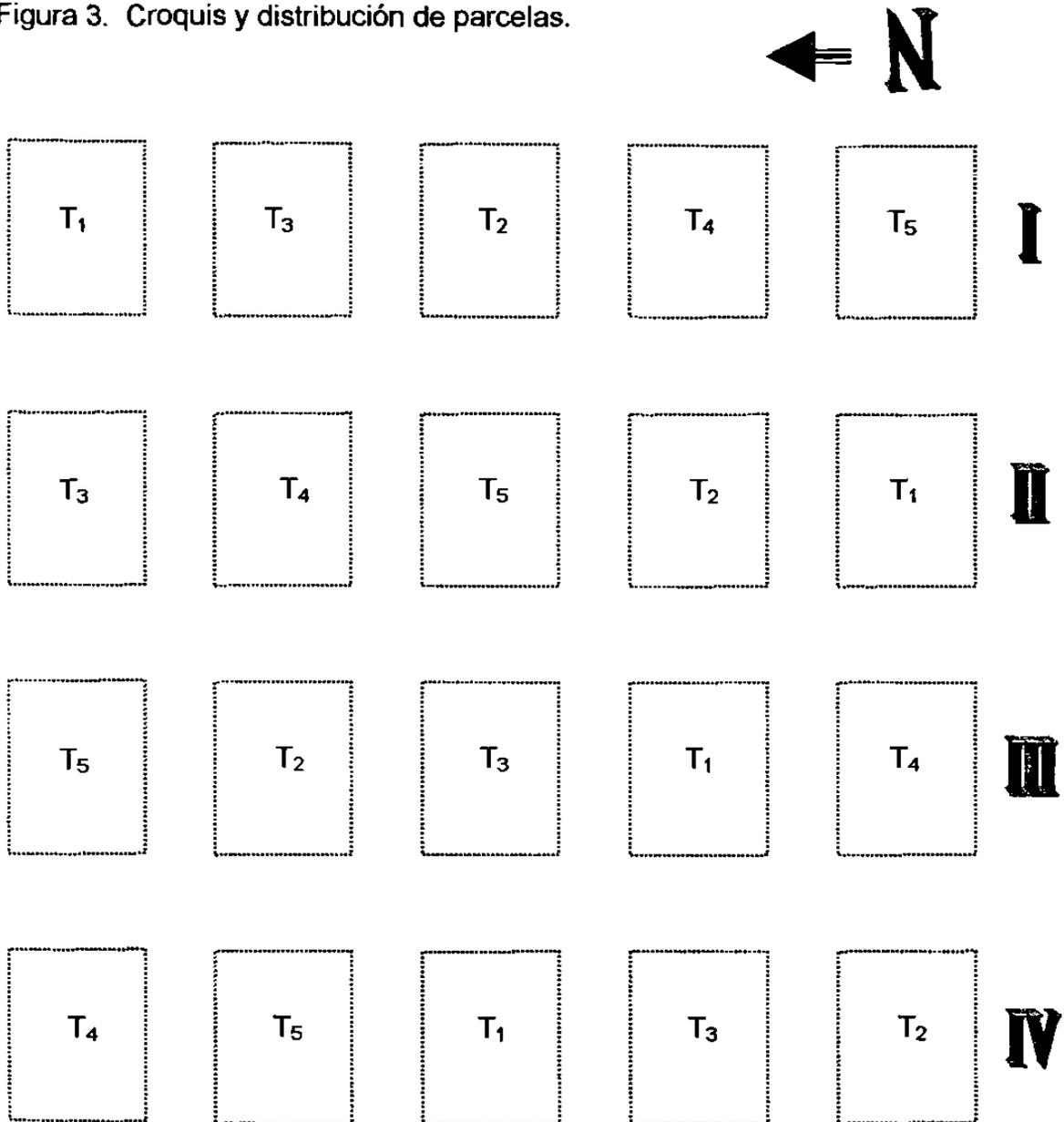
Los tratamientos fueron láminas de riego de 10, 8 y 6 cm con agua tratada, 10 cm con agua no residual y el testigo (Cuadro 11). El agua utilizada en los riegos fue la de la Planta tratadora de aguas residuales, para los tratamientos 1, 2 y 3, para el tratamiento 5 se utilizó agua no residual y se tomó del mismo arroyo que conduce la descarga de la planta tratadora, aproximadamente 2 Km antes del punto de la descarga. La distribución de los tratamientos en campo se presenta en la Figura 3.

Cuadro 11. Tratamientos probados.

Tratamiento ^{1]}	Lámina de riego (cm)	1er Ciclo	2do Ciclo
T1	10 cm con aguas residuales	1737 mm	1690 mm
T2	8 cm con aguas residuales	1597 mm	1590 mm
T3	6 cm con aguas residuales	1457 mm	1490 mm
T4	Testigo (temporal)	1037 mm	1190 mm
T5	10 cm aguas no residuales	1737 mm	1690 mm

1] Incluye la precipitación correspondiente a cada ciclo.

Figura 3. Croquis y distribución de parcelas.



3.4.2. Riegos.

El agua se aplicó directamente a las parcelas por bombeo tomando el agua del arroyo que recibe la descarga del efluente de la planta tratadora de aguas residuales, a través de una bomba de gasolina de 2", para hacer la medición de las láminas se auxilió de un medidor de flujo para agua de 2" de diámetro, instalado mediante una adaptación a la salida de la bomba, de manera que al completar la lámina se cerraba una válvula para impedir el paso del agua y en esta operación se hacía el cambio de la manguera a la siguiente parcela, se repetía este proceso en el resto del experimento, para todos los tratamientos regados con aguas residuales. Para el riego de las parcelas con el tratamiento de agua no residual, este se efectuó transportando el agua del río en una pipa con capacidad de 2500 litros, aplicándose directamente a dichas parcelas. En el Cuadro 12, se presentan los volúmenes de agua para cada tratamiento y la lámina total aplicada.

Cuadro 12. Lámina total aplicada, precipitación total y volumen total.

Tratamiento	Lámina (cm)	Tipo de agua	Lámina total aplicada	Precipitación Total (mm)	Volumen Total
T ₁	10	Agua residual	120 cm	2227	3427 mm
T ₂	8	Agua residual	96 cm	2227	3187 mm
T ₃	6	Agua residual	72 cm	2227	2947 mm
T ₄	Temporal	Agua no residual	—	2227	2227 mm
T ₅	10	Agua no residual	120 cm	2227	3427 mm

En el primer ciclo se proporcionaron siete riegos de auxilio al cultivo y cinco en el segundo ciclo. La precipitación en el 1er. ciclo fue de 1037.4 mm para la zafra 97/98 y 1190.6 mm, para el 2do. ciclo zafra 98/99, la cual se detalla en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Precipitación mensual para las zafras 97/98 y 98/99.

Zafra	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mzo.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Total
97/98	10.5	19.0	20.5	8.5	112.0	218.5	95.5	94.5	182.0	17.6	96.4	162.4	1037.4
98/99	28.9	2.4	8.9	20.3	31.7	5.9	0.0	92.0	189.3	185.5	358.4	267.3	1190.6

Fuente: Morales, (2001)

3.4.3. Fertilización

En la fertilización se aplicó la dosis 120-80-80, se llevó a cabo antes del primer riego en el caso del primer ciclo (plantilla) y en el segundo ciclo (soca) antes del segundo riego de auxilio aplicándose en un primer evento 80-80-80 con la formula fertilizante 17-17-17 y se utilizó sulfato de amonio para completar la dosis del nitrógeno en el cuarto riego de auxilio para ambos ciclos.

3.4.4. Cosecha.

Para la cosecha de la caña se requieren de 12 a 18 meses. Para madurar la caña se necesita de un descenso de la temperatura ambiental y de la humedad del suelo a fin de retardar su evolución biológica e inducir a sintetizar en sacarosa los azúcares reductores (glucosa) que ha estado utilizando para desarrollarse (García, 1984).

En caña cruda, y según el estado de la misma (con exceso de paja, acamada o tirada), se corta y alza de 1.5 a 2.5 toneladas por día y por hombre. En caña quemada, y según el estado de la misma (acamada o retorcida), se corta y carga de 3 a 4 toneladas por día y por hombre, en promedio.

La cosecha para evaluar el primer ciclo se efectuó el 11 de Febrero de 1999. La cosecha para evaluar el segundo ciclo se llevó a cabo el 13 de Marzo de 2000.

En ambos ciclos se procedió a la quema un día antes de efectuar el corte. La cosecha se llevó a cabo en forma manual previa quema, pesándose inmediatamente en el campo el rendimiento de la parcela útil, utilizando una báscula con capacidad de 400 Kg, la cual fue adaptada a una base para su nivelación y montada sobre una camioneta pick up, para pasar por cada una de las parcelas y efectuar la medición correspondiente, esto se llevó a cabo el mismo día de la cosecha.

3.5. Características agronómicas evaluadas.

Producción de caña en campo, se estimó el rendimiento de azúcar en zafra, grados brix y el porcentaje de sacarosa. La cosecha se llevó a cabo en forma manual previa quema, pesándose inmediatamente en el campo la producción de la parcela útil.

3.5.1. Muestreo para verificar la madurez y sus características.

Previo a la cosecha, se cortaron 12 cañas de tres puntos diferentes (4 cañas por cada punto), se tomaron seis puntas de esta muestra, para la obtención de la sección 8-10 y de las otras 6 cañas el tallo moledero, se utilizaron para determinar grados brix, % de sacarosa, fibra y azúcares reductores. De las puntas del follaje se determinó la humedad (García, 1984).

3.5.1.1. Características analizadas para la determinación de madurez.

Grados brix, porcentaje de sacarosa, humedad, fibra y azúcares reductores. Los análisis se determinaron en el Laboratorio de campo del Ingenio Plan de Ayala, que fue donde se recibió la caña producida en el experimento para su zafra.

3.5.1.2. Manejo de muestras para madurez en el laboratorio.

De las 6 puntas del follaje que se obtuvieron en el muestreo se separaron del tallo para la determinación de la humedad, se seleccionan los canutos 8, 9 y 10 de cada tallo y de la parte media de cada entrenudo se cortan en una guillotina haciendo rodajas de aproximadamente 1mm de espesor (100 g por cada muestra) (Humbert, 1959).

De las otras 6 cañas se utilizó el tallo moledero, el cual se trituró en la picadora de forraje para coleccionar 400 g y se determinaron: grados brix, el % de sacarosa, fibra y los azúcares reductores (Humbert, 1959). En el Cuadro 14 se presentan los análisis efectuados para la determinación de la madurez así como el método utilizado.

Cuadro 14. Análisis y métodos efectuados a las muestras de madurez (Humbert, 1959).

ANÁLISIS	MÉTODO
Humedad	Pol ratio
Grados brix	Pol ratio
% de sacarosa	Pol ratio
Fibra	Pol ratio
Azúcares reductores	Pol ratio

3.5.2. Muestreo para los análisis de suelo.

Se tomaron 8 muestras de suelo, una semana después de cada riego a partir del tercer riego (5 en el primer ciclo y 3 en el segundo ciclo), durante todo el experimento. Las muestras de suelo fueron tomadas con una barrena de caja, a una profundidad de 0.3 m, colectando 1 kg de muestra, esta muestra fue tomada de tres puntos dentro de cada parcela, para su análisis y de esta forma se evaluó el efecto de los tratamientos, sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

3.5.2.1. Características físicas y químicas analizadas a las muestras de suelo.

Textura, densidad aparente; pH, materia orgánica, nitrógeno, carbono, magnesio, calcio, potasio, carbonatos y cloruros. Los análisis de las muestras de suelo, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Agronomía del Instituto Tecnológico de Cd. Valles.

3.5.2.2. Manejo de las muestras de suelo en el laboratorio.

El secado de las muestras de suelo se realizó al aire. Las muestras se pasaron por un tamiz de 10 mesh (cuadros a 2.0 mm). Una vez tamizadas las muestras se colocaron en bolsas de plástico para posteriormente realizar los respectivos análisis. En el Cuadro 15 se presentan los parámetros y métodos utilizados en el análisis de las muestras de suelo (Jackson, 1976).

Cuadro 15. Parámetros y métodos efectuados a las muestras de suelo.

PARÁMETRO	MÉTODO
pH	Potenciómetro
arena	Bouyoucos
limo	Bouyoucos
arcilla	Bouyoucos
densidad aparente	Probeta
materia orgánica	Walkley y Black
nitrógeno	Kjeldahl
carbono	Walkley y Black
carbonatos	Volumétrico
cloruros	Mohr
magnesio	Versenato
calcio	Versenato
potasio	Versenato

3.5.3. Muestreo para los análisis foliares.

Se tomaron 8 muestras de planta, una semana después de cada riego a partir del tercer riego (5 para el primer ciclo y 3 en el segundo ciclo), los muestreos foliares se realizaron colectando 10 hojas de cada parcela, tomando las hojas medias de la planta.

3.5.3.1. Características analizadas a las muestras foliares.

% de Proteína, cenizas, y materia seca, calcio, magnesio, fósforo y nitrógeno.

Los análisis de las muestras foliares, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Agronomía del Instituto Tecnológico de Cd. Valles.

3.5.3.2. Manejo de las muestras foliares en el laboratorio.

Una vez que se colectaron las muestras en el campo se procedió a lo siguiente: Se lavaron las hojas con agua + 0.2 g de detergente (libre de fósforo); Se enjuagaron con agua destilada, y se procedió a secarlas con papel destrasa. Después de esto se determinó el peso en fresco con una balanza. Una vez determinado el peso fresco, se envolvieron las hojas en papel destrasa y se colocaron en la estufa a una temperatura de 60° C durante 24 horas. Posteriormente se determinó el peso en seco de las hojas. Finalmente se realizó el molido de cada muestra, con un molino manual, y se almacenaron en bolsas de plástico. En el Cuadro 16 se presentan los parámetros y métodos utilizados en el análisis de las muestras foliares (Chapman y Pratt, 1979).

Cuadro 16. Parámetros y métodos efectuados a las muestras foliares.

PARÁMETRO	MÉTODO
Ca	Versenato
Mg	Versenato
P	Metavanadato
N	Kjeldhal
Cenizas	Gravimetrico
Materia seca	Gravimetrico

3.5.4. Muestreo para caracterizar el agua residual.

Se tomaron las muestras del efluente de donde se colectó el agua para efectuar los riegos a los tratamientos con aguas residuales, el tipo de muestra fue puntual a una profundidad media de 0.4 m, la muestra puntual, es simple, tomándose en un solo punto y en un solo momento del día (CIDTA, 1999).

3.5.4.1. Características analizadas a las muestras de agua residual.

Los análisis efectuados a las muestras del efluente de la planta tratadora de aguas residuales de Cd. Valles, se llevaron a cabo en el Laboratorio de suelos, agua y plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León., en Escobedo, N.L.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Producción de caña.

Para evaluar el comportamiento de los tratamientos probados en este experimento, se determinó la producción de caña, la cual se llevó a cabo directamente en el campo después de cada cosecha. Los resultados mostraron que los tratamientos fueron diferentes en ambos ciclos. Los resultados se presentan en el Cuadro 16A, los valores promedios en el Cuadro 17A, del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 17. Como se puede apreciar tanto para el primero como para el segundo ciclo los tratamientos 1 y 5 (Lámina de riego de 10 cm con agua residual y no residual respectivamente) fueron los que presentaron las más altas producciones de caña.

