



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"EFECTOS DEL RIEGO CON DIFERENTES CALIDADES  
DE AGUA, SOBRE LAS CARACTERISTICAS  
FISICOQUIMICAS DEL SUELO"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A

**PATRICIA GONZALEZ HERNANDEZ**

ASESOR: O LAURA BERTHA REYES SANCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

270024



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Q. María del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el :

Trabajo de Tesis : "Efectos del riego con diferentes calidades  
de agua, sobre las características fisicoquímicas del suelo"

que presenta 1a pasante: Patricia González Hernández,  
con número de cuenta: 9256813-2 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 12 de Marzo de 1998

PRESIDENTE	Q. Laura Bertha Reyes Sánchez	
VOCAL	Biol. Elva Martínez Holquín	
SECRETARIO	Ing. Raúl Espinoza Sánchez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Roberto Guerrero Agama	

## DEDICATORIAS

A mis padres:

**Ignacio González García:** Gracias por dejarme como herencia las herramientas necesarias para salir adelante en esta vida, como es la preparación profesional, la honestidad, la honradez, la responsabilidad y el trabajo; reflejo de tu persona y ejemplo a seguir.

**Concepción Hernández Ramírez:** Gracias por darme la vida, por dirigir mis pasos y por tu constante lucha para hacer de mí y de mis hermanos hombres y mujeres de provecho y de bien para la sociedad y para nosotros mismos; mamá esta meta alcanzada es el fruto de tu dedicación hacia mí.

A mis hermanos:

**Ignacio, Alberto, Ma. Teresa y Margarita;** que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, me han brindado su apoyo incondicional, me han orientado y estimulado a seguir adelante.

A mi esposo:

**Moises B. Castañon Martínez:** Gracias por el apoyo incondicional brindado desde el momento en que nos conocimos, por tu comprensión y sacrificio para alcanzar esta meta. Tu amor y cariño son la fuerza para seguir adelante.

Al Ing. Roberto Guerrero Agama y al Ing. Edgar Ornelas Díaz por las observaciones realizadas para el mejoramiento del presente trabajo.

A mis compañeros de la 17ª generación de Ingeniería Agrícola por su amistad, su compañerismo y apoyo durante nuestra formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Dios por darme la vida y la salud necesaria para poder llevar a cabo todos mis objetivos y aspiraciones.

A mis padres y hermanos sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio, y esfuerzo constante, solo deseo que comprendan que el logro mío es suyo.

A mi esposo por su comprensión y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en particular a la carrera de Ingeniería Agrícola por abrirme sus puertas para mi preparación profesional.

A la Fundación UNAM por el apoyo económico durante mis estudios superiores y para la realización del presente trabajo.

A la Q. Laura Bertha Reyes Sánchez por los conocimientos brindados, su disponibilidad y apoyo para la realización de la tesis.

Al C. Avelino Palacio Sánchez, Noveno Regidor del Municipio de Cuautitlán Izcalli, por la confianza depositada en mí, su amistad y apoyo incondicional.

# ÍNDICE

	<b>PAG.</b>
INDICE DE TABLAS	I
INDICE DE FIGURAS	II
INDICE DE ANEXOS	III
I.- INTRODUCCION	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES	3
HIPOTESIS	3
II.- MARCO TEORICO	5
2.1. GENERALIDADES	5
2.2. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS	7
2.2.1. Agua potable	7
2.2.2. Aguas de riego	10
2.2.3. Aguas residuales	13
2.2.3.1. Características de las aguas residuales	14
2.2.3.2. Aguas residuales domésticas	16
2.2.3.3. Aguas residuales industriales	18
2.3. Efectos tóxicos en el suelo por aguas residuales	18
2.4. Alteraciones fisicoquímicas de los suelos por elementos químicos	20
2.7. Efecto y contenido de elementos tóxicos en las plantas	22
2.6. Efectos tóxicos en el hombre y animal	29

2.7. ESPECIES HORTICOLAS EVALUADAS	32
2.7.1. Guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.)	32
2.7.1.1. Taxonomía y descripción botánica	32
2.7.1.2. Ciclo biológico	34
2.7.1.3. Exigencias de clima y suelo	35
2.7.1.4. Fertilización	36
2.7.1.5. Preparación del terreno	37
2.7.1.6. Siembra	38
2.7.1.7. Labores de cultivo	39
2.7.1.8. Cosecha y conservación	39
2.7.1.9. Plagas y enfermedades	41
2.7.2. Rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.)	42
2.7.2.1. Taxonomía y descripción botánica	42
2.7.2.2. Exigencias de clima y suelo	44
2.7.2.3. Fertilización	44
2.7.2.4. Preparación del terreno	45
2.7.2.5. Siembra	46
2.7.2.6. Labores de cultivo	46
2.7.2.7. Cosecha y conservación	47
2.7.2.8. Plagas y enfermedades	48
2.7.3. Zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.)	49
2.7.3.1. Taxonomía y descripción botánica	49
2.7.3.2. Ciclo biológico	51
2.7.3.3. Exigencias de clima y suelo	52

2.7.3.4. Fertilización	53
2.7.3.5. Preparación del terreno	54
2.7.3.6. Siembra	55
2.7.3.7. Labores de cultivo	56
2.7.3.8. Cosecha y conservación	57
2.7.3.9. Plagas y enfermedades	57
III.- METODOLOGIA	60
3.1. LOCALIZACION DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	60
3.2. SUELO	61
3.3. CLIMA	62
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	63
3.5. MATERIALES Y METODO	64
3.5.1. Muestreo de suelo inicial y muestreo de aguas	64
3.5.1.1. Muestreo de suelo inicial	64
3.5.1.2. Muestreo de agua	67
3.5.2. Establecimiento y manejo agronómico de la unidad experimental	67
3.5.3. Análisis fisicoquímicos del suelo (tratamientos)	69
3.5.4. Análisis estadístico de las especies hotícolas	74
IV. RESULTADOS	76
4.1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL SUELO	76
4.1.1. Características fisicoquímicas del suelo original	76
4.1.2. Características fisicoquímicas del suelo tratado durante tres ciclo agrícolas	77
4.1.2.1. Tratamiento con agua industrial	77

4.1.2.2. Tratamiento con agua habitacional	80
4.1.2.3. Tratamiento con agua de riego	83
4.1.2.4. Tratamiento con agua potable	85
4.2. RESULTADO EN EL RENDIMIENTO DE LAS HORTALIZAS	88
4.2.1. Guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.)	88
4.2.2. Rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.)	92
4.2.3. Zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.)	94
V.- ANALISIS DE RESULTADOS	98
IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.	105
ANEXOS	107
BIBLIOGRAFIA	136

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>PAG.</b>
1	Características físicas del agua potable	8
2	Características químicas del agua potable	8
3	Características biológicas del agua potable	9
4	Criterios e índice de clasificación del agua de riego	11
5	Clasificación de aguas para riego según salinidad efectiva	11
6	Clasificación del agua para riego según salinidad potencial	12
7	Clasificación del agua para riego de acuerdo al carbonato de sodio residual	12
8	Clasificación de las aguas de riego de acuerdo a contenido de Boro	12
9	Clasificación del agua de riego de acuerdo al contenido de Cloro	13
10	Efectos de los elementos traza en concentraciones tóxicas	25
11	Toxicidad potencial de los elementos pesados en las plantas cuando se aplica el metal al suelo	27
12	Concentraciones máximas permitidas de contaminantes, en aguas según su uso	30
13	Microorganismos patógenos que pueden encontrarse en las aguas de desecho y que causan enfermedades al hombre	31
14	Composición nutritiva de guisantes verdes	34
15	Niveles de extracciones del guisante para grano tierno	37
16	Composición nutritiva del rábano	42
17	Niveles de extracción del rábano	45
18	Composición nutritiva de la zanahoria	49