Cuadro 17. Comparación de medias de la variable producción de caña (ton/ha).

Tratamiento	Producción (ton/ha) de caña 1er Ciclo	Producción (ton/ha) de caña 2do Ciclo
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	130.55 A	80.42 A
T ₁ lámina 10 cm agua residual	124.31 A	77.25 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	119.21 AB	69.65 B
T ₃ lámina 6 cm agua residual	108.33 B	66.35 B
T ₄ testigo (temporal)	85.42 C	45.72 C

Por lo tanto se puede inferir que hubo efecto de los tratamientos (Láminas de riego) respecto a la producción de caña. Martín (1987), determinó que la caña de azúcar para poder obtener altos rendimientos, requiere mantener una humedad óptima en el suelo durante todo su ciclo de desarrollo.

El rendimiento promedio para esta variedad es de 133 ton/ha, en planta y 90 ton/ha para soca (García, 1984). En el primer ciclo el tratamiento 5 presentó una producción promedio de 130 ton/ha. En los resultados del segundo ciclo el tratamiento 5, presentó la producción de caña más alta con 80 ton/ha, sin embargo, esta por debajo de las 90 ton/ha como rendimiento potencial de esta variedad; quizá esta diferencia pudo deberse a que en el segundo ciclo solo se dieron cinco riegos de auxilio (lamina total de 50cm). Mientras que en el primer ciclo se dieron en total 7 riegos (lamina total de 70cm), otra causa que pudo influir en estos resultados fue la mala distribución de la precipitación, que aunque fue superior para esta zafra, de los 1190 mm de precipitación, 1000 mm se concentraron durante los meses de Julio a Octubre (Morales, 2001), registrándose precipitaciones muy bajas durante el resto del ciclo, comparadas con el ciclo anterior (Cuadro 13).

Las medias de los tratamientos regados con la lámina de riego de 10 cm, para el tratamiento con agua residual tuvo en promedio una producción de caña de 100.5 ton/ha, mientras que el mismo tratamiento regado con agua no residual obtuvo una producción promedio de 105 ton/ha, esto equivale a un 4% más de producción de caña del tratamiento regado con agua no residual respecto al mismo tratamiento regado con agua residual. Por lo que se puede suponer que esa pequeña diferencia en la producción, es debida a efectos aleatorios y no de tratamiento. Palacios (1999), reportó por el contrario que utilizando aguas depuradas municipales en la producción de plátano, la calidad del agua empleada afectó significativamente la producción obtenida, teniéndose la producción más baja con el agua depurada, menciona que la producción

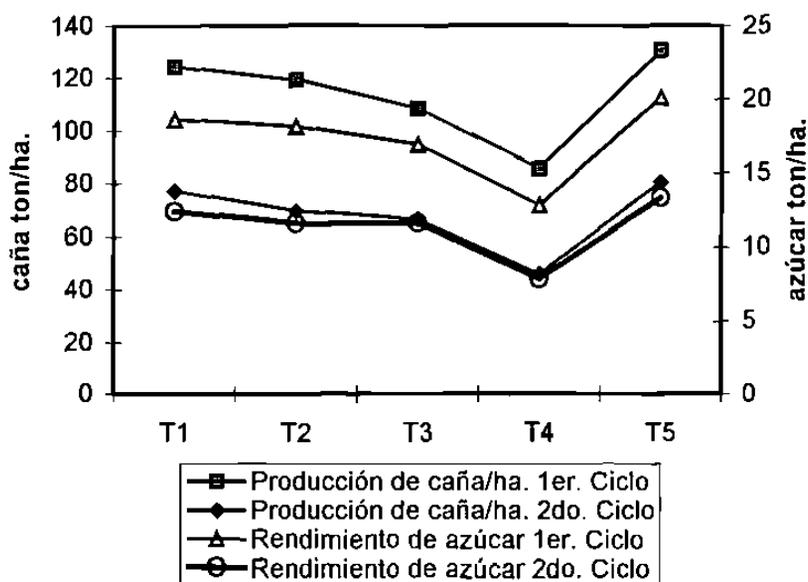
El rendimiento promedio para esta variedad es de 133 ton/ha, en planta y 90 ton/ha para soca (García, 1984). En el primer ciclo el tratamiento 5 presentó una producción promedio de 130 ton/ha. En los resultados del segundo ciclo el tratamiento 5, presentó la producción de caña más alta con 80 ton/ha, sin embargo, esta por debajo de las 90 ton/ha como rendimiento potencial de esta variedad; quizá esta diferencia pudo deberse a que en el segundo ciclo solo se dieron cinco riegos de auxilio (lamina total de 50cm). Mientras que en el primer ciclo se dieron en total 7 riegos (lamina total de 70cm), otra causa que pudo influir en estos resultados fue la mala distribución de la precipitación, que aunque fue superior para esta zafra, de los 1190 mm de precipitación, 1000 mm se concentraron durante los meses de Julio a Octubre (Morales, 2001), registrándose precipitaciones muy bajas durante el resto del ciclo, comparadas con el ciclo anterior (Cuadro 13).

Las medias de los tratamientos regados con la lámina de riego de 10 cm, para el tratamiento con agua residual tuvo en promedio una producción de caña de 100.5 ton/ha, mientras que el mismo tratamiento regado con agua no residual obtuvo una producción promedio de 105 ton/ha, esto equivale a un 4% más de producción de caña del tratamiento regado con agua no residual respecto al mismo tratamiento regado con agua residual. Por lo que se puede suponer que esa pequeña diferencia en la producción, es debida a efectos aleatorios y no de tratamiento. Palacios (1999), reportó por el contrario que utilizando aguas depuradas municipales en la producción de plátano, la calidad del agua empleada afectó significativamente la producción obtenida, teniéndose la producción más baja con el agua depurada, menciona que la producción

y la calidad del agua parecen estar relacionadas a través del efecto que esta última tiene sobre la salinidad del suelo.

En la Figura 4, se puede observar como el tratamiento 5, regado con agua no residual alcanzó la más alta producción en ambos ciclos, también se puede observar que a medida que disminuye la lámina de riego con aguas residuales decrece la producción de caña; el tratamiento 4 de temporal presenta la producción más baja en ambos ciclos. También se puede apreciar como disminuye la producción de caña de un ciclo respecto al siguiente, esto se puede explicar; en el primer ciclo, la producción fue mayor como consecuencia de ser el producto de la siembra, la cual se conoce como planta y esta tiene todas las ventajas sobre las cosechas subsiguientes, las cuales se conocen como socas (que son los brotes de la cosecha anterior) y además las condiciones físicas y químicas del suelo no son tan adecuadas a través del tiempo.

Figura 4. Producción de caña y rendimiento de azúcar, zafras: 97-98 y 98-99.



4.2. Rendimiento de azúcar.

Para evaluar el efecto de los tratamientos probados en este experimento, se calculó el rendimiento de azúcar, el cual se determinó a través de las variables porcentaje de sacarosa y la producción de caña. Resultando estadísticamente significativa en ambos ciclos, los resultados se presentan en el Cuadro 16A, los valores promedios en el Cuadro 17A del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Comparación de medias de la variable rendimiento de azúcar (ton/ha).

Tratamiento	Rendimiento (ton/ha) de azúcar 1er Ciclo	Rendimiento (ton/ha) de azúcar 2do Ciclo
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	20.12 A	13.36 A
T ₁ lámina 10 cm agua residual	18.63 AB	12.41 AB
T ₂ lámina 8 cm agua residual	18.14 AB	11.59 B
T ₃ lámina 6 cm agua residual	16.96 B	11.63 B
T ₄ testigo (temporal)	12.82 C	7.79 C

Como se puede apreciar esta variable fue significativa en ambos ciclos, la mayor producción de azúcar se presentó en los tratamientos regados con la lámina de 10 cm en ambos ciclos, tratamientos 1 y 5 (Lámina de riego de 10 cm, con agua residual y no residual respectivamente).

Se puede observar en la Figura 4, como a medida que disminuye la lámina de riego para los tratamientos regados con agua residual, se decrece el rendimiento de azúcar

teniendo un comportamiento muy similar a la producción de caña; lo cual es de esperarse.

En la comparación de medias para esta variable, se formaron tres grupos estadísticamente iguales a un nivel de significancia del 5%; En el grupo A, con los más altos rendimientos en ambos ciclos los tratamientos 1 y 5 regados con una lámina de 10 cm con agua residual y no residual respectivamente, en un segundo grupo con los rendimientos intermedios de azúcar los tratamientos 2 y 3 regados con láminas de 8 y 6 cm con agua residual y en el grupo con el rendimiento más bajo de azúcar tenemos al tratamiento 4, testigo de temporal.

4.3. Materia orgánica.

Los resultados de la variable materia orgánica en el suelo (%), se pueden observar en los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A, los resultados de los análisis de varianza en los Cuadros 18A y 20A del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Comparación de medias para la variable materia orgánica (%).

Tratamiento	% Materia orgánica	% Materia orgánica
	1er Ciclo	2do Ciclo
T ₁ lámina 10 cm agua residual	2.41 A	4.76 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	2.20 AB	4.20 AB
T ₃ lámina 6 cm agua residual	2.20 AB	3.70 BC
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	1.60 C	3.36 CD
T ₄ testigo (temporal)	1.68 C	2.84 D

De manera general se puede establecer, que los tratamientos regados con aguas residuales presentaron las más altas concentraciones de materia orgánica y los tratamientos 4 y 5 testigo de temporal y lámina de 10 cm con agua no residual, las más bajas concentraciones de materia orgánica durante ambos ciclos. El agua residual, es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. Por lo que se puede estimar la materia orgánica incorporada con el riego a través del parámetro DBO del agua residual utilizada, la estimación se presenta en el Cuadro 20.

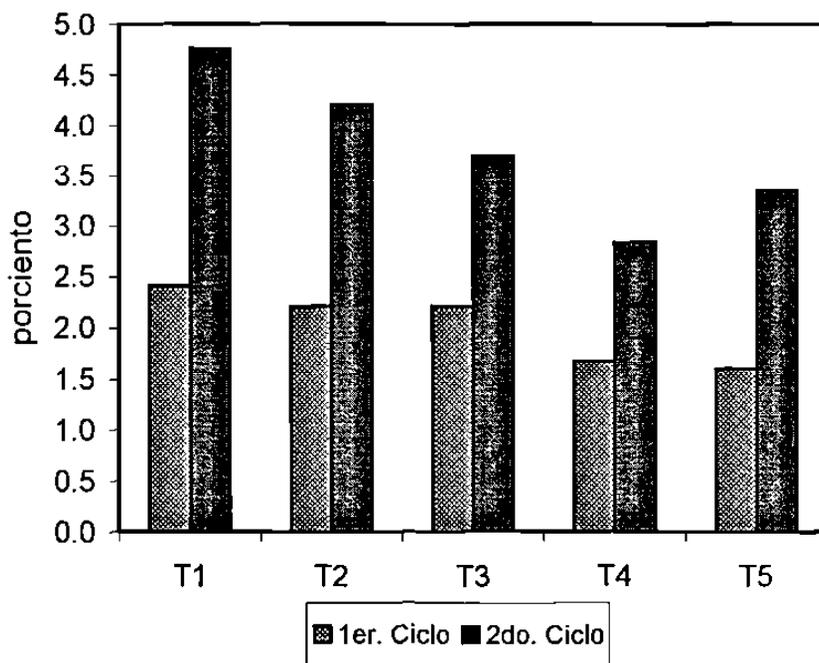
Cuadro 20. Lámina total aplicada y materia orgánica incorporada con el agua residual.

Tratamiento	Lámina (cm)	Tipo de agua	Lámina total aplicada	M.O. incorporada en (Kg/ha)
T ₁	10	Agua residual	120 cm	1396.78
T ₂	8	Agua residual	96 cm	1117.38
T ₃	6	Agua residual	72 cm	838.09

Al comparar el contenido de materia orgánica del tratamiento regado con la lámina de 10 cm con agua residual se tuvo un promedio 3.59% de M.O. y el mismo tratamiento regado con agua no residual presentó un contenido promedio de materia orgánica durante los dos ciclos de 2.52%, lo cual indica un 42% más de materia orgánica para el tratamiento regado con agua residual respecto al mismo tratamiento regado con agua no residual. Esto puede explicarse si consideramos que la DBO del agua residual utilizada para el riego contenía 116.4 mg/L, por lo tanto se puede estimar que se podría incorporar 1396.78 Kg de materia orgánica, para el tratamiento regado con la lámina de 10 cm, 1117.38 Kg con la lámina de 8 cm y 838.09 Kg con 6 cm.

En la Figura 5, se observa como a medida que se incrementa la lámina de riego con agua residual aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, presentando los contenidos más bajos el testigo (T₄) y la lámina de 10 cm (T₅) con agua no residual.

Figura 5. Dinámica del contenido de la materia orgánica (%), en el suelo.



También se puede observar que en el suelo hubo un incremento de materia orgánica de un ciclo a otro y esto se debió a la acumulación de la materia orgánica a través de los riegos y a la incorporación y descomposición de los residuos de la cosecha.

4.4. Nitrógeno en el suelo.

Los resultados de la variable nitrógeno en el suelo se presentan en los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A, los resultados de los análisis de varianza en los Cuadros 18A y 20A del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Comparación de medias de la variable nitrógeno del suelo (%).

Tratamiento	% Nitrógeno en él suelo 1er Ciclo	% Nitrógeno en él suelo 2do Ciclo
T ₁ lámina 10 cm agua residual	1.20 A	2.38 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	1.20 A	2.08 AB
T ₃ lámina 6 cm agua residual	1.10 AB	1.85 B
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	0.79 B	1.68 BC
T ₄ testigo (temporal)	0.84 B	1.41 C

En ambos ciclos, los tratamientos regados con aguas residuales presentaron la más alta concentración de nitrógeno en el suelo y las más bajas concentraciones de este elemento se presentaron en los tratamientos 4 y 5, testigo de temporal y lámina de 10 cm con agua no residual respectivamente. Moscoso y Egocheaga, (1992). Estimaron que un cultivo al que se aplica un riego total de 5000 m³/ha, con aguas residuales, recibe por tanto una dosis de 100 a 200 kg/ha de nitrógeno orgánico. Estas cantidades pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno del cultivo. El comportamiento del nitrógeno en el suelo fue muy similar al de la materia orgánica, donde los tratamientos regados con agua residual presentaron las más altas

concentraciones de este elemento. Aunque no se determinó la concentración del Nitrógeno en el agua residual es de suponerse que fue alta.

Al igual que en la materia orgánica, se observó que el contenido de nitrógeno en el suelo se incrementó de un ciclo a otro, posiblemente debido a la acumulación de materia orgánica con los riegos, a nitrógeno inorgánico en el agua residual, así como a la incorporación de los residuos de la cosecha, lo cual incrementó el nitrógeno disponible en el suelo.

4.5. Comportamiento del pH en el suelo.

Los resultados de la variable pH en el suelo pueden observarse en los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A, los análisis de varianza en los Cuadros 18A y 20A del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Comparación de medias de la variable pH del suelo.