19	Niveles de extracción de N-P-K de la zanahoria	54
20	Epoca de siembra de la zanahoria según la altitud	55
21	Resultado de los análisis físicos del suelo, por ciclo agrícola	89
22	Resultado de los análisis fisicoquímicos, por ciclo agrícola	90
23	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo del guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.)	91
24	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo del rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.)	93
25	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo de la zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.)	95
26	Resultado en el rendimiento de las hortalizas	97

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	Efecto de la concentración de un metal pesado sobre el rendimiento de la planta y su contenido en el tejido vegetal.	28
2	Croquis del área experimental y localización de bloques y tratamientos	65
3	Localización de la parcela 7.	66
4	Cronología de las labores agronómicas del guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.) (1996-1997)	70
5	Cronología de las labores agronómicas del rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.) (1996-1997)	71
6	Cronología de las labores agronómicas de la zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.) (1996-1997)	72

19	Niveles de extracción de N-P-K de la zanahoria	54
20	Epoca de siembra de la zanahoria según la altitud	55
21	Resultado de los análisis físicos del suelo, por ciclo agrícola	89
22	Resultado de los análisis fisicoquímicos, por ciclo agrícola	90
23	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo del guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.)	91
24	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo del rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.)	93
25	Comparaciones de medias por DMS (0.05%) de las variables evaluadas en el cultivo de la zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.)	95
26	Resultado en el rendimiento de las hortalizas	97

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	Efecto de la concentración de un metal pesado sobre el rendimiento de la planta y su contenido en el tejido vegetal.	28
2	Croquis del área experimental y localización de bloques y tratamientos	65
3	Localización de la parcela 7.	66
4	Cronología de las labores agronómicas del guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.) (1996-1997)	70
5	Cronología de las labores agronómicas del rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.) (1996-1997)	71
6	Cronología de las labores agronómicas de la zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.) (1996-1997)	72

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PAG.</b>
I.1.	Variación en densidad aparente	108
I.2.	Variación en densidad real	109
I.3.	Variación en espacios porosos	110
I.4.	Variación en capacidad de campo	111
I.5.	Variación en agua disponible para la planta	112
I.6.	Variación en punto de marchitez permanente	113
I.7.	Variación en conductividad eléctrica	114
I.8.	Variación en pH	115
I.9.	Variación en materia orgánica	116
I.10.	Variación en la capacidad de intercambio catiónico	117
I.11.	Variación en Nitrógeno	118
I.12.	Variación en Fósforo	119
I.13.	Variación en Potasio	120
I.14.	Variación en Sodio	121
I.15.	Variación en Calcio	122
I.16.	Variación en Magnesio	123
II.1.	Rendimiento en guisante en el primer ciclo de cultivo	124
II.2.	Rendimiento en guisante en el segundo ciclo de cultivo	125
II.3.	Rendimiento en guisante en el tercer ciclo de cultivo	126
II.4.	Rendimiento en rábano en el primer ciclo de cultivo	127
II.5.	Rendimiento en rábano en el segundo ciclo de cultivo	128
II.6.	Rendimiento en rábano en el tercer ciclo de cultivo	129

II.7.	Rendimiento en zanahoria en el primer ciclo de cultivo	130
II.8.	Rendimiento en zanahoria en el segundo ciclo de cultivo	131
II.9.	Rendimiento en zanahoria en el tercer ciclo de cultivo	132
III.1.	Análisis de varianza para el guisante ( <u>Pisum sativum</u> L.)	133
III.2.	Análisis de varianza para el rábano ( <u>Raphanus sativus</u> L.)	134
III.3.	Análisis de varianza para la zanahoria ( <u>Daucus carota</u> L.)	135

## I.- INTRODUCCIÓN.

Después de la década de los treinta la actividad agropecuaria que caracterizó al México premoderno se vio disminuida generándose un importante desarrollo industrial en el país, principalmente en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara, iniciando un alto índice de migración del campo a las ciudades. Dicho crecimiento demográfico e industrial propicio un aumento significativo en el consumo de agua y por ende un mayor volumen de aguas residuales.

Las actividades industriales y agropecuarias, así como los asentamientos humanos utilizan el agua como vehículo de desechos contaminantes otorgándole poca importancia a su manejo y disposición final.

El deterioro en la calidad del agua repercute en la disminución de opciones productivas, aumentando además los riesgos en la salud pública cuando dichas aguas son usadas en la agricultura e influyendo de manera negativa en el suelo, en los vegetales, en las aguas superficiales y en las aguas subterráneas. Además, la utilización continua de aguas residuales en el riego agrícola genera a largo plazo una serie de alteraciones en el suelo que repercuten en su grado de fertilidad. Así mismo, según la Comisión Nacional del Agua, en 1993 el aprovechamiento medio anual de aguas superficiales de uso agropecuario fue de 48,100 millones de m<sup>3</sup> (Enkerlin, E. C. et al, 1997) y según CONADE, el Plan Nacional Hidráulico estima que para

el 2000 se incrementara a 92,380 millones de m<sup>3</sup> , lo que nos indica una demanda considerable de este recurso no renovable.

La importancia del control y prevención de la contaminación, radica en el hecho de que no sólo significa un deterioro de las condiciones naturales del entorno, sino una amenaza a la salud humana y a la calidad de vida de la población.

En nuestro país los problemas de contaminación ambiental son de todo tipo; en el presente trabajo de investigación se da prioridad a los cambios en las características físicoquímicas del suelo por el riego con diferentes calidades de agua considerando que el suelo y el agua son elementos primordiales para el desarrollo agrícola. A pesar de la estrecha relación existente entre el suelo y el agua en la producción agrícola, no hay trabajos experimentales que evalúen los cambios progresivos en las características físicoquímicas del suelo por el riego continuo con aguas residuales.

Por lo antes expuesto, surge el interés de llevar a cabo una evaluación de los efectos que producen diferentes calidades de agua al ser empleadas en la agricultura.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar de manera experimental, a nivel invernadero, los efectos sobre las características fisicoquímicas del suelo y su repercusión en la producción, al ser regado con diferentes calidades de aguas del municipio de Cuautitlán Izcalli.

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

1.- Analizar los cambios progresivos en las características fisicoquímicas del suelo al emplear, durante tres ciclos agrícolas consecutivos, diferentes calidades de agua.

2.- Analizar el efecto de los cambios producidos en el suelo a través del rendimiento como expresión de su fertilidad, de tres especies hortícolas (Guisante, Rábano y Zanahoria) cultivadas en él.

## **HIPÓTESIS.**

" Los suelos que se riegan con agua potable o con un porcentaje de contaminación bajo, no presentan alteraciones en sus propiedades fisicoquímicas por lo tanto, no manifestarán problemas de fertilidad ".

" Los suelos que se riegan con aguas contaminadas se traducen a largo plazo en suelos infértiles, ya que existe una modificación y desequilibrio de sus características fisicoquímicas ".

" Se cree que los cambios sobre el suelo, causados por el riego con diferentes calidades de agua, se manifiestan en los rendimientos de las hortalizas cultivadas en él ".