Tratamiento	pH en el suelo 1er Ciclo	pH en el suelo 2do Ciclo
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	7.76 NS	7.86 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	7.54 NS	7.84 A
T ₃ lámina 6 cm agua residual	7.56 NS	7.83 A
T ₄ testigo (temporal)	7.54 NS	7.79 B
T ₁ lámina 10 cm agua residual	7.52 NS	7.77 B

La variable pH del suelo, únicamente presentó significancia en el segundo ciclo aunque las diferencias en valor fueron muy pequeñas.

4.6. Comportamiento del Calcio en el suelo.

Los resultados de la variable calcio en el suelo, pueden observarse en los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A, los análisis de varianza en los Cuadros 18A y 20A en el apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Comparación de medias de la variable calcio (meq/100 g) en el suelo.

Tratamiento	Calcio (meq/100 g) en él suelo 1er Ciclo	Calcio (meq/100 g) en él suelo 2do Ciclo
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	6.59 NS	88.46 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	5.72 NS	86.31 A
T ₃ lámina 6 cm agua residual	5.95 NS	84.57 A
T ₄ testigo (temporal)	6.11 NS	83.48 A
T ₁ lámina 10 cm agua residual	5.70 NS	74.21 B

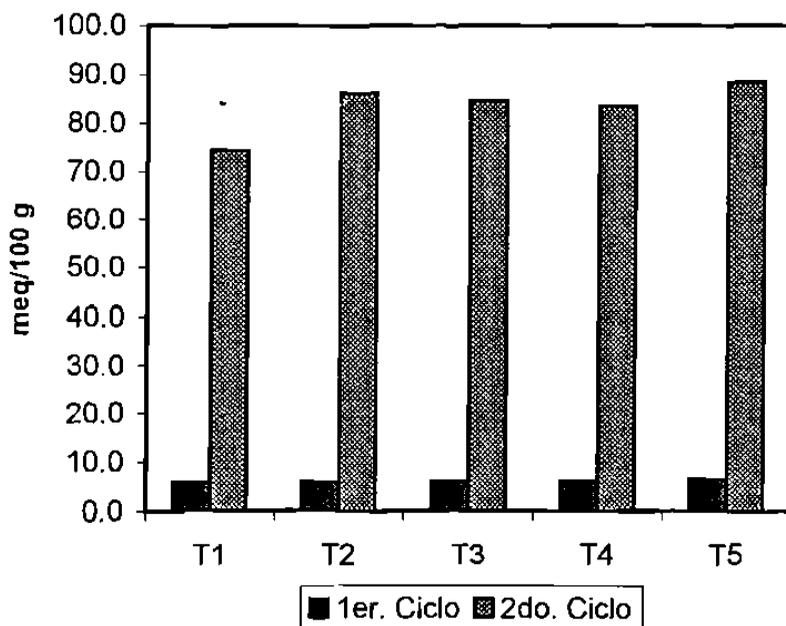
La variable calcio en el suelo, presentó significancia estadística en el análisis de varianza del segundo ciclo y en la comparación de medias se formaron dos grupos estadísticamente iguales: en el grupo con la concentración más alta de calcio tenemos los tratamientos 2, 3, 4 y 5; lámina de 8 y 6 cm con agua residual, el testigo de temporal y lámina de 10 cm con agua no residual respectivamente. La concentración más baja de calcio en el suelo fue en el tratamiento 1, lámina de 10 cm con agua residual. Por lo que se puede deducir que el comportamiento del calcio en el suelo, puede ser consecuencia del contenido de calcio de los tipos de agua empleada para regar, ya que el agua residual presenta un contenido de Ca de 5.0 meq/L, mientras que el agua no residual utilizada para el tratamiento 5, presentó un contenido de Ca de 5.6 meq/L.

Si se hace el cálculo del calcio incorporado con el agua de riego para los tratamientos probados, se tendría que el tratamiento de 10 cm con agua residual incorporaría 1202 Kg/ha de calcio, mientras que el mismo tratamiento con agua no residual 1396 Kg/ha, los resultados se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Lámina total aplicada y calcio incorporado con el agua de riego.

Tratamiento	Lámina (cm)	Tipo de agua	Lámina total aplicada	Ca incorporado en (Kg/ha)
T ₁	10	Agua residual	120 cm	1202.40
T ₂	8	Agua residual	96 cm	961.92
T ₃	6	Agua residual	72 cm	721.44
T ₅	10	Agua no residual	120 cm	1346.64

En la Figura 6. Se presenta la dinámica sobre el comportamiento del calcio en el suelo.



Puede apreciarse en la Figura 6, que las concentraciones más bajas de calcio, fueron para los tratamientos regados con aguas residuales y la concentración más alta de este elemento fue para el tratamiento cinco, regado con agua no residual.

4.7. Comportamiento del Magnesio en el suelo.

Los resultados de la variable magnesio (meq/100 g) en el suelo pueden observarse en los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A, los análisis de varianza en los Cuadros 18A y 20A del apéndice y la comparación de medias en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Comparación de medias de la variable magnesio (meq/100 g) en el suelo.

Tratamiento	Magnesio (meq/100 g) en el suelo 1er Ciclo	Magnesio (meq/100 g) en el suelo 2do Ciclo
T ₁ lámina 10 cm agua residual	7.82 NS	23.18 A
T ₂ lámina 8 cm agua residual	6.82 NS	20.86 AB
T ₃ lámina 6 cm agua residual	6.81 NS	20.18 B
T ₄ testigo (temporal)	6.94 NS	16.39 C
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	6.36 NS	16.17 C

La variable magnesio en el suelo en el primer ciclo no presentó significancia, en el análisis de varianza para el segundo ciclo se encontró significancia y al hacer la comparación de medias se formaron tres grupos estadísticamente iguales: en el grupo con la concentración más alta de magnesio se tiene al tratamiento 1, lámina de 10 cm con agua residual, en un segundo grupo con las concentraciones intermedias los tratamientos 2 y 3; lámina de 8 y 6 cm con agua residual respectivamente. Y los

tratamientos con la concentración más baja de magnesio en el suelo fueron los tratamientos 5 y 4, lámina de 10 cm con agua no residual y el testigo de temporal. Podemos suponer que, el efecto de los tratamientos sobre el magnesio en el suelo fue consecuencia de que las aguas residuales, incorporan este elemento al suelo ya que el contenido de magnesio del agua residual utilizada fue de 3.4 meq/L, (Cuadro 25A, del apéndice) mientras que el contenido de magnesio del agua no residual empleada para el tratamiento 5, fue de 1.6 meq/L, Cuadro 26A del apéndice.

Si se hace el cálculo del magnesio incorporado con el agua de riego para los tratamientos probados, tendríamos que el tratamiento de 10 cm con agua residual incorporaría 495 Kg/ha de magnesio, mientras que el mismo tratamiento regado con agua no residual incorpora 131 Kg/ha, los resultados se muestran en el Cuadro 26.

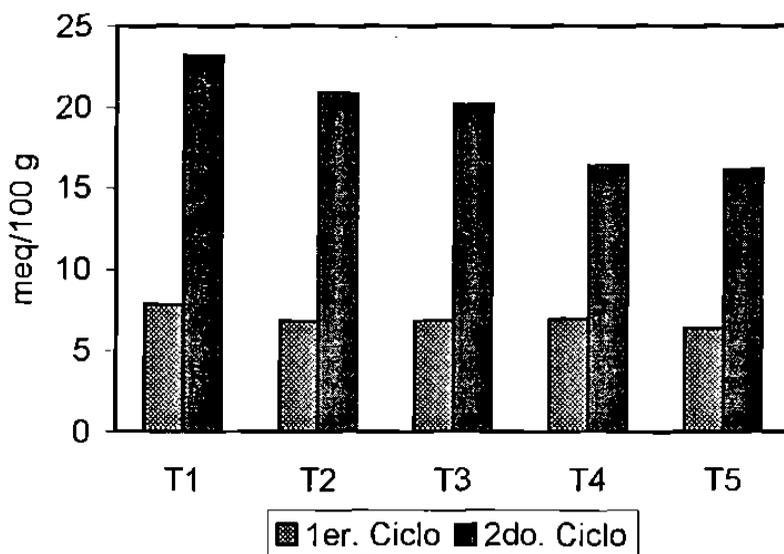
Cuadro 26. Lámina total aplicada y magnesio incorporado con el agua de riego.

Tratamiento	Lámina (cm)	Tipo de agua	Lámina total aplicada	Mg incorporado con el riego (Kg./ha)
T ₁	10	Agua residual	120 cm	495.8
T ₂	8	Agua residual	96 cm	396.7
T ₃	6	Agua residual	72 cm	247.9
T ₅	10	Agua no residual	120 cm	131.2

En la Figura 7, puede apreciarse como a medida que disminuye la lámina de riego en los tratamientos regados con aguas residuales, se disminuye la concentración del magnesio en el suelo, se presenta esta misma tendencia en el primer y segundo ciclo, también puede observarse que en ambos casos los tratamientos que presentaron, las

concentraciones más bajas de magnesio fueron los tratamientos 4 y 5 testigo de temporal y lámina de 10 cm con agua no residual respectivamente.

Figura 7. Dinámica del comportamiento del magnesio en el suelo.



4.8. Comportamiento del magnesio en la planta.

Los resultados de las variables de las muestras foliares, se encuentran en el apéndice en los Cuadros 8A, 9A, 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, y 15A, los resultados de los análisis de varianza en los Cuadros 19A y 21A del apéndice, en los cuales se observa que el contenido de magnesio, fue significativo, respecto a los tratamientos probados (láminas de riego), tanto para el primero como para el segundo ciclo. Los resultados de la comparación de medias se presentan en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Comparación de medias del contenido de magnesio (%) en la planta.

Tratamiento	% Magnesio en la planta 1er Ciclo	% Magnesio en la planta 2do Ciclo
T ₅ lámina 10 cm agua no residual	0.0133 A	0.0031 A
T ₄ testigo (sin riego)	0.0118 AB	0.0027 AB
T ₂ lámina 8 cm agua residual	0.0115 AB	0.0021 BC
T ₃ lámina 6 cm agua residual	0.0109 BC	0.0025 AB
T ₁ lámina 10 cm agua residual	0.0092 C	0.0016 C

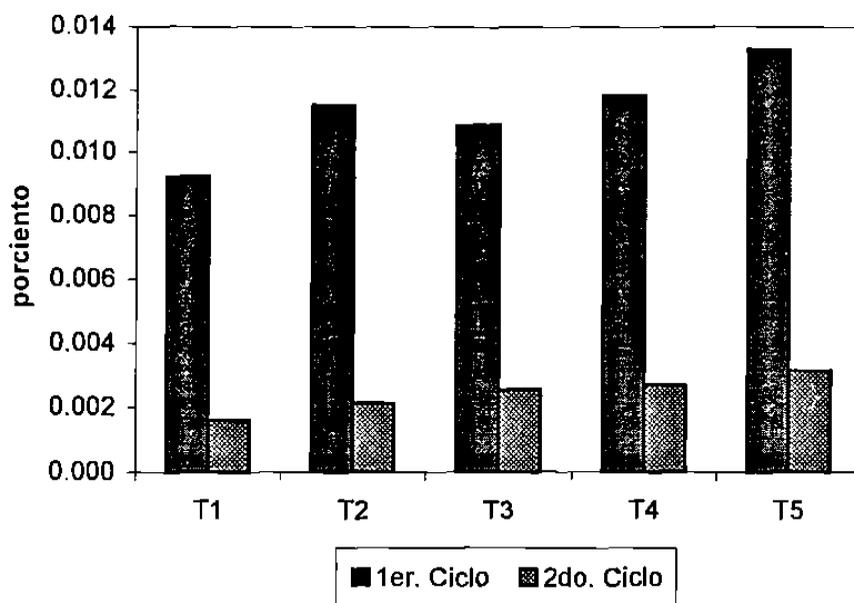
Conforme a los resultados de la comparación de medias del magnesio en la planta, podemos observar que se forman tres grupos estadísticamente iguales con un 95% de probabilidad, se puede apreciar que los tratamientos regados con aguas residuales presentaron las más bajas concentraciones de magnesio y el tratamiento regado con agua no residual y el testigo de temporal, mostraron las más altas concentraciones de este elemento en ambos ciclos. Debemos resaltar que se presenta un efecto contrario al comportamiento del magnesio en el suelo, donde las más altas concentraciones de este elemento fue para los tratamientos regados con aguas residuales. Alfaro (1997), concluye en su trabajo, "Caracterización química de algunos suelos cañeros de la región del Valle Central Occidental de Costa Rica", que en la fertilización general del cultivo de caña de azúcar se está posiblemente aplicando una alta cantidad de potasio, el cual sumado al existente naturalmente en el suelo, está provocando serios desbalances con el calcio y sobre todo con el magnesio. Este resultado podría deberse, entre otros motivos, a que a pesar de que el magnesio se encuentra en el suelo para el

caso del tratamiento 1, la planta no lo puede utilizar, quizá como consecuencia del desbalance producido por la relación de estos cationes, ya que al analizar la relación del Ca/Mg en el suelo, encontramos una relación promedio para este tratamiento de 1.74, Cuadro 25A, cuando se considera >2 como una relación deficiente de estos elementos, Cuadro 29A, y como una relación óptima >5 , para el caso del resto de los tratamientos, tenemos una relación superior a 2 y el tratamiento con la relación más alta para estos cationes fue para el tratamiento 5, con una relación de 2.95, siendo este el tratamiento con la concentración más alta de magnesio en la planta y con la producción de caña y rendimiento de azúcar más altos.

Barrantes y Chaves (1997), en su trabajo Adición y efecto de cinco dosis de magnesio sobre la productividad agroindustrial de la caña de azúcar en un Ultisol de Pérez Zeledon, promedio de tres cosechas. La producción de caña marco diferencias estadísticas al 5% entre los tratamientos con respecto al testigo, alcanzando la dosis de 40 Kg de MgO, una producción superior de 12.2 ton/ha de azúcar, superando al testigo sin aplicación de óxido de magnesio en un 16%.

En la Figura 8, se presenta el comportamiento del magnesio en la planta. Donde se puede apreciar que los tratamientos regados con aguas residuales muestran las concentraciones más bajas de este elemento y a medida que se disminuye la lámina de agua, aumenta la concentración de este elemento en la planta. También se observa que los tratamientos 4 y 5 muestran las concentraciones más elevadas, esto ocurre en ambos ciclos.

Figura 8. Dinámica del comportamiento del magnesio en la planta.



V. CONCLUSIONES.

La mejor lámina de riego para el cultivo de caña de azúcar, variedad CO-997, en este caso fue la de 10 cm, con una producción promedio de caña de 103 ton/ha y un rendimiento promedio de azúcar de 16.13 ton/ha, en este tipo de suelo y bajo estas condiciones de manejo.

El agua de la planta tratadora de aguas residuales de Ciudad Valles, S.L.P., se podría utilizar en el riego de caña de azúcar, bajo ciertas reservas.

El riego con aguas residuales incorporó materia orgánica y por lo tanto nitrógeno en el suelo. Por lo que la utilización del agua residual para riego, podría disminuir las necesidades de fertilización con nitrógeno.

La materia orgánica incorporada por los tratamientos regados con aguas residuales, el calcio y la C.E. del agua de riego influyeron para producir variaciones sobre el comportamiento del pH en el suelo.

El riego con aguas no residuales aumentó la concentración de calcio y los tratamientos regados con aguas residuales incrementaron el contenido de magnesio del suelo.

Al incrementarse el magnesio en el suelo en los tratamientos regados con aguas residuales, se produce un desbalance entre el Ca y el Mg.

El menor contenido de magnesio en la planta de los tratamientos regados con aguas residuales, puede explicarse como una consecuencia del desbalance que se produce al alterarse la relación Ca/Mg, provocando que la planta no lo pueda tomar del suelo.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.- Se considera necesario continuar evaluando el efecto de las aguas residuales sobre el cultivo de caña de azúcar, e incluir análisis biológico infeccioso del suelo.
- 2.- Se recomienda utilizar las aguas residuales en el riego de caña de azúcar, tomando las precauciones necesarias en lo referente al pH, calcio y a la acumulación del magnesio en el suelo.
- 3.- Se recomienda evaluar el contenido de magnesio del agua residual y su comportamiento en el suelo.
- 4.- Implementar tecnologías que permitan aumentar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, considerando los parámetros de remoción de materia orgánica y eliminación de coliformes fecales.
- 5.- Implementar nuevos proyectos de investigación que consideren el uso del agua residual en cultivos no restringidos.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. A. 1989. Calidad química del agua de riego. UACH. Departamento de Irrigación. México. pp. 18-33.
- Alfaro, R. 1997. Caracterización química de algunos suelos cañeros de la región del Valle Central Occidental. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA), Turrialba, Costa Rica. Sin paginar.
- Ardern, E. y Lockett, W.T. 1914. Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters. J. Soc. Chem. Ind. 33: 523-1122.
- Barrantes, J.C. y M. Chaves 1997. Adición y efecto de cinco dosis de magnesio sobre la productividad agroindustrial de la caña de azúcar en un ultisol de Pérez Zeledon, promedio de tres cosechas, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA). Turrialba, Costa Rica. Sin paginar.
- Barros, R. T. V. 1995. Saneamento. in: Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, Vol. 2, DESA/UFMG, FEAM, Belo Horizonte, Brasil. Sin paginar.
- Blum, D., Feachem, R. 1985. Sanitary aspects of the use of the human excrements and muds in the agriculture and acuaculture: An epidemiological perspective, Part III: And Epidemiological Prepective, Report No. 05/85, Duenbendorf, Interntional Reference Center for Waste Disposal. Suiza. Sin paginar.

- Bouwer, H. y E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. & Drainage Eng. 113: 516-535.
- Campos, J. R. 1994. Alternativas para tratamiento de Esgotos – Pré-Tratamento de Águas para Abastecimento. Publicação No. 09, Consórcio Intermunicipal das Basicas dos Rios Piracicaba e Capivari, Americana, sp. Brasil. Sin paginar.
- Carvalho, B. 1981. Glossário de Saneamento e Ecologia, ABES, Rio de Janeiro, Brasil. Sin paginar.
- Chapman, H. y D. Pratt. P. F. 1979. Métodos de análisis para suelo, plantas y agua. Ed. Trillas. México. pp. 23-134.
- C.I.D.T.A. 1999. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua. Universidad de Salamanca. Manejo y operación de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales, España. pp. 14-19.
- CNA. 1994. Comisión Nacional del Agua. Proyecto ejecutivo integral de bombeo y emisor principal para manejo de aguas residuales. Cd. Valles, S.L.P. México. pp. 47-124.
- CNA. 1996. Comisión Nacional del Agua. Diagnóstico de las acciones de saneamiento a nivel nacional, Informe preliminar. México. Sin paginar.
- CNA. 1998. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Operación. Diagnóstico preliminar sobre superficies regables y volúmenes requeridos en las

- unidades de riego. Informe Final. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. Sin paginar.
- Díaz, R. A., 1995. Determinación de la calidad de agua de la planta tratadora de Cd. Valles con fines de riego agrícola, Cd. Valles, San Luis Potosí, México. pp. 18-95.
- DIECA, 2000. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de azúcar, Informe Técnico, Turrialba, Costa Rica. Sin paginar.
- Fair-Geyer 1996. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, ingeniería sanitaria de aguas residuales. LIMUSA. México. pp. 115-247.
- García, E. A. 1984. Manual de campo en caña de azúcar. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Caña de Azúcar, 3ra. Ed., México. pp. 203-301.
- Hammer, M. J. y Hammer Jr. M J. 1996. Water and wastewater technology, 3ra. Ed., Prentice-Hall, USA. pp. 217-241.
- Hanai, F. Y. 1997. Caracterização Qualitativa e Quantitativa de Esgotos Sanitarios, Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. Universida de São Paulo, São Carlos, Brasil. pp. 235.
- Humbert, R.P. 1959. Método de análisis para la determinación de madurez de la caña de azúcar (Pol ratio), Ingenio los Mochis, Sinaloa, México. Sin paginar.

- INEGI. 1993. Cd. Valles, Estado de San Luis Potosí, México. Cuaderno estadístico municipal. pp. 12-14.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis químicos de suelos. Ed. OMEGA. 3ra. Edición, Barcelona, España. pp. 45-458.
- Jordão, E. P. y Pessôa, C. A. 1995. Tratamento de Esgotos Domésticos, 3ª Ed., ABES. Rio de Janeiro, Brasil. pp. 122-130.
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. 1994. Comisión Nacional del Agua. México. Sin paginar.
- Mara, D.D. 1976. Sewage treatment in hot climates, John Wiley & Sons, Londres, Inglaterra. Sin paginar.
- Mara, D.D. y Cairncross 1990. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura, OMS, Ginebra, Suiza. Sin paginar.
- Martín, J.R. 1987. La caña de azúcar en Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. pp. 410-428.
- Mendonça S.R. 1977. Parámetros básicos para elaboração de projetos de sistema de abastecimiento de água, CAGEPA. João Pessoa, Brasil. Sin paginar.
- Mendonça S.R. 1987. Tópicos Avanzados em Sistemas de Esgotos Sanitarios. ABES, Rio de Janeiro, Brasil. pp. 122.

- Mendonça S.R., Ceballos, B.S.O. de, Könnig, A. y Souto , R. Da C. 1990. Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos, in: Vazões e Características dos Esgotos; Cap. I, Ed. S. R. Mendonça João Pessoa, Brasil. pp. 388.
- Mendonça S.R. 2000. Sistemas de lagunas de estabilización, Mc Graw-Hill. Bogota, Colombia. pp. 2-75.
- Metcalf y Hddy 1991. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3da. Edición. McGraw-Hill. Nueva York, USA. 215 p.
- Morales Q.J.F. 2001. Ingenio Plan de Ayala, Superintendencia de campo, Oficina de Estadística, Cd. Valles, San Luis Potosí, México. Sin paginar.
- Moscoso C.J. y Flores M.A. 1991. Rehúso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan, Sección I: Resumen Ejecutivo. CEPIS/OPS, Lima, Perú. Sin paginar.
- Moscoso C.J. y Egocheaga, L. 1992. Rehúso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan, Sección IV: Factibilidad Técnica, Económica y Social. CEPIS. Lima, Perú. Sin paginar.
- Muñoz, R.R., 1999. Programa nacional educativo sobre el uso inteligente y racional del agua. México, D.F. pp. 13.

NOM-002, 1997. Norma Oficial Mexicana ECOL-1996, Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de Enero de 1997. México, D.F. Sin paginar.

NOM-003, 1998. Norma Oficial Mexicana ECOL-1997, Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 21 de Septiembre de 1998. México, D.F. Sin paginar.

Olivares S.E., 1995. Paquete de Diseños Experimentales, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N.L., México. (Software).

OMS 1989. Organización Mundial de la Salud. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra, Suiza. Serie de Informes Técnicos. pp. 778.

Page, A.L.,; A.C. Chang,; G. Sposito y S. Mattigod. 1981. Trace elements in wastewater: their effects on plant growth and composition and their behavior in soils. California state water resources control board. Sacramento. University of California. Riverside, USA. Sin paginar.

Palacios M.P., E. Del Netro y N. Pavón 1999. Influencia del riego con agua depurada municipal de diferentes calidades sobre los suelos y el cultivo de platanera, Consorcio insular de aprovechamiento de aguas depuradas, Gran Canaria, Tenerife. España. pp. 131-137.

Perafán G.F. 2000. La caña de azúcar <http://www.perafan.com> feperafa@cali.cetcol.net
Cali - Colombia.

- Pesco, M.M. 1992. wastewater treatment and use in agriculture. FAO. Irrigation and drainage. Paper No. 29. Roma. Sin paginar.
- Real Academia Española 1992. Diccionario de la Lengua Española, Vol. II, Madrid, España. pp. 287.
- Reinoso, F. 1963. Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. Editora Nacional de Cuba, 5a Edición. La Habana, Cuba. 462 p.
- Rodríguez, F.H. y Rodríguez ,A.J. 2001. Métodos de análisis de suelos y plantas, Criterios de interpretación. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ed. Trillas (en prensa). México. 189 p.
- Rone, J.L. 1994. Calidad del agua de riego: interpretación del análisis químico y elementos menores. Colegio de Post-Graduados. Chapingo. México. pp. 87-132.
- Roos, W. R. 1992. The Urban pollution problem in Latin America. Presentado en: Nagoya seminar on financing for the environment. Nagoya, Japan. pp. 69-73.
- SARH. 1980. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Evaluación del impacto ambiental de transporte y uso de las aguas residuales del área metropolitana del Valle de México, en la agricultura. México. pp. 187-211.

Shuval, H.I.; Adin, A.; Fattal, B.; Rawitz, E. y Yekutieli, P. 1985. Health effects of wastewater reuse in agriculture. Estudios del Banco Mundial en el Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Banco Mundial, Washington, D.C. pp. 130-193.

Tebbutt, T.H. 1977. Principles of Water Quality Control. 2da. Pergamon Press. Oxford. Inglaterra. pp. 189-239.

Tsutiya, M.T. y Além Sobrinho, P. 1999. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária de Escola Politécnica da Universidad de São Paulo. São Paulo, Brasil. pp. 7-15.

Von Sperling, M. 1995. Introdução á Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, in: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1, 2da. Ed., DESA/UFMG. Belo Horizonte, Brasil. pp. 189-234.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Primer Ciclo).

Muestreo No. 1

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Relaciones de los cationes			
														Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
T1 I	7.52	42.00	22.00	36.00	1.01	2.80	1.40	1.62	0.27	0.34	10.35	5.10	3.32	0.49	1.54	3.12	4.65
T1 II	6.97	22.00	42.00	32.00	1.00	3.24	1.62	1.89	0.27	0.56	8.55	5.00	3.06	0.58	1.63	2.79	4.43
T1 III	7.60	34.00	16.00	50.00	1.08	2.74	1.37	1.59	0.26	0.34	8.05	6.75	2.30	0.84	2.93	3.50	6.43
T1 IV	7.32	42.00	18.00	40.00	1.06	3.80	1.90	2.20	0.17	0.30	9.50	5.75	3.08	0.61	1.88	3.10	4.98
	7.35	35.00	24.50	39.50	1.04	3.15	1.57	1.83	0.24	0.39	9.11	5.65	2.94	0.62	1.93	3.10	5.03
T2 I	7.64	26.00	28.00	46.00	1.07	3.29	1.65	2.34	0.36	0.32	8.30	6.00	2.55	0.72	2.35	3.25	5.61
T2 II	7.65	26.00	28.00	64.00	1.04	3.64	1.82	1.77	0.37	0.32	6.40	6.00	3.19	0.94	1.88	2.01	3.89
T2 III	7.58	14.00	22.00	48.00	1.08	3.47	1.74	2.31	0.37	0.32	6.65	7.25	3.08	1.09	2.37	2.17	4.54
T2 IV	7.53	18.00	34.00	48.00	1.01	3.22	1.61	1.84	0.21	0.30	7.30	7.30	2.55	1.00	2.86	2.86	5.73
	7.60	21.00	28.00	51.50	1.05	3.41	1.70	2.07	0.33	0.32	7.16	6.64	2.84	0.93	2.34	2.52	4.86
T3 I	7.63	44.00	16.00	40.00	1.09	4.04	2.02	2.34	0.36	0.30	10.25	4.60	6.52	0.45	0.71	1.57	2.28
T3 II	7.62	42.00	10.00	48.00	1.06	4.24	2.12	2.49	0.39	0.34	8.40	5.00	2.81	0.60	1.78	2.98	4.77
T3 III	7.63	42.00	8.00	50.00	1.17	1.40	0.70	0.81	0.26	0.34	7.25	6.05	3.06	0.83	1.98	2.37	4.35
T3 IV	7.56	46.00	16.00	38.00	1.04	0.87	0.44	0.50	0.32	0.30	6.65	6.10	2.81	0.92	2.17	2.37	4.54
	7.61	43.50	12.50	44.00	1.09	2.64	1.32	1.54	0.33	0.32	8.14	6.44	3.80	0.67	1.43	2.14	3.57
T4 I	7.59	54.00	2.00	44.00	1.02	1.84	0.92	1.06	0.26	0.36	7.45	7.15	3.32	0.96	2.15	2.24	4.40
T4 II	7.56	52.00	6.00	42.00	1.02	2.81	1.41	1.63	0.34	0.32	6.50	7.20	3.32	1.11	2.17	1.96	4.13
T4 III	7.75	34.00	18.00	48.00	1.08	1.34	0.67	0.78	0.29	0.36	7.60	7.20	2.30	0.95	3.13	3.30	6.43
T4 IV	7.80	48.00	6.00	46.00	1.07	1.00	0.50	0.58	0.32	0.30	7.10	7.20	3.06	1.01	2.35	2.32	4.67
	7.68	47.00	8.00	45.00	1.05	1.75	0.87	1.01	0.30	0.34	7.16	7.19	3.00	1.00	2.40	2.39	4.78
T5 I	7.64	52.00	2.00	46.00	1.03	1.40	0.70	0.81	0.22	0.26	9.35	5.10	2.55	0.55	2.00	3.67	5.67
T5 II	7.54	28.00	20.00	52.00	1.09	1.71	0.86	0.99	0.26	0.28	7.20	5.20	3.06	0.72	1.70	2.35	4.05
T5 III	7.73	44.00	16.00	40.00	1.06	1.40	0.70	0.81	0.23	0.32	7.72	4.65	2.30	0.60	2.02	3.36	5.38
T5 IV	7.72	14.00	28.00	58.00	1.05	1.39	0.70	0.81	0.27	0.32	4.20	5.12	1.27	1.22	4.03	3.31	7.34
	7.66	34.50	16.50	49.00	1.06	1.48	0.74	0.86	0.25	0.30	7.12	6.02	2.30	0.70	2.19	3.10	5.29

Cuadro 2A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Primer Ciclo).