## II.- MARCO TEÓRICO.

### 2.1. GENERALIDADES.

El suelo provee cuatro necesidades importantes de las plantas: 1) el aporte de agua; 2) un aporte de los nutrientes esenciales; 3) un aporte de oxígeno, y, por último, 4) un soporte para el sistema radicular de las plantas. Los suelos minerales están formados de cuatro componentes principales: los elementos minerales, la materia orgánica, el agua y el aire.

El agua del suelo se encuentra alojada en los poros del mismo y, junto con las sales que se encuentran disueltas en ella, dan lugar a las disoluciones del suelo, que son muy importantes como medio para suministrar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. El aire del suelo está también situado en los poros de éste y tiene un mayor contenido de dióxido de carbono y menor oxígeno del que se encuentra normalmente en la atmósfera. El aire del suelo es muy importante para suministrar él oxígeno y el dióxido de carbono a todos los organismos del suelo y también a las raíces de las plantas.

La posibilidad del suelo de suministrar una nutrición adecuada a las plantas depende de cuatro factores: 1) la cantidad de los diversos elementos esenciales presentes en él; 2) sus formas y combinaciones; 3) el proceso por el cual estos elementos se convierten en utilizables por las plantas, y 4) la disolución del suelo y su pH (Howard, 1992).

La capacidad de un suelo para generar altos rendimientos en los cultivos depende principalmente de su grado de fertilidad, es decir, de la capacidad para suministrar a las plantas los nutrimentos necesarios en las formas, proporciones y tiempos adecuados, lo que a su vez depende de sus propiedades físicas y fisicoquímicas, las cuales se refieren a cómo se ve, se siente y se comporta un suelo. Entre las propiedades físicas del suelo más importantes para los agricultores están la textura, la estructura y la porosidad, y dentro de los procesos de transporte que se verifican en el suelo son de gran interés para la agricultura el movimiento del agua, la renovación constante del aire, el movimiento de solutos y la transmisión de calor (Narro, 1994). Entre las propiedades químicas del suelo más importantes están la determinación del pH, contenido de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  y la capacidad de intercambio catiónico, este último interviene en el proceso de intemperización de los minerales primarios a secundarios, y de los minerales secundarios dentro del solum. Influye además, a través del intercambio entre las soluciones externas e internas de la fracción coloidal, en la floculación ó dispersión de las partículas coloidales de los suelos, afectando así su estructura (Reyes, 1996).

La “fertilidad física y química” del suelo, es entonces, la capacidad de intercambio catiónico; la capacidad de suministro de agua en cantidades suficientes y tensiones relativamente bajas (capacidad de campo, en particular, agua aprovechable por la planta); la capacidad de suministro de aire, especialmente el oxígeno requerido para la respiración de las raíces, removiendo el bióxido de carbono producido; la capacidad de suministrar calor proporcionando una temperatura adecuada para la germinación de

semillas, crecimiento de raíces y anclaje, para lo cual el suelo debe presentar una estructura adecuada así como una baja resistencia a la penetración de las raíces (Narro, 1994).

Las aguas utilizadas para el riego agrícola deben tener una calidad tal que no debe afectar las características naturales del suelo, principalmente la permeabilidad y la tasa de infiltración; y donde la infiltración no debe afectar la calidad del agua de cuerpos subterráneos (U. S. Environmental Protection Agency, 1992, citado por García)

Los tipos de agua de interés en el presente trabajo son:

- Agua potable
- Agua de riego
- Aguas residuales

## **2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS.**

### **2.2.1. AGUA POTABLE**

El agua potable es el agua limpia, transparente, sin mal olor, que puede ser consumida por el ser humano y que le ayuda a la salud y sobrevivencia.

Para conocer la calidad de cierta agua para uso potable, se compararan los resultados de análisis de laboratorio de aguas, con las normas de calidad o límites máximos permisibles que se describen en la tabla 1,2 y 3.

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA POTABLE.**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Turbiedad	10 (escala de Sílice)
Color	10 (escala de Platinocobalto)
Sabor	Insípida
Olor	Incolora

Fuente: SARH, 1976, citado por Rojo.

**TABLA 2 . CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA POTABLE.**

<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>		<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
		<b>EN ppm (EXCEPTO +).</b>
Nitrógeno amoniacal	(N)	0.50
Nitrógeno proteico	(N)	0.10
Nitrógeno de nitratos	(N)	5.00
Potencial de hidrógeno	(pH)	+ 8.00
Oxígeno consumido	(O)	3.00
Sólidos totales disueltos	(STD)	1000
Alcalinidad total	(CaCO <sub>3</sub> )	400
Dureza total	(CaCO <sub>3</sub> )	300

Cloruro	(Cl)	250
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> )	250
Magnesio	(Mg)	125
Zinc	(Zn)	15
Cobre	(Cu)	3
Fluoruros	(F)	1.30
Hierro (Fe) y Manganeso	(Mn)	0.30
Arsénico	(As)	0.05
Selenio	(Se)	0.05
Cromo	(Cr)	0.05
Compuestos fenolicos		
Fenol	(FENOL)	0.001

Fuente: SARH, 1976, citado por Rojo.

**TABLA 3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL AGUA POTABLE .**

<b>CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS</b>	<b>No. MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Organismos de los grupos coli y coliformes	20
colonias bacterianas por centímetro cubico de muestra	200

Fuente: SARH, 1976, citado por Rojo.

## 2.2.2. AGUAS DE RIEGO

Según Galván 1983, el término calidad del agua se puede definir según un conjunto de parámetros que son:

- Parámetros físico
- Parámetros químicos
- Parámetros biológicos

Los parámetros físicos incluyen : los sólidos totales en suspensión que se define como la materia residual que queda al evaporarse el agua a una temperatura de 103 - 105 °C, la temperatura, el calor, el olor, etc.

Para determinar la conveniencia o limitación del agua que se pretende utilizar con fines de riego, debe tomarse en cuenta la composición química de ésta, la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades físicas y químicas en los suelos, las prácticas de manejo de suelos, aguas y cultivos, las condiciones climatológicas, el método de riego por emplear y las condiciones de drenaje interno y superficial del suelo. En la actualidad, la calidad de agua se define exclusivamente en base a sus características químicas.

Los criterios e índices de la clasificación hecha en Chapingo para determinar la calidad del agua para riego se muestran en las tablas 4,5,6,7,8 y 9. (Martínez, 1987, citado por Rojo).

**TABLA 4. CRITERIOS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO**

CRITERIOS	ÍNDICES	SÍMBOLOS
Contenido de sales solubles	a. Conductividad eléctrica	CE
	b. Salinidad efectiva	SE
	c. Salinidad potencial	SP
Efectos probables del Sodio sobre las características físicas del suelo.	a. Relación de adsorción del Sodio	RAS
	b. Carbonato de Sodio residual	CSR
	c. Porcentaje de Sodio posible	PSP
Contenido de elementos tóxicos para las plantas.	a. Contenido de Boro	B
	b. Contenido de Cloruros	Cl

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera.

**TABLA 5. CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA RIEGO SEGÚN SU SALINIDAD EFECTIVA.**

CLASE	SE meq/l
Buena	menos de 3.0
Condicionada	de 3.0 a 15.0
No recomendable	más de 15.0

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera.

**TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE AGUAS PARA RIEGO SEGÚN SALINIDAD POTENCIAL.**

<b>CLASE</b>	<b>SP meq/l</b>
Buena	Menos de 3
Condicionada	de 3 a 15
No recomendable	más de 15

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera.

**TABLA 7. CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA RIEGO DE ACUERDO AL CARBONATO DE SODIO RESIDUAL.**

<b>CLASE</b>	<b>VALOR DE CSR meq/l</b>
Buena	menos de 1.25
Condicionada	de 1.25 a 2.50
No recomendable	más de 2.50

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera.

**TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO DE ACUERDO A CONTENIDO DE BORO.**

<b>CLASE</b>	<b>CONTENIDO DE B ppm</b>
Buena	Menos de 0.30
Condicionada	De 0.5 a 4.00
No recomendable	Más de 4.00

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera.

**TABLA 9. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO DE ACUERDO AL CONTENIDO DE CLORO.**

<b>CLASE</b>	<b>CONTENIDO DE Cl meq/l</b>
Buena	menos de 1.0
Condicionada	de 1.0 a 5.0
No recomendable	más de 5.0

Fuente: Palacios y Aceves (1970), citado por Aguilera .

### **2.2.3. AGUAS RESIDUALES**

Wolfgang (1976) citado por Rojo, define al agua residual como el líquido de composición variada proveniente de usos urbanos, municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, silvícolas o de cualquier otra índole ya sea pública o privada, que por tal motivo, haya sufrido degradación en su calidad real.

Tres son los factores principales en la contaminación del agua. El social; al cual corresponden las cargas de origen doméstico y público (*habitacional*); el agropecuario, representando por los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda del ganado mayor y menor, así como por las aguas de retorno de los campos agrícolas (*riego*); y el *industrial*, generada por las descargas producidas en el desarrollo de actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo. ( Fuad, 1991, citado por Rojo).

Las principales industrias que descargan mayor cantidad de contaminantes son: la industria azucarera, química, papel y celulosa, petróleo, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos.

Las aguas residuales se clasifican en cinco tipos:

- **Domésticas**
- Municipales
- **Industriales**
- Retorno agrícola
- Pluviales

En la determinaciones de los análisis físicos de las aguas residuales se comprenden: temperatura, color, olor, turbiedad y conductividad eléctrica, mientras que en los análisis químicos, la concentración de sólidos.

### **2.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

#### **A) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ORGÁNICAS O DEGRADABLES**

Los compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, junto con Nitrógeno en algunos casos; los principales grupos de sustancias orgánicas halladas en el agua residual son: proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, así como la urea, principalmente constituyente de la orina, por otro lado; junto con éstas, el agua residual contiene pequeñas cantidades de un gran número

de diferentes moléculas orgánicas sintéticas, tales como son los fenoles, detergentes biodegradables y pesticidas usados en la agricultura; la presencia de estas sustancias a complicado en los últimos años su tratamiento, ya que muchos de ellos no pueden descomponerse y persisten durante años ó bien lo hacen muy lentamente (Rojo, 1993).

## **B) DETERGENTES**

Los detergentes están constituidos en un 25% de los surfactantes o también llamados sustancias activas de azul de metileno; provienen de usos domésticos, comerciales e industriales. Sulfanato de Alquibenceno (ABS) se usan en más del 90% de los productos de limpieza que se elaboran en México (Carbajal, 1970 citado por Rojo).

## **C) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS**

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales y de desecho, son importantes para establecer y controlar la calidad del agua.

Las concentraciones de sustancias inorgánicas en el agua natural se incrementan con la formación geológica con la cual el agua se pone en contacto, por las aguas residuales tratadas o no que se descargan en ella (Morones y Moreno, 1983 citado por Rojo).

Los parámetros más importantes y comunes para caracterizar la materia inorgánica en las aguas residuales son:

- Potencial Hidrógeno (pH)
- Cloruros
- Alcalinidad
- Nitrógeno
- Fósforo
- Azufre
- Gases
- Metales Pesados

#### **D) CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS**

Todas las aguas residuales que no contengan desechos industriales tóxicos ó nocivos para la vida, podrán contener organismos patógenos y no patógenos.

La composición de las aguas residuales es variable, por lo que también varía en tipo y número de organismos como: virus, bacterías, hongos, protozoarios, nemátodos , platelmintos y nematelmintos que contienen (Rojo,1993).

#### **2.2.3.2. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

Las aguas domésticas son las provenientes de las viviendas, contiene excrementos humanos, basura, papeles, productos de limpieza, jabones, detergentes, grasas y aceites; físicamente presentan un color gris y

diversidad de materia orgánica o inorgánica flotante, químicamente poseen los compuestos de Nitrógeno de los excrementos humanos y del fósforo de los detergentes; biológicamente contienen gran cantidad de microorganismos como: coliformes fecales, estreptococos fecales, huevecillos de nemátodos como son Entamoeba histolytica, Taenia spp., Ascaris lumbricoides, algunos de los cuales pueden provocar diversas enfermedades.

Los contaminantes de las aguas de desecho domésticos se agrupan en:

- 1.- Microorganismos patógenos.
- 2.- Elementos nutritivos para las plantas.
- 3.- Minerales disueltos.
- 4.- Productos químicos tóxicos (metales pesados, residuos de plaguicidas).
- 5.- Material orgánico biodegradable.

Contradictoriamente a los microbios patógenos cuya transmisión depende enteramente del contacto directo, los metales trazas una vez introducidos en el suelo pueden traslocarse dentro del tejido de la planta, alcanzando concentraciones elevadas mediante su acumulación en los diferentes órganos. Al hacer uso de esas aguas con fines de riego por muchos años, no es de descartar la posibilidad de que conforme pasa el tiempo, la concentración de los metales pesados se eleve a niveles fitotóxicos en el suelo (Rojo, 1993).

### **2.2.3.3. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

En las aguas industriales el contenido de contaminantes depende de los tipos de industrias y del proceso usado, es común que contengan alto contenido de materia orgánica, de medio a alto contenido de sales, sustancias tóxicas (metales pesados, detergentes), condiciones extremas de pH, color, mal olor y altas temperaturas.

Esto limita el aprovechamiento de estas aguas residuales a cultivos tolerantes previo tratamiento para ajustarlos de 4 a 8 Micromhos/cm en su conductividad eléctrica, libre de tóxicos o sujeto a los máximos permisibles. (Wolfgang, 1976 citado por Rojo).

### **2.3. EFECTOS TÓXICOS EN EL SUELO POR AGUAS RESIDUALES**

Cuando por medio de la irrigación con aguas residuales los metales son incorporados al suelo, pueden ser tomados por los cultivos, lixiviados hasta llegar a los mantos acuíferos, o bien quedar fijados fuertemente a la matriz del suelo. El camino que siga dependerá del tipo de elemento y su estado químico, del pH, contenido de materia orgánica del suelo y de su capacidad de intercambio catiónico, entre otras cosas (Rojo, 1993).

El comportamiento de diversos elementos dependerá de su asociación con otros compuestos y su estado químico; así tenemos por ejemplo que el Cobre, Zinc, Cadmio, Plomo y Cobalto se comportan en forma similar en los suelos. Con pH ácidos pueden estar como cationes divalentes y en

suelos neutros o alcalinos pueden combinarse con los iones hidróxilo o con otros metales, tal es el caso del Arsénico que se combina con el Hierro, Aluminio, Cobalto, Magnesio y de esta forma queda retenida en el suelo; el Cromo se reduce u oxida quedando en el suelo como precipitado insoluble (Torres, 1992 citado por Rojo).