Muestreo No. 2

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Relaciones de los cationes						
											Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Ca+Mg/K			
T1 I	7.57	22.00	22.00	56.00	1.05	2.51	1.26	0.47	0.40	1.60	6.00	5.10	3.06	0.85	1.67	1.96	3.63
T1 II	7.55	16.00	26.00	58.00	1.05	2.25	1.13	1.08	0.40	0.80	4.90	5.20	3.06	1.06	1.70	1.60	3.30
T1 III	7.57	42.00	18.00	40.00	0.95	2.76	1.38	0.87	0.20	1.10	7.15	5.25	3.58	0.73	1.47	2.00	3.46
T1 IV	7.58	26.00	18.00	56.00	1.08	2.39	1.20	1.02	0.22	1.10	8.80	5.45	3.06	0.62	1.78	2.88	4.66
	7.57	26.50	21.00	52.50	1.03	2.48	1.24	0.86	0.31	1.15	6.71	5.25	3.19	0.78	1.65	2.10	3.75
T2 I	7.44	56.00	10.00	34.00	1.13	2.31	1.16	1.34	0.25	1.10	7.30	5.30	3.58	0.73	1.48	2.04	3.52
T2 II	7.44	64.00	8.00	28.00	1.08	1.56	0.78	0.91	0.15	1.10	9.35	5.40	3.83	0.58	1.41	2.44	3.85
T2 III	7.43	52.00	4.00	44.00	1.00	1.37	0.69	0.79	0.15	1.20	7.00	5.30	5.75	0.76	0.92	1.22	2.14
T2 IV	7.52	32.00	16.00	52.00	1.08	0.13	0.07	0.08	0.14	1.10	6.60	5.20	3.58	0.79	1.45	1.84	3.30
	7.46	51.00	9.50	39.50	1.07	1.34	0.67	0.78	0.17	1.13	7.56	5.30	4.19	0.70	1.27	1.81	3.07
T3 I	7.49	50.00	14.00	36.00	1.12	2.06	1.03	1.19	0.13	1.40	7.50	5.35	3.83	0.71	1.40	1.96	3.36
T3 II	7.47	42.00	18.00	40.00	1.04	1.62	0.81	0.94	0.15	1.10	7.05	5.75	3.19	0.82	1.80	2.21	4.01
T3 III	7.61	40.00	2.00	58.00	1.12	1.31	0.66	0.76	0.14	1.20	5.50	8.00	3.06	1.45	2.61	1.80	4.41
T3 IV	7.00	20.00	20.00	60.00	1.09	1.06	0.53	0.62	0.15	1.20	6.50	7.05	3.83	1.08	1.84	1.70	3.54
	7.39	38.00	13.50	48.50	1.09	1.51	0.76	0.88	0.14	1.23	6.64	6.54	3.48	0.98	1.88	1.91	3.79
T4 I	7.53	72.00	16.00	12.00	1.01	1.75	0.88	1.06	0.14	1.00	7.30	5.60	4.34	0.77	1.29	1.68	2.97
T4 II	7.61	28.00	20.00	52.00	1.04	1.99	1.00	1.15	0.16	1.20	6.05	5.65	3.06	0.93	1.85	1.98	3.82
T4 III	7.43	44.00	16.00	40.00	1.11	2.12	1.06	1.23	0.12	1.40	6.25	5.50	4.34	0.88	1.27	1.44	2.71
T4 IV	7.51	60.00	2.00	58.00	1.07	1.62	0.81	0.94	0.14	1.10	8.50	5.10	4.09	0.60	1.25	2.08	3.33
	7.52	51.00	13.50	40.50	1.06	1.87	0.94	1.10	0.14	1.18	7.03	5.46	3.96	0.78	1.38	1.78	3.16
T5 I	7.66	40.00	4.00	56.00	0.98	1.50	0.75	0.87	0.13	1.40	7.95	6.15	3.06	0.77	2.01	2.60	4.61
T5 II	7.76	42.00	18.00	40.00	1.11	1.00	0.50	0.58	0.17	1.50	6.55	7.10	3.32	1.08	2.14	1.97	4.11
T5 III	7.60	18.00	22.00	60.00	1.12	1.06	0.53	0.62	0.15	1.20	6.45	7.05	3.32	1.09	2.12	1.94	4.07
T5 IV	7.64	34.00	20.00	46.00	1.07	1.49	0.75	1.15	0.30	1.10	4.60	7.20	3.83	1.57	1.88	1.20	3.08
	7.67	33.50	16.00	50.50	1.07	1.26	0.63	0.81	0.19	1.30	6.39	6.88	3.38	1.08	2.03	1.89	3.92

Cuadro 3A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Primer Ciclo).

Muestreo No. 3

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Relaciones de los cationes			
														Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
T1 I	7.55	24.00	24.00	52.00	1.06	0.90	0.45	0.50	0.40	1.70	6.00	5.20	3.32	0.87	1.57	1.81	3.37
T1 II	7.56	20.00	24.00	56.00	1.06	1.89	0.95	0.06	0.50	1.20	5.00	5.20	3.58	1.04	1.45	1.40	2.85
T1 III	7.55	36.00	16.00	48.00	0.93	1.60	0.80	0.86	0.30	1.20	7.20	5.23	3.58	0.73	1.46	2.01	3.47
T1 IV	7.57	26.00	18.00	56.00	1.04	1.71	0.86	1.00	0.20	1.10	8.60	5.35	3.32	0.62	1.61	2.59	4.20
	7.56	26.50	20.50	53.00	1.02	1.53	0.76	0.61	0.35	1.30	6.70	5.26	3.45	0.78	1.52	1.94	3.46
T2 I	7.80	40.00	14.00	46.00	1.18	2.34	1.17	1.40	0.23	1.20	7.40	5.40	3.83	0.73	1.41	1.93	3.34
T2 II	7.46	50.00	10.00	40.00	1.20	1.70	0.85	0.88	0.18	1.10	9.30	5.30	3.32	0.57	1.60	2.80	4.40
T2 III	7.44	42.00	8.00	50.00	1.16	1.40	0.70	0.80	0.16	1.10	7.20	5.20	3.32	0.72	1.57	2.17	3.73
T2 IV	7.60	30.00	22.00	48.00	1.12	0.30	0.15	0.06	0.15	1.30	6.40	5.30	3.32	0.83	1.60	1.93	3.52
	7.58	40.50	13.50	46.00	1.17	1.44	0.72	0.79	0.18	1.18	7.58	5.30	3.45	0.70	1.54	2.20	3.73
T3 I	7.50	40.00	16.00	44.00	1.14	2.09	1.05	1.22	0.15	1.20	7.20	5.36	3.32	0.74	1.61	2.17	3.78
T3 II	7.48	32.00	20.00	48.00	1.10	1.69	0.85	0.92	0.17	1.30	7.00	5.60	2.04	0.80	2.75	3.43	6.18
T3 III	7.46	28.00	10.00	62.00	1.14	1.40	0.70	0.80	0.16	1.10	5.60	7.80	3.32	1.39	2.35	1.69	4.04
T3 IV	7.60	20.00	30.00	50.00	1.06	1.10	0.55	0.66	0.16	1.10	6.80	7.02	3.83	1.03	1.83	1.78	3.61
	7.51	30.00	19.00	51.00	1.11	1.57	0.79	0.90	0.16	1.18	6.65	6.45	3.13	0.97	2.06	2.13	4.19
T4 I	7.56	38.00	20.00	42.00	1.20	1.80	0.90	1.04	0.15	1.30	7.40	5.50	3.58	0.74	1.54	2.07	3.60
T4 II	7.57	20.00	24.00	56.00	1.15	1.90	0.95	1.08	0.16	1.30	6.20	5.60	3.32	0.90	1.69	1.87	3.55
T4 III	7.50	40.00	20.00	40.00	1.15	1.20	0.60	1.20	0.14	1.40	6.30	5.50	3.06	0.87	1.80	2.06	3.86
T4 IV	7.54	42.00	12.00	46.00	1.04	1.68	0.84	0.70	0.15	1.10	8.00	5.30	3.32	0.66	1.60	2.41	4.01
	7.54	35.00	19.00	46.00	1.14	1.65	0.82	1.01	0.15	1.28	6.98	5.48	3.32	0.78	1.65	2.10	3.75
T5 I	7.68	38.00	14.00	48.00	0.88	1.60	0.80	0.86	0.14	1.20	8.00	6.25	3.32	0.78	1.88	2.41	4.29
T5 II	7.70	36.00	24.00	40.00	1.12	1.20	0.60	0.60	0.17	1.40	6.60	7.20	3.58	1.09	2.01	1.84	3.85
T5 III	7.61	16.00	32.00	52.00	1.14	1.15	0.58	0.64	0.16	1.30	6.30	7.08	3.58	1.12	1.98	1.76	3.74
T5 IV	7.62	30.00	26.00	44.00	1.04	1.88	0.94	1.18	0.34	1.10	5.00	6.90	3.58	1.38	1.93	1.40	3.32
	7.65	30.00	24.00	46.00	1.05	1.46	0.73	0.82	0.20	1.25	6.48	6.86	3.52	1.06	1.95	1.84	3.79

Cuadro 4A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Primer Ciclo).

Muestreo No. 4

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Mg		Ca		K		Relaciones de los cationes				
											meq/100 g	Ca	meq/100 g	Ca	meq/100 g	K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	
T1 I	7.46	23.00	26.00	51.00	1.04	3.14	1.57	2.05	0.20	1.20	4.90	5.30	3.83	1.08	1.38	1.28	2.66				
T1 II	7.56	18.00	22.00	60.00	1.07	2.83	1.42	2.51	0.15	1.10	8.80	5.40	3.58	0.61	1.51	2.46	3.97				
T1 III	7.90	32.00	18.00	50.00	1.06	2.74	1.37	2.47	0.40	1.00	9.36	6.60	3.32	0.71	1.99	2.82	4.81				
T1 IV	7.43	40.00	6.00	54.00	1.02	3.01	1.51	2.08	0.13	1.50	6.60	7.20	3.83	1.09	1.88	1.72	3.60				
	7.59	28.25	18.00	53.75	1.05	2.93	1.47	2.28	0.22	1.20	7.42	6.13	3.64	0.83	1.68	2.04	3.72				
T2 I	7.55	38.00	14.00	48.00	0.93	4.38	2.19	2.54	0.12	1.60	5.50	5.20	4.34	0.95	1.20	1.27	2.47				
T2 II	7.52	27.00	18.00	55.00	1.02	3.64	1.82	2.11	0.16	1.30	4.60	5.35	3.58	1.16	1.49	1.28	2.78				
T2 III	7.48	56.00	12.00	32.00	1.31	2.54	1.27	1.47	0.30	1.20	6.20	5.76	3.32	0.93	1.73	1.87	3.60				
T2 IV	7.49	64.00	9.00	27.00	1.08	1.02	0.51	0.59	0.17	1.10	5.57	6.24	3.06	1.12	2.04	1.82	3.86				
	7.51	46.25	13.25	40.50	1.09	2.90	1.45	1.68	0.19	1.30	5.47	6.64	3.58	1.03	1.58	1.53	3.11				
T3 I	7.62	52.00	12.00	36.00	1.02	1.28	0.64	0.74	0.15	1.60	7.78	7.05	2.30	0.91	3.07	3.38	6.45				
T3 II	7.46	39.00	21.00	40.00	0.92	3.22	1.61	1.86	0.12	1.10	5.95	7.20	3.06	1.21	2.35	1.94	4.30				
T3 III	7.60	22.00	17.00	61.00	0.91	4.38	2.19	2.54	0.14	1.10	4.92	5.50	3.83	1.12	1.44	1.28	2.72				
T3 IV	7.55	72.00	15.00	13.00	1.01	3.38	1.69	1.96	0.22	1.00	8.06	5.10	4.34	0.63	1.18	1.86	3.03				
	7.56	46.25	16.25	37.50	0.97	3.07	1.53	1.78	0.16	1.20	6.68	6.21	3.38	0.93	1.84	1.97	3.81				
T4 I	7.41	18.00	24.00	58.00	1.06	0.03	0.02	0.03	0.10	1.20	4.43	7.20	2.30	1.63	3.13	1.93	5.06				
T4 II	7.63	39.00	6.00	55.00	1.05	2.75	1.38	2.59	0.25	1.30	5.57	5.30	3.32	0.95	1.60	1.68	3.27				
T4 III	7.74	40.00	15.00	45.00	1.00	2.38	1.19	2.54	0.40	1.40	6.60	5.10	3.58	0.77	1.42	1.84	3.27				
T4 IV	7.62	27.00	22.00	51.00	1.06	2.12	1.06	2.38	0.24	1.60	7.28	6.40	3.58	0.88	1.79	2.03	3.82				
	7.60	31.00	16.75	52.25	1.04	1.82	0.91	1.89	0.25	1.38	5.97	6.00	3.20	1.01	1.88	1.87	3.76				
T5 I	7.42	32.00	17.00	51.00	1.07	0.29	0.15	0.16	0.20	1.20	7.30	7.60	3.06	1.04	2.48	2.39	4.87				
T5 II	7.55	27.00	17.00	56.00	1.00	2.59	1.30	1.50	0.40	1.30	4.87	5.40	4.34	1.11	1.24	1.12	2.37				
T5 III	7.66	16.00	28.00	56.00	0.92	3.33	1.67	1.93	0.13	1.10	6.24	6.20	3.32	0.99	1.87	1.88	3.75				
T5 IV	7.98	21.00	24.00	55.00	1.06	1.49	0.75	0.86	0.16	1.00	5.70	7.15	3.83	1.25	1.87	1.49	3.36				
	7.65	24.00	21.50	54.50	1.01	1.93	0.96	1.11	0.22	1.15	6.03	6.59	3.64	1.09	1.81	1.66	3.47				

Cuadro 5A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Segundo Ciclo).

Muestreo No. 5

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Relaciones de los cationes			
														Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
T1 I	7.57	13.60	16.80	69.60	1.06	4.64	2.32	1.65	3.60	1.70	23.25	69.8	26.82	3.00	2.60	0.87	3.47
T1 II	7.82	7.20	27.60	65.20	1.09	4.54	2.27	0.78	2.88	1.10	11.25	90.0	32.19	8.00	2.80	0.35	3.15
T1 III	7.82	9.60	20.80	69.60	1.15	4.24	2.12	1.88	4.32	1.20	20.25	90.8	24.81	4.48	3.66	0.82	4.47
T1 IV	7.77	10.00	24.80	65.20	1.13	7.34	3.67	1.36	2.88	2.30	26.25	72.3	23.06	2.75	3.13	1.14	4.27
	7.75	10.10	22.50	67.40	1.11	5.19	2.60	1.42	3.42	1.58	20.25	80.7	26.72	3.98	3.02	0.76	3.78
T2 I	7.72	9.20	25.60	65.20	1.16	4.14	2.07	1.53	3.60	1.30	18.75	103.5	28.47	5.52	3.64	0.66	4.29
T2 II	7.76	8.40	22.40	69.20	0.98	3.74	1.87	2.23	2.16	1.20	24.00	93.8	19.91	3.91	4.71	1.21	5.91
T2 III	7.86	11.20	22.00	66.80	1.07	4.34	2.17	1.88	2.88	0.90	9.75	99.8	26.56	10.23	3.76	0.37	4.12
T2 IV	7.70	10.00	21.20	68.80	1.19	5.34	2.67	1.36	3.60	1.60	12.00	75.0	26.32	6.25	2.85	0.46	3.31
	7.76	9.70	22.80	67.50	1.10	4.39	2.20	1.75	3.06	1.25	16.13	93.0	25.31	5.77	3.67	0.64	4.31
T3 I	7.87	9.60	20.80	96.60	1.14	4.64	2.32	2.69	2.88	0.90	18.75	92.3	27.75	4.92	3.32	0.68	4.00
T3 II	7.72	11.60	18.80	69.60	1.02	3.54	1.77	2.05	1.44	0.50	24.00	93.8	19.10	3.91	4.91	1.26	6.17
T3 III	7.78	13.20	23.20	63.60	1.06	3.04	1.52	1.76	3.60	1.10	9.75	108.0	21.72	11.08	4.97	0.45	5.42
T3 IV	7.84	13.80	13.20	73.60	1.08	4.24	2.12	2.46	2.88	1.50	12.00	79.5	22.43	6.63	3.54	0.53	4.08
	7.80	12.05	19.00	75.85	1.08	3.87	1.93	2.24	2.70	1.00	16.13	93.4	22.75	5.79	4.10	0.71	4.81
T4 I	7.91	15.20	25.60	69.20	1.12	2.84	1.42	2.69	2.88	1.40	19.50	105.0	17.92	5.38	5.86	1.09	6.95
T4 II	7.67	21.20	21.60	57.20	1.13	1.34	0.67	2.63	3.60	1.00	21.00	98.3	17.07	4.68	5.76	1.23	6.99
T4 III	7.86	13.20	24.00	62.80	1.13	3.24	1.62	2.46	2.88	1.70	6.00	74.3	23.06	12.38	3.22	0.26	3.48
T4 IV	7.56	13.20	19.20	67.60	1.10	2.34	1.17	4.26	2.88	0.90	11.25	94.5	36.26	8.40	2.61	0.31	2.92
	7.75	15.70	22.60	64.20	1.12	2.44	1.22	3.01	3.06	1.25	14.44	93.0	23.58	6.44	3.94	0.61	4.56
T5 I	7.83	13.60	20.80	65.60	1.13	2.64	1.32	2.40	2.16	0.60	11.25	114.0	26.35	10.13	4.33	0.43	4.75
T5 II	7.90	6.00	26.40	67.60	1.07	3.84	1.92	2.17	2.16	1.70	14.25	96.8	27.55	6.79	3.51	0.52	4.03
T5 III	7.84	7.20	28.00	64.80	1.21	3.24	1.62	2.52	2.88	0.90	14.50	84.0	25.66	5.79	3.27	0.57	3.84
T5 IV	7.74	6.40	30.80	62.80	1.17	2.34	1.17	3.10	3.60	1.10	16.50	87.0	18.01	5.27	4.83	0.92	5.75
	7.83	8.30	26.50	65.20	1.15	3.02	1.51	2.55	2.70	1.08	14.13	95.4	24.39	6.76	3.91	0.58	4.49

Cuadro 6A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Segundo Ciclo).

Muestreo No. 6

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meg/100 g	Cloruros meg/100 g	Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Relaciones de los cationes			
														Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
T1 I	8.15	12.40	19.60	68.00	1.08	4.64	2.32	1.65	3.60	0.70	27.60	63.6	31.79	2.30	2.00	0.87	2.87
T1 II	8.03	6.40	19.60	74.00	1.12	4.34	2.17	2.58	2.88	0.70	10.50	87.8	36.04	8.36	2.44	0.29	2.73
T1 III	7.92	8.40	25.60	66.00	1.06	5.74	2.87	2.17	2.88	0.70	11.40	76.8	25.13	6.74	3.06	0.45	3.51
T1 IV	8.09	8.40	27.20	64.40	1.03	4.34	2.17	2.29	2.88	2.40	25.80	74.4	24.48	2.88	3.04	1.05	4.09
	8.05	8.90	23.00	68.10	1.07	4.77	2.38	2.17	3.06	1.13	18.83	75.6	29.36	4.02	2.58	0.64	3.22
T2 I	8.27	10.40	25.60	64.00	1.12	4.44	2.22	2.40	2.16	0.90	21.75	79.5	21.50	3.66	3.70	1.01	4.71
T2 II	8.02	8.40	25.60	66.00	1.18	3.74	1.87	0.43	2.88	1.70	19.50	105.0	16.71	5.38	6.28	1.17	7.45
T2 III	8.04	16.40	19.20	64.40	1.01	4.64	2.32	1.82	2.16	1.40	19.20	88.2	22.83	4.59	3.86	0.84	4.70
T2 IV	8.22	4.40	23.60	72.00	1.01	5.14	2.57	3.60	2.16	0.80	15.00	92.3	20.79	6.15	4.44	0.72	5.16
	8.14	9.90	23.50	66.60	1.08	4.49	2.25	2.06	2.34	1.20	18.86	91.2	20.46	4.84	4.46	0.92	5.38
T3 I	8.05	8.40	21.60	70.00	1.14	2.84	1.42	1.88	2.16	0.80	13.20	88.5	19.26	6.70	4.59	0.69	5.28
T3 II	8.09	6.40	27.20	66.40	1.06	4.44	2.22	2.05	2.16	1.10	29.40	85.2	10.32	2.90	8.26	2.85	11.11
T3 III	8.18	10.40	29.20	60.40	1.06	3.74	1.87	2.34	2.88	1.20	3.60	83.3	11.67	23.13	7.13	0.31	7.44
T3 IV	8.14	6.40	23.60	70.00	1.04	3.94	1.97	2.00	3.60	2.50	24.00	101.3	21.25	4.22	4.76	1.13	5.89
	8.12	7.90	25.40	66.70	1.08	3.74	1.87	2.07	2.70	1.40	17.55	89.6	15.63	5.10	5.73	1.12	6.85
T4 I	7.91	10.40	21.20	68.40	1.18	4.14	2.02	2.69	2.88	3.00	15.00	87.6	13.08	5.84	6.70	1.15	7.84
T4 II	8.10	8.40	21.60	70.00	1.05	0.74	0.37	2.52	2.88	0.50	11.40	63.0	12.62	5.53	4.99	0.90	5.90
T4 III	8.09	8.40	25.60	66.00	1.06	3.14	1.57	3.33	4.32	0.50	17.25	88.2	11.67	5.11	7.56	1.48	9.03
T4 IV	8.09	8.40	25.60	66.00	1.14	2.74	1.37	2.52	3.60	1.50	6.75	92.3	15.26	13.67	8.05	0.44	6.49
	8.05	8.90	23.50	67.60	1.11	2.69	1.33	2.77	3.42	1.38	12.60	82.8	13.16	6.57	6.29	0.96	7.25
T5 I	8.15	10.40	15.60	74.00	1.10	3.24	1.62	2.58	2.88	1.20	13.50	96.0	12.89	7.11	7.45	1.05	8.49
T5 II	8.21	6.40	31.20	62.40	1.07	3.54	1.77	2.17	3.60	0.90	9.00	93.0	13.73	10.33	6.77	0.66	7.43
T5 III	8.06	14.40	23.60	62.00	1.06	4.04	2.02	2.69	2.88	1.20	3.00	102.8	25.09	34.25	4.09	0.12	4.21
T5 IV	8.14	10.40	25.20	64.40	1.07	3.44	1.72	2.98	2.88	1.80	20.25	92.3	11.55	4.56	7.98	1.75	9.74
	8.14	10.40	23.90	65.70	1.08	3.57	1.78	2.61	3.06	1.28	11.44	96.0	15.82	8.39	6.07	0.72	6.79

Cuadro 7A Resultados de los Análisis Físico-Químico de las Muestras de Suelo, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*), probando Láminas de riego con Aguas Residuales. (Segundo Ciclo).

Tratam.	pH	arena %	Limo %	Arcilla %	D.A. g/ml g/cc	M.O. %	N %	C %	Carbonatos meq/100 g	Cloruros meq/100 g	Mg meq/100 g	Ca meq/100 g	K	Relaciones de los cationes			
														Ca/Mg	Ca/K	Ca+Mg/K	
T1 I	7.52	11.20	27.20	53.60	1.11	4.14	2.07	2.92	3.60	1.30	36.60	61.20	6.40	1.67	9.56	5.72	15.27
T1 II	7.50	5.20	20.00	74.80	1.16	6.44	3.22	0.55	2.88	0.70	35.40	69.60	11.01	1.97	6.32	3.22	9.54
T1 III	7.58	13.20	25.60	61.20	1.02	3.54	1.77	2.40	2.16	1.40	25.20	61.20	11.67	2.43	5.24	2.16	7.40
T1 IV	7.53	5.20	23.60	71.20	1.06	3.14	1.57	2.00	2.16	0.60	24.60	75.00	7.88	3.05	9.51	3.12	12.63
	7.53	8.70	24.10	65.20	1.09	4.32	2.16	1.97	2.70	1.00	30.45	66.75	9.24	2.19	7.22	3.29	10.52
T2 I	7.58	11.20	25.60	63.20	1.23	4.04	2.02	1.94	2.88	0.80	31.80	70.20	11.43	2.21	6.14	2.78	8.92
T2 II	7.73	11.20	19.20	69.60	1.21	3.24	1.62	2.05	3.60	0.90	42.00	66.00	9.87	1.57	6.69	4.25	10.94
T2 III	7.67	5.20	26.00	68.80	1.11	3.54	1.77	2.46	2.88	1.10	12.00	87.00	12.62	7.25	6.90	0.95	7.85
T2 IV	7.55	11.20	19.60	69.20	1.21	4.04	2.02	1.07	2.88	1.10	24.60	75.60	7.88	3.07	9.59	3.12	12.71
	7.63	9.70	22.60	67.70	1.19	3.72	1.80	1.88	3.06	0.98	27.60	74.70	10.45	2.71	7.15	2.64	9.79
T3 I	7.76	7.20	26.00	66.80	1.21	3.44	1.72	2.40	2.88	1.10	28.20	67.80	11.34	2.40	5.98	2.49	8.47
T3 II	7.52	3.20	30.00	66.80	1.07	2.64	1.32	3.74	2.88	1.20	20.40	69.60	11.79	3.41	5.90	1.73	7.63
T3 III	7.61	3.20	24.00	72.80	1.19	4.64	2.32	2.05	2.16	1.40	14.40	69.60	11.55	4.83	6.02	1.25	7.27
T3 IV	7.42	17.20	17.60	65.20	1.05	3.24	1.62	1.82	2.88	0.90	44.40	76.20	10.32	1.72	7.39	4.30	11.69
	7.58	7.70	24.40	67.90	1.13	3.49	1.75	2.50	2.70	1.15	26.85	70.80	11.25	2.64	6.29	2.39	8.68
T4 I	7.63	9.20	22.00	68.80	1.13	5.04	2.52	2.34	2.88	1.80	36.30	78.60	13.17	2.17	5.97	2.76	8.73
T4 II	7.59	9.20	27.20	63.60	1.11	0.94	0.47	1.88	2.88	1.00	8.40	82.20	23.08	9.79	3.56	0.36	3.93
T4 III	7.64	13.20	26.00	60.80	1.17	4.14	2.07	2.05	2.16	0.90	21.00	69.00	24.48	3.29	2.82	0.86	3.68
T4 IV	7.42	3.20	30.00	66.80	1.11	3.44	1.72	2.34	2.88	0.80	22.80	69.00	13.08	3.03	5.28	1.74	7.02
	7.57	8.70	26.30	65.00	1.13	3.39	1.70	2.15	2.70	1.13	22.13	74.70	18.45	3.38	4.05	1.20	6.25
T5 I	7.51	15.20	17.60	67.20	1.12	3.44	1.72	2.00	3.60	1.00	19.20	79.80	10.71	4.16	7.45	1.79	9.25
T5 II	7.69	19.20	27.20	53.60	1.16	2.64	1.32	1.53	2.88	1.00	37.20	62.40	18.01	1.68	3.47	2.07	5.53
T5 III	7.75	11.20	25.50	63.60	1.13	4.64	2.32	2.69	3.60	1.00	18.00	74.40	13.73	4.13	5.42	1.31	6.73
T5 IV	7.57	5.20	26.00	68.80	1.14	3.24	1.62	1.88	2.88	1.20	17.40	79.20	11.55	4.55	6.85	1.51	8.36
	7.63	12.70	24.08	63.30	1.14	3.49	1.75	2.03	3.24	1.05	22.95	73.95	13.50	3.22	5.48	1.70	7.18

Cuadro 8A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Primer Ciclo).

Muestreo No. 1

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00038	0.01565	0.01716	0.63	3.94	4.45	29.35
T1 II	0.00025	0.00313	0.02145	0.61	3.81	6.36	26.48
T1 III	0.00017	0.01565	0.01716	0.68	4.25	6.23	26.22
T1 IV	0.00030	0.00825	0.01726	0.64	4.00	4.47	27.15
	0.00027	0.01067	0.01826	0.64	4.00	5.38	27.30
T2 I	0.00029	0.00939	0.01505	0.62	3.87	4.67	27.85
T2 II	0.00016	0.01565	0.02188	0.75	4.69	5.66	26.91
T2 III	0.00046	0.01178	0.02377	0.65	4.06	4.63	28.05
T2 IV	0.00030	0.00469	0.03287	0.68	4.25	5.21	25.18
	0.00030	0.01038	0.02339	0.68	4.22	5.04	27.00
T3 I	0.00021	0.00331	0.01860	0.59	3.69	5.36	29.53
T3 II	0.00017	0.01409	0.00672	0.75	4.69	6.68	28.46
T3 III	0.00019	0.01409	0.01613	0.84	5.25	6.15	29.68
T3 IV	0.00026	0.01565	0.02574	0.60	3.75	4.87	30.12
	0.00021	0.01178	0.01680	0.70	4.35	6.77	29.45
T4 I	0.00024	0.01097	0.01438	0.75	4.69	6.55	27.69
T4 II	0.00024	0.01096	0.01813	0.66	4.12	6.59	28.31
T4 III	0.00021	0.00940	0.01289	0.77	4.81	6.10	29.71
T4 IV	0.00023	0.01722	0.01979	0.67	4.19	5.12	30.05
	0.00023	0.01213	0.01630	0.71	4.45	6.09	28.99
T5 I	0.00030	0.01252	0.01433	0.76	4.75	7.18	32.15
T5 II	0.00024	0.02191	0.02717	0.60	3.75	6.81	28.90
T5 III	0.00023	0.01722	0.01895	0.87	5.44	7.35	31.12
T5 IV	0.00036	0.01565	0.01577	0.70	4.37	2.57	27.91
	0.00028	0.01682	0.01906	0.73	4.58	5.98	30.02

Cuadro 9A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Primer Ciclo).