El Sodio en el agua de riego puede volverse un problema en la solución del suelo como componente de la salinidad total, ya que aumenta la presión osmótica y por consiguiente daña a las plantas. El problema se genera por sus efectos sobre la estructura del suelo, la permeabilidad y la velocidad de infiltración, tanto como se incrementa fuertemente su capacidad de absorción de agua y iones en forma no disponible para la planta.

El riego con aguas residuales afecta a suelos pobres en materia orgánica, textura limo-arenosa y estructura porosa y muy permeables, pues arrastra partículas de tamaño fino más allá de 1.5mm de profundidad. Esta pérdida de material del perfil superficial, con propiedades elevadas en capacidad de retención de humedad y reactividad química, empobrece aún más las propiedades físicas y químicas del material remanente, pudiéndose presentar problemas de erosión (Ayanegui, 1986 citado por Rojo).

Siebe (1995), indica que el efecto del riego con aguas residuales durante más de 80 años ha aumentado considerablemente los contenidos de fósforo aprovechable en los suelos y también se incrementan los

contenidos de Materia Orgánica y Nitrógeno total. Por otro lado, se detectó un desplazamiento de  $\text{Ca}^{++}$  por  $\text{Na}^+$  en los sitios de intercambio con probables efectos negativos sobre la estructura del suelo y se presentaron problemas serios de salinización y alcalinización en zonas de Vertisoles con drenaje natural deficiente.

En la Universidad Park (U.S.A.) se efectuó la caracterización y evolución del contenido de elementos en un suelo franco arenoso y en otro franco limoso, irrigados con aguas residuales tratadas biológicamente y cultivando en ellos algunas especies forestales; con una aplicación semanal de 25mm. se observó en ambos suelos que el Fósforo, Boro, Sodio y el Calcio aumentaron en los horizontes superficiales mientras que el potasio disminuyó en todos los horizontes (Seoanez, 1978 citado por Casado, 1985).

#### **2.4. ALTERACIONES FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS POR ELEMENTOS QUÍMICOS.**

El riego con aguas residuales origina en el suelo una serie de alteraciones que en ciertos casos pueden ser benéficas ya que muchos componentes del agua pueden mejorar la fertilidad del suelo cuando se trata de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg.

La aplicación de aguas residuales puede generar un aumento en el contenido de sales y metales pesados, lo que está en función del contenido de estos elementos en las mismas, así como del tipo de suelo y

frecuencia de aplicación, lo anterior se ha observado en algunas experiencias Europeas, luego de muchas décadas de aplicación (Seoanez, 1978 citado por Casado, 1985).

La utilización de las aguas residuales crudas en el riego agrícola genera una situación muy controvertida, ya que por un lado presenta efectos positivos, tales como mayor rendimiento en el cultivo, debido al aporte de elementos nutritivos que actúan como fertilizantes, amortiguamiento en la salinización del suelo por su contenido de materia orgánica y contar con una fuente alterna de agua disponible en zonas de escasez; por otro lado, presenta efectos negativos como : problemas en salud pública por el consumo y manejo de productos agrícolas regados con aguas residuales, contaminación de acuíferos en el área de riego y la generación de suelos infértiles por la salinización y obstrucción causada por la materia suspendida (Tejeda, 1986 citado por Rojo) .

La materia orgánica puede ser considerada como el factor más importante que influye sobre la adsorción de los metales. Esto se basa en la capacidad de quelatación de los compuestos orgánicos. En relación con la materia orgánica, se ha visto que los ácidos húmicos y fúlvicos tienen constates de gran estabilidad para los metales. También se ha comprobado que los compuestos orgánicos solubles complejan bien el  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ , y  $\text{Mn}^{++}$  de la disolución del suelo y que los hidróxidos metálicos tienen cierta importancia en los fenómenos de adsorción de los metales en los suelos de naturaleza mineral (Seoanez, 1978 citado por Rojo).

Pueden existir muchos componentes en forma diferente de la adsorbida. Entre todos los metales, algunos pueden presentarse en la disolución del suelo y, por tanto, en el complejo adsorbente. La saturación parcial del adsorbente con el ión depende de la afinidad y de la concentración, pudiendo aparecer el metal, además, como una sal sódica. Esto nos indica que la concentración de la disolución no depende solamente de las características del intercambio iónico, sino que puede estar afectada también, por la solubilidad de la forma salina. Este fenómeno comprende dos fases diferentes del proceso: una estática y otra dinámica. En la primera, al estar el sistema en equilibrio, debe existir una concentración determinada en la disolución; la segunda se refiere a la intensidad de precipitación y de disolución.

Por otro lado, Clark et. al., señalan que los sólidos suspendidos en el agua de riego, obstruyen los poros del suelo y cubren la superficie de la tierra, lo que limita la capacidad de infiltración (Casado,1985).

## **2.5. EFECTO Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TÓXICOS EN LAS PLANTAS.**

Las aguas residuales al contener gran cantidad de nutrientes pueden considerarse aptas para el riego agrícola, aunque su uso está condicionado por los efectos adversos de los contaminantes en los cultivos, no obstante, su empleo es común.

Desde el punto de vista estrictamente sanitario, se dice que las aguas aplicadas al suelo deben estar bien oxidadas y desinfectadas, pero esto generalmente no se cumple por la imposibilidad material y económica (Casado, 1985).

Se ha observado que ciertas plantas llegan a marchitarse no obstante que poseen el agua suficiente para su desarrollo; esta situación se debe al cambio en el potencial de soluto de la disolución y al potencial hídrico. El efecto nocivo de las sales solubles, se debe a que producen presiones osmóticas elevadas en la disolución del suelo que esta en contacto con las raíces de las plantas, las cuales, al pasar de ciertos valores producen una disminución en los rendimientos o pérdida total de la cosecha. Estos efectos son diferentes para cada cultivo en distintas etapas de desarrollo.

Hutchinson (1970) y U.S.E.P.A. (1972), menciona que concentraciones relativamente altas de sodio y cloruro en el suelo pueden afectar el crecimiento de las plantas; además, se ha encontrado que el sodio ocasiona la quema de las hojas en varios cultivos siendo mas severa la toxicidad por sales cuando el suelo esta secó.

Las concentraciones de cloruros contenidos en las aguas residuales, utilizadas en la irrigación, no son tóxicos para los cultivos, aunque existen algunos cítricos muy sensibles a los cloruros.

Por otro lado, las altas concentraciones de bicarbonatos en las aguas residuales utilizadas para el riego pueden ocasionar clorosis en las plantas, porque no dejan hierro disponible a estas.

La presencia de nitratos en el agua utilizada para riego de cultivo, puede considerarse como un elemento aprovechable. En muy raras ocasiones, el agua para irrigación llega a contener altas concentraciones de nitratos que llegan a dañar a los cultivos.

En la mayoría de los suelos agrícolas, la aplicación de fósforo favorece el crecimiento de los cultivos; sin embargo, cuando el fósforo en forma de fosfatos se presenta en el suelo a altas concentraciones, ocasiona una disminución en la productividad por efectos adversos sobre la disponibilidad de micronutrientes en el suelo; tales como el Hierro y el Zinc.

Cuando las condiciones de drenaje del suelo son pobres, disminuye el oxígeno disponible; si además en la irrigación de estos suelos se utilizan aguas residuales con alto requerimiento de oxígeno sea por demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o por la demanda química de oxígeno (DQO), esta situación se agrava. Además de los daños sobre las plantas causados por la disminución de oxígeno en el suelo, se ocasiona la reducción de elementos, tales como el hierro y magnesio, a forma divalente más solubles lo que puede crear condiciones tóxicas a las plantas (U.S. Environ Protection Agency, 1972, citado por García,1989).

Las aguas residuales, para riego, con valores de pH inferiores a 4.8 sobre suelos ácidos durante largos períodos, pueden restituir iones solubles a hierro, aluminio y magnesio en concentraciones tales que pueden ser tóxicos para el crecimiento de las plantas.

En la tabla 10 se enuncian los efectos que causan en las plantas algunos elementos traza en concentraciones tóxicas.

**TABLA 10 . EFECTOS DE LOS ELEMENTOS TRAZA EN CONCENTRACIONES TÓXICAS.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>EFECTOS</b>
Arsénico (0.10 mg/l)	Reduce el crecimiento de las raíces y tallos.
	Reduce la productividad de algunas legumbres
Berilio	Reduce el crecimiento de legumbres y forrajes.
Cadmio (0.01 mg/l)	Reducción en productividad de algunas legumbres
	Elemento acumulativo en la cadena alimenticia, por lo que su presencia constituye un riesgo para la alimentación humana.
Cromo (1.01 mg/l)	Produce reducción de la productividad, así como clorosis y deficiencia de hierro y en algunos cultivos.
Cobalto	Síntomas de toxicidad diversos
Cobre (0.20 mg/l)	Síntomas de toxicidad y clorosis
Plomo (0.50 mg/l)	Reduce el crecimiento de raíces en concentraciones extremas e inhibe la proliferación celular. Es un elemento acumulativo en la cadena alimenticia, por lo

	que puede representar un riesgo en la alimentación humana.
Litio	Síntoma de toxicidad en cítricos
Mercurio	Síntomas de toxicidad, presenta riesgos a la alimentación humana por ser acumulativo en la cadena alimenticia.
Níquel (0.05 mg/l)	Efecto tóxico en cultivos localizados en suelos con bajo pH o en suelos con poco contenido de materia orgánica.
Selenio (0.02 mg/l)	Reduce la productividad de los forrajes.
Estaño, Tungsteno y Titanio.	Producen efectos tóxicos.
Vanadio	Produce efectos tóxicos en raíces y tallos.

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency (1972) citado por García.

Dentro de los elementos que contienen en disolución las aguas de riego existen algunos que independientemente de los efectos anteriores, son tóxicos para las plantas, aún en pequeñas cantidades. Los que más se presentan son: Boro, ion Cloruro, Litio y Sodio aunque los efectos tóxicos de estos últimos no han sido suficientemente estudiados (tabla 11).

**a) Contenido de Boro.** El Boro en pequeñas concentraciones es esencial para el desarrollo de las plantas, sin embargo a concentraciones mayores les produce efectos tóxicos. El contenido de boro de las aguas de riego se expresa en ppm.

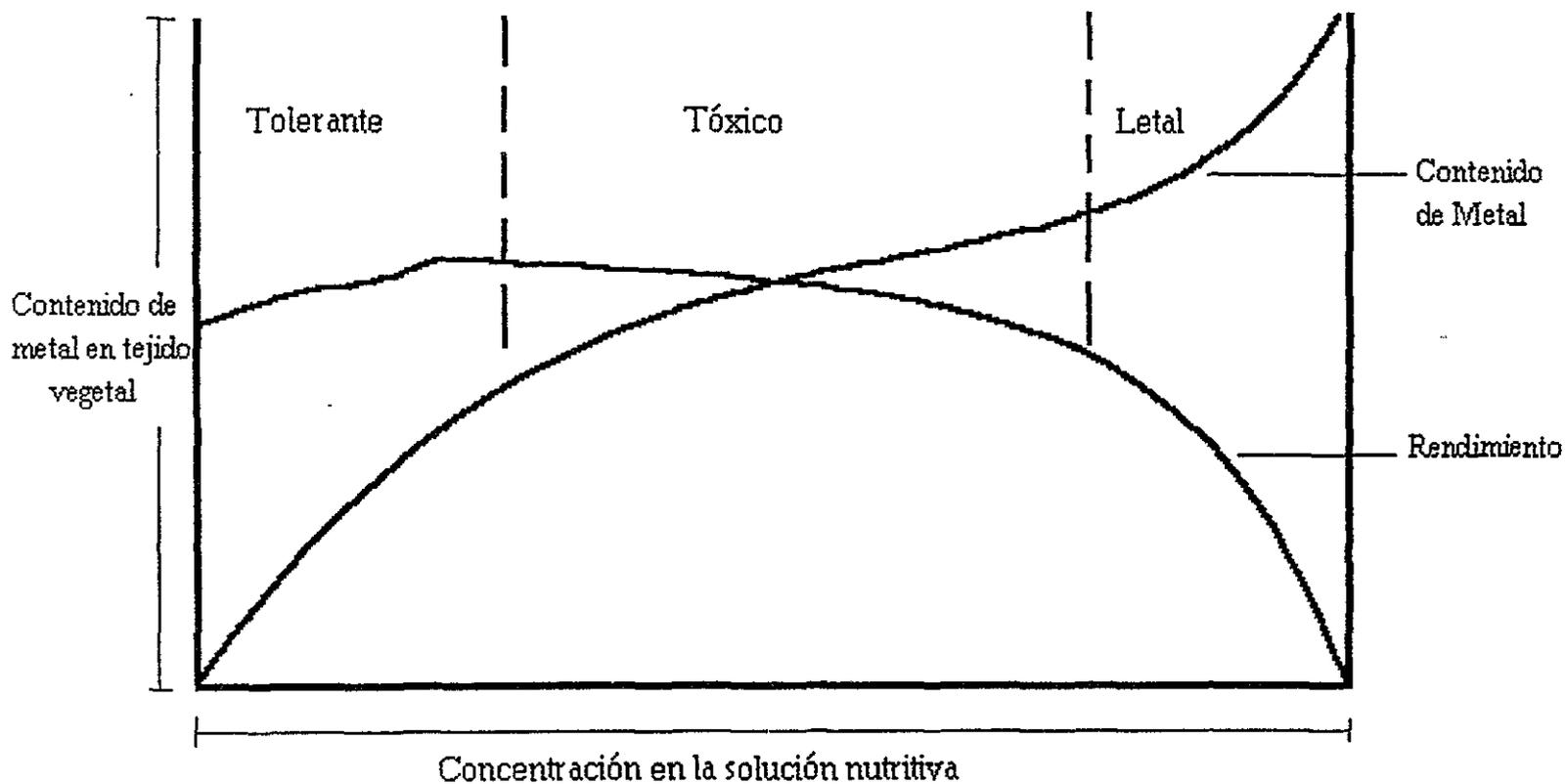
b) **Contenido de Cloruros.** El ion cloruro es tóxico especialmente en árboles frutales.

**TABLA 11. TOXICIDAD POTENCIAL DE LOS METALES PESADOS EN LAS PLANTAS CUANDO SE APLICA EL METAL AL SUELO .**

<b>ELEMENTO</b>	<b>TOXICIDAD</b>
Cadmio	Moderada
Cromo	Baja
Cobre	Alta
Plomo	Baja
Mercurio	Baja
Níquel	Alta
Zinc	Moderada

Los elementos no esenciales para la planta tienen un comportamiento similar a lo mostrado en la figura 1 en donde se aprecia la respuesta diferencial del organismo al incremento de la concentración del metal desde un nivel muy bajo a otro nivel muy alto; la presencia del metal en cantidades bajas es tolerado por la planta, pero si su concentración aumenta produce toxicidad y reduce el rendimiento e incluso puede ser letal (Cajuste, 1991).