Muestreo No. 2

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00039	0.01364	0.01687	0.58	3.63	9.27	32.18
T1 II	0.00027	0.00768	0.01945	0.73	4.56	9.10	27.82
T1 III	0.00017	0.01227	0.01738	0.86	5.38	9.85	28.21
T1 IV	0.00029	0.00989	0.01546	0.59	3.69	7.96	28.32
T2 I	0.00030	0.01133	0.01669	0.73	4.56	8.38	33.68
T2 II	0.00018	0.01664	0.01847	0.63	3.94	10.95	29.73
T2 III	0.00040	0.01179	0.01969	0.89	5.56	9.30	30.22
T2 IV	0.00030	0.00569	0.01487	0.76	4.75	9.62	32.67
T3 I	0.00029	0.01136	0.01743	0.75	4.70	9.56	31.67
T3 II	0.00022	0.00471	0.01943	0.62	3.87	9.23	31.41
T3 III	0.00013	0.01237	0.00989	0.68	4.25	9.47	30.72
T3 IV	0.00022	0.01359	0.01512	0.79	4.94	8.48	30.18
T4 I	0.00038	0.01464	0.01764	0.64	4.00	9.06	32.51
T4 II	0.00024	0.01133	0.01552	0.68	4.26	9.06	31.20
T4 III	0.00029	0.00985	0.01847	0.53	3.31	8.00	30.51
T4 IV	0.00026	0.01164	0.01269	0.44	2.75	8.90	31.53
T5 I	0.00022	0.01133	0.02156	0.72	4.50	8.00	35.04
T5 II	0.00031	0.00974	0.01468	0.62	3.87	7.28	32.40
T5 III	0.00027	0.01064	0.01685	0.58	3.61	8.05	32.37
T5 IV	0.00033	0.01276	0.01799	0.76	4.75	9.14	35.95
T5 I	0.00030	0.00849	0.01943	0.54	3.37	10.84	24.50
T5 II	0.00025	0.01637	0.01988	0.66	4.12	8.27	33.05
T5 III	0.00041	0.01465	0.01487	0.46	2.87	6.87	26.11
T5 IV	0.00032	0.01307	0.01804	0.61	3.78	8.78	29.90

Muestreo No. 3

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00029	0.01470	0.01817	0.72	4.50	5.67	33.12
T1 II	0.00018	0.00888	0.03246	0.66	4.13	6.45	29.15
T1 III	0.00022	0.00437	0.01728	0.69	4.31	4.73	28.67
T1 IV	0.00031	0.00963	0.01746	0.61	3.81	4.22	30.28
T2 I	0.00031	0.01237	0.02134	0.67	4.19	5.27	30.31
T2 II	0.00027	0.00268	0.02673	0.67	4.19	5.78	30.48
T2 III	0.00067	0.02978	0.01894	0.74	4.63	4.76	31.89
T2 IV	0.00020	0.00685	0.03246	0.72	4.50	5.34	33.14
T3 I	0.00036	0.01292	0.02319	0.70	4.34	5.14	31.84
T3 II	0.00029	0.00456	0.02960	0.58	3.63	6.73	32.33
T3 III	0.00030	0.01369	0.05892	0.73	4.56	4.64	31.89
T3 IV	0.00037	0.01423	0.04247	0.86	5.38	5.63	32.49
T4 I	0.00033	0.00274	0.02674	0.59	3.69	6.74	33.48
T4 II	0.00037	0.06880	0.03943	0.69	4.31	6.94	32.55
T4 III	0.00037	0.01173	0.03540	0.71	4.44	6.45	33.56
T4 IV	0.00046	0.01194	0.02794	0.68	4.25	6.69	31.84
T5 I	0.00039	0.00965	0.04276	0.48	3.00	6.20	34.95
T5 II	0.00018	0.01644	0.03009	0.42	2.63	5.14	33.62
T5 III	0.00035	0.01244	0.03405	0.57	3.58	6.12	33.49
T5 IV	0.00031	0.01342	0.02236	0.73	4.56	7.24	31.38
T5 V	0.00056	0.02152	0.03118	0.63	3.94	6.79	26.91
T5 VI	0.00022	0.01588	0.02897	0.89	5.56	7.46	29.67
T5 VII	0.00019	0.00235	0.03136	0.76	4.75	3.66	27.59
T5 VIII	0.00032	0.01329	0.02847	0.75	4.70	6.29	28.89

Cuadro 11A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Primer Ciclo).

Muestreo No. 4

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00019	0.00897	0.01476	0.82	5.12	4.64	32.92
T1 II	0.00031	0.00269	0.01187	0.64	4.00	6.56	30.82
T1 III	0.00028	0.00274	0.01278	0.75	4.69	4.86	29.87
T1 IV	0.00045	0.00978	0.02961	0.83	5.19	5.22	30.79
	0.00031	0.00604	0.01726	0.76	4.76	5.27	31.13
T2 I	0.00029	0.01261	0.03548	0.62	3.87	6.84	32.62
T2 II	0.00019	0.01101	0.02189	0.68	4.25	5.66	31.47
T2 III	0.00032	0.00926	0.01362	0.79	4.94	4.87	30.45
T2 IV	0.00059	0.00435	0.03126	0.64	4.00	5.68	34.73
	0.00035	0.00931	0.02556	0.68	4.26	5.76	32.32
T3 I	0.00029	0.01174	0.03319	0.71	4.44	6.92	31.94
T3 II	0.00019	0.01465	0.02326	0.69	4.31	4.54	32.68
T3 III	0.00027	0.01329	0.02764	0.58	3.62	5.86	30.88
T3 IV	0.00049	0.00722	0.03423	0.76	4.75	5.32	29.78
	0.00031	0.01172	0.02958	0.69	4.28	5.66	31.35
T4 I	0.00036	0.01436	0.02976	0.42	2.62	7.53	27.89
T4 II	0.00018	0.01240	0.04725	0.67	4.19	4.42	29.26
T4 III	0.00031	0.00289	0.03096	0.75	4.69	6.78	27.49
T4 IV	0.00056	0.00694	0.01988	0.66	4.12	4.21	30.37
	0.00035	0.00915	0.03196	0.63	3.90	5.74	28.75
T5 I	0.00016	0.00889	0.01641	0.87	5.43	3.87	32.68
T5 II	0.00039	0.00946	0.01479	0.73	4.56	7.28	29.75
T5 III	0.00028	0.01524	0.03267	0.89	5.56	4.56	30.89
T5 IV	0.00043	0.00490	0.02892	0.44	2.75	5.69	32.64
	0.00031	0.00962	0.02320	0.73	4.58	5.35	31.49

Cuadro 12A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Primer Ciclo).

Muestreo No. 5

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00019	0.01741	0.01647	0.76	4.75	4.87	29.94
T1 II	0.00028	0.00899	0.02469	0.54	3.37	6.74	28.59
T1 III	0.00037	0.00348	0.01781	0.66	4.12	4.73	27.84
T1 IV	0.00011	0.00694	0.01476	0.46	2.87	4.68	28.91
	0.00024	0.00920	0.01843	0.61	3.78	5.26	28.82
T2 I	0.00039	0.01279	0.01641	0.48	3.00	5.87	29.15
T2 II	0.00027	0.00467	0.02761	0.67	4.19	5.76	27.64
T2 III	0.00047	0.02784	0.01989	0.42	2.62	4.34	28.71
T2 IV	0.00019	0.00895	0.02635	0.52	3.25	5.66	26.49
	0.00033	0.01356	0.02257	0.52	3.26	5.41	28.00
T3 I	0.00059	0.00468	0.03649	0.65	4.06	4.74	27.59
T3 II	0.00036	0.01638	0.02896	0.41	2.56	6.64	28.67
T3 III	0.00032	0.01277	0.03128	0.50	3.12	5.67	26.89
T3 IV	0.00029	0.00895	0.01227	0.71	4.44	6.34	25.75
	0.00039	0.01069	0.02725	0.57	3.55	5.85	27.23
T4 I	0.00012	0.01714	0.01369	0.74	4.62	6.69	28.15
T4 II	0.00037	0.01917	0.02683	0.55	3.44	6.45	26.87
T4 III	0.00049	0.00693	0.03448	0.54	3.37	7.46	28.09
T4 IV	0.00052	0.01568	0.04357	0.76	4.75	3.79	25.78
	0.00038	0.01473	0.02964	0.65	4.04	6.10	27.22
T5 I	0.00047	0.01457	0.01279	0.53	3.31	5.66	25.80
T5 II	0.00029	0.01649	0.03286	0.44	2.75	6.24	26.42
T5 III	0.00017	0.01187	0.02268	0.72	4.50	7.20	26.87
T5 IV	0.00030	0.01140	0.01879	0.62	3.87	3.66	28.16
	0.00031	0.01358	0.02178	0.58	3.61	5.69	26.81

Cuadro 13A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Segundo Ciclo).

Muestreo No. 6

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00521	0.00316	0.08866	1.33	8.31	8.56	30.84
T1 II	0.00401	0.00164	0.17875	1.41	8.81	7.22	27.58
T1 III	0.00280	0.00114	0.19734	0.79	4.94	5.93	28.84
T1 IV	0.00340	0.00073	0.12155	1.36	8.50	6.59	28.81
	0.00386	0.00167	0.14658	1.222	7.640	7.075	29.017
T2 I	0.00280	0.00218	0.18876	0.70	4.38	7.32	29.16
T2 II	0.00481	0.00364	0.09724	1.51	9.44	7.73	26.54
T2 III	0.00321	0.00146	0.13728	0.79	4.94	6.26	24.72
T2 IV	0.00441	0.00267	0.15730	0.79	4.94	6.06	27.48
	0.00381	0.00249	0.14515	0.947	5.922	6.842	26.975
T3 I	0.00481	0.00231	0.16159	0.86	5.37	6.02	27.68
T3 II	0.00401	0.00388	0.15444	0.79	4.94	6.77	28.67
T3 III	0.00581	0.00316	0.16159	0.79	4.94	6.19	26.88
T3 IV	0.00240	0.00146	0.15730	0.94	5.87	4.61	25.95
	0.00421	0.00270	0.15873	0.845	5.280	5.897	27.295
T4 I	0.00521	0.00583	0.17160	0.79	4.94	8.61	28.45
T4 II	0.00401	0.00413	0.16159	0.79	4.94	8.53	28.87
T4 III	0.00361	0.00097	0.12155	0.70	4.34	7.30	28.89
T4 IV	0.00321	0.00121	0.12584	0.55	3.44	7.76	26.78
	0.00401	0.00304	0.14515	0.707	4.415	8.050	27.747
T5 I	0.00441	0.00334	0.11440	0.70	4.37	7.51	26.88
T5 II	0.00173	0.00388	0.18790	0.62	3.87	6.24	26.44
T5 III	0.00302	0.00388	0.12790	0.53	3.31	5.66	26.87
T5 IV	0.00321	0.00361	0.16588	0.63	3.94	5.70	28.26
	0.00309	0.00368	0.14902	0.620	3.872	6.277	27.112

Cuadro 14A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliares, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Segundo Ciclo).

Muestreo No. 7

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00561	0.00097	0.12155	1.15	7.19	7.32	31.54
T1 II	0.00480	0.00170	0.12155	1.02	6.38	6.91	28.99
T1 III	0.00240	0.00024	0.08866	1.10	6.88	6.26	28.76
T1 IV	0.00361	0.00072	0.11726	0.70	4.38	7.68	29.58
	0.00411	0.00091	0.11226	0.992	6.207	7.042	29.717
T2 I	0.00441	0.00218	0.10439	0.63	3.94	6.18	30.45
T2 II	0.00400	0.00243	0.11440	1.10	6.88	6.85	30.61
T2 III	0.00360	0.00072	0.11440	1.16	7.25	6.54	30.65
T2 IV	0.00641	0.00146	0.12155	1.02	6.38	6.83	30.08
	0.00461	0.00170	0.11369	0.977	6.112	6.600	30.447
T3 I	0.00481	0.00291	0.11440	0.78	4.88	6.41	30.80
T3 II	0.00360	0.00242	0.09724	1.30	8.13	6.88	30.18
T3 III	0.00441	0.00194	0.11440	0.86	5.38	6.97	29.87
T3 IV	0.00521	0.00194	0.09724	0.70	4.38	6.58	28.66
	0.00451	0.00230	0.10582	0.910	5.691	6.710	29.877
T4 I	0.00320	0.00316	0.08866	0.63	3.94	6.00	30.80
T4 II	0.00360	0.00218	0.09724	0.70	4.38	7.29	31.07
T4 III	0.00601	0.00243	0.08866	1.22	7.63	6.82	29.47
T4 IV	0.00481	0.00267	0.09438	1.04	6.50	6.80	30.72
	0.00441	0.00261	0.09224	0.897	5.612	6.727	30.515
T5 I	0.00320	0.00218	0.09724	0.78	4.88	6.29	32.52
T5 II	0.00401	0.00242	0.10868	0.63	3.94	6.32	30.12
T5 III	0.00361	0.00291	0.11440	0.94	5.88	7.27	24.45
T5 IV	0.00401	0.00461	0.10868	0.63	3.94	8.46	30.81
	0.00371	0.00303	0.10725	0.745	4.660	7.085	29.475

Cuadro 15A Resultados de los Análisis Efectuados a las Muestras Foliaras, del Experimento de Caña de Azúcar (*Sacharum officinarum*) probando Láminas de riego con Aguas Residuales (Segundo Ciclo).

Muestreo No. 8

TRATAMIENTO	% Ca	% Mg	% P	% N	% PROTEINA	% CENIZA	% M. SECA
T1 I	0.00200	0.00243	0.20163	1.08	6.75	6.24	31.13
T1 II	0.00321	0.00170	0.10439	0.91	5.69	6.87	27.26
T1 III	0.00241	0.00218	0.10439	0.99	6.19	8.66	26.29
T1 IV	0.00281	0.00242	0.12155	0.80	5.00	7.42	24.45
	0.00261	0.00218	0.13299	0.945	5.907	7.297	27.282
T2 I	0.00241	0.00218	0.18876	1.12	7.00	6.01	25.61
T2 II	0.00240	0.00242	0.17160	0.99	6.19	7.28	25.11
T2 III	0.00321	0.00146	0.12441	0.80	5.00	6.70	25.69
T2 IV	0.00321	0.00291	0.15444	1.06	6.63	8.02	23.00
	0.00281	0.00224	0.15980	0.992	6.205	7.002	24.852
T3 I	0.00241	0.00241	0.13728	1.12	7.00	6.86	22.71
T3 II	0.00281	0.00242	0.11440	0.90	5.83	6.35	26.92
T3 III	0.00321	0.00291	0.12441	0.95	5.94	6.70	25.79
T3 IV	0.00361	0.00267	0.12155	1.01	6.31	7.50	25.58
	0.00301	0.00260	0.12441	0.995	6.220	6.852	25.250
T4 I	0.00321	0.00218	0.12155	1.25	7.81	7.77	21.96
T4 II	0.00361	0.00267	0.10439	1.04	6.50	7.39	24.12
T4 III	0.00361	0.00267	0.12870	1.02	6.38	6.98	25.32
T4 IV	0.00321	0.00218	0.13728	1.13	7.06	7.37	26.07
	0.00341	0.00243	0.12298	1.110	6.937	7.377	24.367
T5 I	0.00240	0.00242	0.17160	0.92	5.75	7.27	26.68
T5 II	0.00321	0.00267	0.10439	0.98	6.13	6.68	26.14
T5 III	0.00321	0.00340	0.08866	1.05	6.56	7.27	25.00
T5 IV	0.00400	0.00218	0.10439	1.11	6.94	7.63	36.41
	0.00321	0.00267	0.11726	1.015	6.345	7.212	28.557

Cuadro 16A. Datos de las variables: Grados Brix, porcentaje de sacarosa, producción de caña y rendimiento de azúcar para dos ciclos.

TRAT.	grados Brix		% de sacarosa		Producción de caña/ha		Rendimiento azúcar/ha	
	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo
T ₁	18.26	18.81	15.47	16.67	133,333	74,800	20,626.7	12,469
T ₁	16.27	15.93	14.39	13.99	118,519	78,500	17,054.8	10,982
T ₁	17.32	18.54	15.17	16.51	118,519	75,000	17,979.3	12,383
T ₁	17.00	19.77	14.87	17.11	126,852	80,700	18,862.9	13,808
T ₂	16.49	18.71	14.91	16.90	120,370	67,500	17,947.2	11,408
T ₂	17.50	17.56	16.00	15.68	131,481	70,800	21,037.0	11,101
T ₂	17.18	18.44	14.94	16.65	120,370	71,400	17,983.3	11,888
T ₂	16.76	19.86	14.89	17.40	104,630	68,900	15,579.3	11,989
T ₃	18.66	19.90	16.57	17.39	121,296	67,200	20,098.8	11,686
T ₃	16.95	19.77	15.12	17.62	98,148	67,800	14,840.0	11,946
T ₃	17.12	20.10	15.20	17.95	95,370	65,400	14,496.3	11,739
T ₃	17.42	19.33	15.54	17.13	118,519	65,000	18,417.8	11,135
T ₄	17.29	17.89	15.88	15.77	85,185	41,200	13,527.4	6,497
T ₄	17.51	19.05	15.19	17.50	89,815	47,900	13,642.9	8,383
T ₄	16.01	20.44	14.42	17.89	91,667	48,500	13,218.3	8,677
T ₄	17.04	19.86	14.52	16.81	75,000	45,300	10,890.0	7,615
T ₅	17.22	18.83	15.49	16.43	137,037	79,200	21,227.0	13,013
T ₅	17.54	20.18	15.79	17.79	135,185	78,800	21,345.7	14,019
T ₅	17.34	18.67	15.21	16.67	120,370	82,500	18,308.3	13,753
T ₅	17.10	17.56	15.13	15.57	129,630	81,200	19,613.0	12,643

Cuadro 17A. Valores promedio de las variables: Grados Brix, % de sacarosa, producción de caña y rendimiento de azúcar.

TRAT.	Grados Brix		% de sacarosa		Producción de caña/ha		Rendimiento azúcar/ha	
	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo	1er. Ciclo	2do. Ciclo
T ₁	17.21	18.26	14.98	16.07	124,306	77,250	18,631	12,410
T ₂	16.98	18.64	15.19	16.66	119,213	69,650	18,137	11,596
T ₃	17.54	19.78	15.61	17.52	108,333	66,350	16,963	11,627
T ₄	16.96	19.31	15.00	16.99	85,417	45,725	12,820	7,793
T ₅	17.30	18.81	15.41	16.62	130,555	80,425	20,123	13,357

Cuadro 18A. Resultados de los análisis de varianza (Primer Ciclo).

VARIABLE	F.V.	gl FV	gl e	F. CAL.	F. TAB.	SIGNIF.	C.V.
Rend. de Caña	TRAT.	4	12	13.7806	5.41	**	8.41%
Rend. de Azúcar	TRAT.	4	12	9.2334	5.41	**	10.51%
Sacarosa	TRAT.	4	12	1.1835	3.26	N.S.	3.26%
Grados Brix	TRAT.	4	12	0.5684	3.26	N.S.	3.68%
pH	TRAT.	4	16	1.8851	3.01	N.S.	1.87%
Densidad Aparente	TRAT.	4	16	0.5643	3.01	N.S.	17.46%
M.O.	TRAT.	4	16	3.4075	3.01	*	23.06%
Nitrógeno	TRAT.	4	16	3.3125	3.01	*	21.73%
Carbono	TRAT.	4	16	2.146	3.01	N.S.	26.03%
Carbonatos	TRAT.	4	16	1.9715	3.01	N.S.	30.75%
Cloruros	TRAT.	4	16	0.6219	3.01	N.S.	10.85%
Magnesio	TRAT.	4	16	2.4714	3.01	N.S.	10.95%
Calcio	TRAT.	4	16	1.1783	3.01	N.S.	12.46%
Potasio	TRAT.	4	16	0.5068	3.01	N.S.	11.35%

Nota:

* = 5%

** = 1%

N.S. = No hay significancia.

Cuadro 19A. Análisis de varianza de las muestras foliares (Primer Ciclo).

VARIABLE	F.V.	gl FV	gl e	F. CAL.	F. TAB.	SIGNIF.	C.V.
Calcio	TRAT.	4	16	1.5786	3.01	N.S.	12.66%
Magnesio	TRAT.	4	16	4.0337	3.01	*	14.45%
Fósforo	TRAT.	4	16	2.4858	3.01	N.S.	18.65%
Nitrógeno	TRAT.	4	16	0.6431	3.01	N.S.	8.55%
Proteína	TRAT.	4	16	0.6511	3.01	N.S.	8.67%
Cenizas	TRAT.	4	16	0.8565	3.01	N.S.	6.93%
Materia seca	TRAT.	4	16	0.5396	3.01	N.S.	4.78%

Nota:

* = 5%

** = 1%

N.S. = No hay significancia.

Cuadro 20A. Resultados de los análisis de varianza (Segundo Ciclo).

VARIABLE	F.V.	gl FV	gl e	F. CAL.	F. TAB.	SIGNIF.	C.V.
Rend. de Caña	TRAT.	4	12	156.1246	5.41	**	3.21%
Rend. de Azúcar	TRAT.	4	12	27.6696	5.41	**	7.09%
Sacarosa	TRAT.	4	12	1.1513	5.41	N.S.	5.94%
Grados Brix	TRAT.	4	12	1.0348	5.41	N.S.	6.13%
pH	TRAT.	4	8	8.4179	7.01	**	0.029%
Densidad Aparente	TRAT.	4	8	1.1613	3.84	N.S.	2.39%
M.O.	TRAT.	4	8	9.4116	7.01	**	11.1%
Nitrógeno	TRAT.	4	8	9.1255	7.01	**	11.14%
Carbono	TRAT.	4	8	2.9591	3.84	N.S.	15.26%
Carbonatos	TRAT.	4	8	0.6315	3.84	N.S.	11.98%
Cloruros	TRAT.	4	8	0.2757	3.84	N.S.	14.59%
Magnesio	TRAT.	4	8	17.3775	7.01	**	6.48%
Calcio	TRAT.	4	8	8.0916	7.01	**	4%
Potasio	TRAT.	4	8	0.4868	3.84	N.S.	25.6%

Nota:

* = 5%

** = 1%

N.S. = No hay significancia.

Cuadro 21A. Análisis de varianza de las muestras foliares (Segundo Ciclo).

VARIABLE	F.V.	gl FV	gl e	F. CAL.	F. TAB.	SIGNIF.	C.V.
Calcio	TRAT.	4	8	1.9061	3.84	N.S.	8.79 %
Magnesio	TRAT.	4	8	7.8106	7.01	**	14.94 %
Fósforo	TRAT.	4	8	1.4075	3.84	N.S.	8.27 %
Nitrógeno	TRAT.	4	8	1.3371	3.84	N.S.	15.41 %
Proteína	TRAT.	4	8	1.3371	3.84	N.S.	15.42 %
Cenizas	TRAT.	4	8	1.6381	3.84	N.S.	6.65 %
Materia Seca	TRAT.	4	8	0.6699	3.84	N.S.	4.43 %

Nota:

* = 5%

** = 1%

N.S. = No hay significancia.

Cuadro 22A. Comparación de medias por el método de la DMS (Primer ciclo).

VARIABLE	TRATAMIENTOS					DMS	α	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
Rend. de Caña	A	AB	B	C	A	14.7075	0.05	124.31	119.21	108.33	85.417	130.55
Rend. de Azúcar	AB	AB	B	C	A	2.806	0.05	18.63	18.14	16.96	12.82	20.12
Materia Orgánica	A	AB	AB	C	C	0.5883	0.05	2.412	2.202	2.200	1.684	1.598
N (en suelo)	A	A	AB	B	B	0.3182	0.05	1.204	1.200	1.102	0.842	0.798
Mg (en planta)	C	AB	BC	AB	A	0.0022	0.05	0.0092	0.0115	0.0109	0.0118	0.0133

Cuadro 23A. Comparación de medias por el método de la DMS Segundo Ciclo.

VARIABLE	TRATAMIENTOS					DMS	α	OBSERVACIONES				
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
Rend. de Caña	A	B	B	C	A	33.575	0.05	77.25	69.65	66.35	45.72	80.42
Rend. de Azúcar	AB	B	B	C	A	1.238	0.05	12.410	11.596	11.627	7.793	13.357
Materia Orgánica	A	AB	BC	D	CD	0.7880	0.05	4.76	4.20	3.70	2.84	3.36
N (en suelo)	A	AB	B	C	BC	0.3954	0.05	2.38	2.08	1.85	1.41	1.68
Ph	B	A	A	B	A	0.0426	0.05	7.77	7.84	7.83	7.79	7.86
Ca (en suelo)	B	A	A	A	A	6.2756	0.05	74.21	86.31	84.57	83.48	88.46
Mg (en suelo)	A	AB	B	C	C	2.3622	0.05	23.18	20.86	20.18	16.39	16.17
Mg (en planta)	C	BC	AB	AB	A	0.0007	0.05	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003

Paquete de Diseños Experimentales, (Olivares, 1995).

Cuadro 24A. Valores promedio de los cationes Mg, Ca y K y sus relaciones.

Tratamiento	Mg	Ca	K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
T ₁	13.58	31.44	10.34	1.74	2.63	2.01	4.64
T ₂	12.09	35.94	9.22	2.20	2.96	1.76	4.72
T ₃	11.82	35.43	8.37	2.24	3.10	1.76	4.86
T ₄	10.48	35.12	9.00	2.60	2.94	1.65	4.59
T ₅	10.04	37.29	8.72	2.95	3.23	1.66	4.89

Cuadro 25A. Características del efluente de la Planta Tratadora de aguas residuales de Cd. Valles, S.L.P.

Característica	Unidad	Valor	Interpretación
CEa	Ds/m	1.00	Ligera a moderada
pH		7.00	Normal
TDS	mg/L	8.68	Ligera a moderada
CO ₃	meq/L		
HCO ₃	meq/L	5.72	Lig. a mod. Si el riego es por aspersión
Cl	meq/L	3.00	Lig. a mod. Si el riego es por superficial
SO ₄	meq/L	5.15	
Ca	meq/L	4.80	
Mg	meq/L	3.40	
K	meq/L	0.11	
Na	meq/L	0.90	Ningún efecto si el riego es por aspersión
NT	mg/L	12.00	
P	mg/L	4.00	
RAS	(meq/L) 0.5	0.40	No afecta con riego superficial
B	mg/L	N.D.	
Mo	mg/L	N.D.	
Zn	mg/L	N.D.	
Mn	mg/L	0.01	No Fitotoxico
Cu	mg/L	N.D.	
Pb	mg/L	0.03	No Fitotoxico
Cr	mg/L	N.D.	
Cd	mg/L	0.01	No Fitotoxico
			N.D. No detectable
caracterización bacteriológica			
Análisis en el Laboratorio de la CNA Gerencia Estatal S.L.P., el 3 de Marzo de 1995			
Cuenta total Bacteriana		1.2 x 10 ⁴ UFC/ml	
Coliformes Totales		1.5 x 10 ⁴ a col/100 ml	No apta para cultivos restringidos.
Coliformes Fecales		9 x 10 ³ a col/100 ml	No apta para cultivos restringidos.

Fuente: Díaz, 1995.

Cuadro 26A. Características del efluente de la Planta Tratadora de aguas residuales de Cd. Valles, S.L.P., análisis efectuados el 20 de Octubre de 2001, en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la UANL.

ANÁLISIS	DATOS	OBSERVACIONES
1. Gasto aforado	-----	
2. CE x 10 ⁶ a 25° C	900 µS	Agua altamente salina
3. pH	7.4	
4. Ca en me/L	5.0	
5. Mg en me/L	3.6	
6. Na en me/L	2.4	
7. K en mg/L	8.66	
8. Suma de cationes en me/L	9.0	
9. CO ₃ en me/L	0.0	
10. HCO ₃ en me/L	3.0	
11. Cl en me/L	2.2	Condicionada
12. SO ₄ en me/L	4.92	
13. Suma de aniones en me/L	10.12	
14. SE en me/L	4.0	Condicionada
15. SP en me/L	4.66	Condicionada
16. RAS	1.32	Agua baja en sodio
17. CSR en me/L	0	Buena
18. PSP en me/L	6.0	Condicionada
29. Clasificación	C ₃ S ₁	
20. Fosfóro soluble en mg/L	5.59	
21. Cu	N.D.	
22. Fe	N.D.	
23. Mn	N.D.	
24. Zn	0.033	
25. Cd	0.0027	
26. Pb	N.D.	
27. DQO mg/L	400	
28. Colifagos ufp/100 mL	5.35 X 10 ³	

Cuadro 27A. Características del agua no residual empleada en el riego del tratamiento 5, análisis efectuados el 20 de Octubre de 2001, en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la UANL.

ANÁLISIS	DATOS	OBSERVACIONES
1. Gasto aforado	-----	
2. CE x 10 ⁶ a 25° C	706 µS	Agua de salinidad media
3. pH	7.8	
4. Ca en me/L	5.6	
5. Mg en me/L	1.8	
6. Na en me/L	0	
7. K en mg/L	2.63	
8. Suma de cationes en me/L	7.06	
9. CO ₃ en me/L	0.0	
10. HCO ₃ en me/L	2.1	
11. Cl en me/L	0.75	No recomendable
12. SO ₄ en me/L	5.11	
13. Suma de aniones en me/L	7.96	
14. SE en me/L	1.46	Buena
15. SP en me/L	3.3	Condicionada
16. RAS	0	Agua baja en sodio
17. CSR en me/L	0	Buena
18. PSP en me/L	0	Buena
29. Clasificación	C ₂ S ₁	
20. Fosfóro soluble en mg/L	1.23	
21. Cu	N.D.	
22. Fe	N.D.	
23. Mn	N.D.	
24. Zn	0.013	
25. Cd	N.D.	
26. Pb	N.D.	
27. DQO mg/L	180	
28. Colifagos ufp/100 mL	< 1	

Cuadro 28A. Guía para la interpretación de análisis de suelo.

Nutrimento meq/100 ml.	Deficiente	Nivel crítico	Optimo		
Ca	0.3	2.2	4.0		36
Mg	0.12	0.8	2.0		18
K	0.03	0.2	0.4	0.6	3
µg/ml					
P	2.0	12	20	36	80
Mn	0.7	5	10	15	100
Zn	0.4	3	6	9	36
Cu	0.1	1	3	3	20
Fe	1.0	10	20		80
B	0.03	0.2	0.5	0.6	8
S	2.0	12	20	36	80
Relaciones					
Ca / Mg		1.2			6.2
Mg / K		1.6			14
Ca + Mg / K		3.5			60

Fuente: H. Rodríguez y J. Rodríguez, 2001.

Cuadro 29A. Guía para la interpretación de las relaciones de bases.

	Bajo	Media	Alta
Ca/Mg	< 2	2.1 a 5	> 5
Ca/K	< 5	5.1 a 25	> 25
Mg/K	< 2.5	2.6 a 15	> 15
Ca + Mg/K	< 10	10.1 a 40	> 40

Fuente: DIECA (2000).