FIG. 1 EFECTOS DE LA CONCENTRACIÓN DE UN METAL PESADO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA PLANTA Y SU CONTENIDO EN EL TEJIDO VEGETAL (ADAPTADO DE KABATA-PENDIAS Y PENDIAS, 1984.)



En un estudio realizado por la Q. F. B. Guadalupe Buenrostro et.(1995) , en Ixmiquilpan, Hgo., evaluando los elementos constituyentes y contaminantes en hortalizas irrigadas con aguas residuales, observó que la raíz y el tallo de las especies, son organismos de acumulación temporal para los metales contaminantes (Pb, Ni, Cd y Cr), por los cuales se distribuye a la hoja y el fruto.

## **2.6. EFECTOS TÓXICOS EN EL HOMBRE Y ANIMAL.**

Algunos metales como el Cd se tolera en concentraciones muy bajas; esto se basa en los reportes de su toxicidad, además por su comportamiento que es similar al Zn, por lo que las plantas tienden a asimilarlo con mayor facilidad. En el caso del Co, se recomienda que su concentración no exceda los 0.2mg/l, por ser tóxico a especies como el tomate. Respecto al plomo la información es un tanto contradictoria, ya que se reporta que concentraciones de 1 mg/l han sido suficientes para causar toxicidad, mientras que otros autores indican que concentraciones elevadas no son dañinas.

Por lo antes mencionado, el uso de las aguas residuales para irrigación sin ningún tratamiento previo las convierte en una fuente de contaminación para los suelos y las plantas, inclusive causan enfermedades al hombre por los microorganismos patógenos que pueden encontrarse en este tipo de agua, máxime si esas aguas proceden únicamente de la actividad doméstica y del drenaje urbano, debido a la presencia de detergentes,

plaguicidas, hidrocarburos y metales pesados (Latimer, 1990 citado por Rojo). (Tabla 12 y 13).

**TABLA 12 . CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS DE CONTAMINANTES, EN AGUA SEGÚN SU USO.**

	*	**	1	2	3
ELEMENTO	AGUA POTABLE mg/l	AGUA PARA ANIMALES mg/l	AGUA PARA IRRIGACIÓN mg/l	AGUA USO AGRÍCOLA mg/l	USO CONTINUO Mg/l
Cd	0.01	0.05	0.01	0.005	0.005
Ca	200	-	-	-	-
Cr	0.05	1	0.1	5.0	10
Cu	1	0.5	0.2	1.0	0.2
Fe	1	-	5.0	-	-
Pb	0.05	0.1	5.0	5.0	5
Mn	-	-	0.2	-	2.0
Zn	15	25	2.0	-	5.0
Co	-	1	0.05	-	0.2
Ni	-	-	0.2	-	0.5

FUENTE : \* Organización Mundial de la salud, in Bcuwer, 1978 citado por Rojo.

\*\* National Academy of Sc. and Nat. Academic of Eng, 1972.

1 Ayers y Westcot, 1985; 2 SEDUE, 1987; 3 US. EPA, 1973.

**TABLA 13. MICROORGANISMOS PATÓGENOS QUE PUEDEN ENCONTRARSE EN LAS AGUAS DE DESECHO Y QUE CAUSAN ENFERMEDADES AL HOMBRE .**

<b>GRUPO</b>	<b>GENERO</b>	<b>ENFERMEDADES QUE CAUSAN</b>
Bacteria	<u>Salmonella</u>	Tifoidea, Paratifoidea, Enteritis
	<u>Shigella</u>	Disinteria, Paradisinteria
	<u>Scherichia</u>	Enteritis
	<u>Vibrio</u>	Colera, Paracorela, Enteritis
	<u>Clostridium</u>	Cangrena, Tétano, Botulismo
	<u>Leptospira</u>	Leptospirosis
	<u>Mycobacterium</u>	Tuberculosis, Tuberculosis Atípica.
Virus	<u>Poliovirus</u>	Poliomielitis, Enteritis
	<u>Coxsackievirus A</u>	Dolores de cabeza, Dolores musculares
	<u>Coxsackievirus B</u>	Nauseas, Meningitis
	<u>Echovirus</u>	Diarreas, Hepatitis
	<u>Adenovirus</u>	Fiebre, Infecciones Respiratorias, Enteritis, Conjuntivitis, Afecciones Nerviosas.
	<u>Reovirus</u>	Gripe, Diarreas, Hepatitis
	<u>Hepatitis Virus A</u>	Hepatitis aguda o crónica
Protozoarios	<u>Entamoeba</u>	disentería causada por amibas
	<u>Giardia</u>	Amibiasis
Trematodos	<u>Schistosoma</u>	Esquisomiasis

Cestodos	<u>Taenia</u>	Teniasis
Nematodos	<u>Ascaris</u>	Ascariidosis
	<u>Anchylostomum</u>	Anchilostomiasis
	<u>Herterodera</u>	Gusanos de la papa

FUENTE : Alexander, 1979 citado por Rojo.

## 2.7. ESPECIES HORTÍCOLAS EVALUADAS.

### 2.7.1. GUISANTE Pisum sativum L.

#### 2.7.1.1. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Los guisantes hortícolas pertenecen a la familia Leguminosae, subfamilia de la *Papilionoideas* y tribu *Vicieas*, su nombre científico es el de *Pisum sativum* L. y su nombre común es Chicharo, Arreja o Guisante .

Se clasifica en :

- Chicharo arvense . Se destina a la producción de grano seco, y algunas veces a la alimentación animal.
- Chicharo sativum. Se cultiva para la producción de grano fresco y vaina; contienen mayo cantidad de azúcar que la anterior.

Planta de germinación hipógea, sistema radicular poco desarrollado en conjunto, aunque posee una raíz pivotante que puede llegar a ser bastante profunda, raíz de forma de cono invertido. Raíz cubierta de nódulos que se forman por la bacterias fijadoras de nitrógeno, del género *Rhizobium*. Tallos angulosos de sección y porte variable. En este último aspecto, cabe decir que existen tres grupo varietales de guisante: variedades enanas, cuyo tallo alcanza entre 25 y 20 cm de longitud; variedades de medio enrame, cuyos tallos miden entre 90 y 150 cm , y variedades de enrame, de tallos con una longitud comprendida entre 150 y 300 cm.

Cuando es variedad de desarrollo determinado, el tallo cesa su crecimiento, con la formación de una inflorescencia apical. Cuando es variable con crecimiento indeterminado el número de nudos e internudos es variable, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Hojas con un número de foliolos comprendido entre dos y ocho, de color verde glauco, a veces, jaspeado, acabadas en un zarcillo simple o ramificado y dotadas en su base de dos estípulas muy grandes.

Flores aisladas o en grupo de tres a cuatro, fecundación autógama, regida con un mecanismo de cleistogamia, cuya corola suele ser blanquecina en las variedades de aprovechamiento por sus semillas y púrpura en el caso de los tirabeques (come-todo). Las flores pueden aparecer en nudos distintos del tallo, según la variedad de que se trate (Maroto, 1992).

El fruto es una legumbre o vaina, de forma y dimensiones variable (longitud de 6 a 14 cm) de semillas globulosas o cúbicas, lisas o rugosas, pudiendo contener cada vaina entre cuatro y doce semillas, el color de la semilla corresponde al del tegumento y el de los cotiledones varía de verde o blanco. Maduración del fruto a T° máximas de 20°C (López,1994).

Su composición nutritiva se muestra en la tabla 14.

**TABLA 14. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE GUISANTES VERDES (POR 100 GR. DE PARTE NUTRITIVA).**

Agua	78%	Sodio	2 mg.
Proteínas	6.3 g.	Potasio	316 mg.
Grasas	0.4 g.	Vitamina A	640 U
Hidratos de Carbono	14. 4 g.	Tiamina	0.35 mg.
Fibra	2 mg.	Rioflavina	0.14 mg.
Cenizas	0.9 g.	Niacina	2.9 mg.
Calcio	26 mg.	Ac. ascórbico	27 mg.
Fósforo	116 mg.	Valor energético	84 cal.
Hierro	1.9 mg.		

Fuente : Watt (1975), citado por Maroto.

### 2.7.1.2. CICLO BIOLÓGICO.

De 7 - 10 días se da la germinación teniendo lugar a los 5°C o más aproximadamente; cuando hay germinación aparecen las dos primeras

hojas verdaderas. El desarrollo vegetativo tienen lugar a los 40 a 60 días, la floración se ve favorecida con la prolongación del horario diurno iniciando dicha floración de la base a la punta así como la maduración que resulta más prolongado mientras más lata sea la planta. (López, 1994). La floración de las variedades tempranas (las primeras flores aparecen entre los nudos 5 - 10) es normalmente insensible al fotoperíodo y a la vernalización. La floración de las variedades tardías (sus primeras flores aparecen en los nudos 10 - 50) responde positivamente a la acción de los días largos así como a la vernalización (exposición durante 1 - 4 semanas de las plantas a 1 - 7°C, cuando la planta es joven), aunque pueden desvernalizarse mediante tratamientos con giberelinas, o sometiendo a las plantas a altas temperaturas, inmediatamente después del tratamiento a bajas temperatura. Las flores caen cuando no han sido fecundadas así como cuando hay una sequedad del suelo durante la floración. En el fruto se desarrolla primero el tegumento. La cosecha se da 50 a 80 días (Maroto, 1992).

### 2.7.1.3. EXIGENCIAS DE CLIMA Y SUELO.

Es una planta que se adapta principalmente a climas templados y húmedos. Su ciclo vegetativo suele situarse a 4-5°C; aunque una gran parte de las variedades son sensibles a las heladas. La temperatura óptima de crecimiento puede situarse entre 14 y 26°C, en razón inversa a la edad de la planta. Knott (1962) ha delimitado entre 16 y 18°C la temperatura óptima de desarrollo del guisante, lo que puede suponer máximas medias de 21-24°C y mínimas medias de 7°C.

En lo referente a suelos, puede decirse que el guisante prefiere suelos de textura ligera o media, frescos, pero bien drenados, que no posean excesivo contenido de caliza, ni tampoco un pH excesivamente ácido, pudiendo cifrar su pH óptimo de desarrollo entre 6 y 6.5; tolera pH de 6.8 a 5.5, por lo cual es moderadamente ácido (Maroto,1992). Respecto a la salinidad el guisante es una planta considerada como intermedia en lo que a resistencia a la misma se refiere. Perjudiciales los suelos calcáreos ya que produce semillas endurecidas y amarillentas por la acumulación de calcio (López,1994).

Miller (1977) ha estudiado la influencia de regímenes distintos de humedad en el suelo, sobre la producción de guisantes de la variedad Alaska, resultando, entre otras cosas, que aunque el número de nudos era el mismo para todos los regímenes estudiados, la longitud de los entrenudos variaba en función de cada uno de ellos; también se observa que los mayores rendimientos se obtenían cuando el grado de humedad del suelo era alto entre la floración y el hinchado de vainas (Maroto,1992).

#### 2.7.1.4. FERTILIZACIÓN.

Como ocurre en muchas plantas hortícolas, los niveles de extracciones que dan para el guisante los diversos autores son variable (tabla 15) (Maroto,1992). El guisante es autosuficiente ya que sus raíces fijan nitrógeno. Para la aplicación de cualquier abono es necesario conocer los elementos que se encuentran presentes en el suelo (López,1994).

**TABLA 15. NIVELES DE EXTRACCIONES DEL GUISANTE PARA GRANO TIERNO (EN KG/HA).**

	Knott (a) (1962)	Knott (b) (1962)	Laumonier (c) (1964)	Moule (d) (1972)	Folquer (e) (1974)	Gorini (f) (1972)	Prats (g) (1970)
N	118.6	55.9	124.5	108	-	120	146
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15.6	16.7	43.5	27	9 - 13	30	43
K <sub>2</sub> O	62.6	39.1	88	36	35 - 78	75	125
CaO	32.4	-	152.4	20	-	-	62
MgO	11.1	-	-	-	-	-	12

Fuente: Maroto, 1992.

(a) Para una cosecha de 4.477 kg/ha de vainas y 26.863 kg/ha de hojas y tallos.

(b) Para una cosecha de 2.238 kg/ha de vainas y 13.432 kg/ha de hojas y tallos.

(c) Para una cosecha normal .

(d) Para una cosecha de 10.000 kg/ha de guisantes verdes .

(f) Para una cosecha de 3.000 hg/ha de semillas.

(g) Para la variedad Guisante Gloria de Quimper.

#### 2.7.1.5. PREPARACION DEL TERRENO.

Debe hacerse cuidadosamente para dejar el suelo perfectamente mullido y dotado de una buena aireación. Arado, 30 cm de profundidad. Rastra, 15 a 30 cm de la superficie de la tierra (López, 1994).

#### 2.7.1.6. SIEMBRA.

La siembra puede realizarse al chorrillo o a golpe, siendo este último el procedimiento más usual en el cultivo hortícola intensivo, dejando entre los golpes una distancia de unos 50 cm. Como cifras medias pueden gastarse 60 a 120 kg/ha de semillas, dependiendo de la variedad o el uso. Lo mejor es utilizar semilla certificada, si se utiliza semilla criolla, se selecciona la semilla de mejor aspecto y sin daño de plagas y enfermedades. Antes de sembrar la semilla criolla debe ser tratada con algún plaguicida. La inoculación de la semilla deberá hacerse el mismo día de la siembra. La profundidad de siembra es de 2 a 6 cm; todo esto dependiendo del tipo del suelo. La distancia entre semillas es de 1 a 2 cm. Si es en hilera, los surcos deben tener una distancia de 0.75 m uno de otro. Si son dos hileras en camellones a 0.90 m de espacio entre cada centro del camellón y de 10 a 12 cm entre las dos hileras.

En climas más desfavorables, durante la época invernal sólo pueden emplearse variedades resistentes al frío. En realidad, la determinación de la fecha de siembra para cada variedad, sobre todo cuando va destinada a la industria, se realiza una vez que se ha fijado la época de recolección, encajando en forma de cuenta atrás sus necesidades en unidades de calor acumuladas, siempre y cuando la climatología del lugar y momento permita el desarrollo de la variedad en cuestión (Maroto, 1992).

### 2.7.1.7. LABORES DE CULTIVO.

- *Deshierbe*. Puede ser químico o manual. Después del mes y medio, las malezas no constituyen ya un problema, porque el follaje de las plantas empieza a cerrar los espacios entre hileras (López,1994).
- *Entutorado*. Las variedades de enrame y semienrame, como es natural, se deben entutorar. Es recomendable para plantas que alcanzan los 15 o 20 cm de altura, principalmente para variedades trepadoras. Los materiales pueden ser variados.
- *Riegos*. Los riegos se dan según las necesidades del cultivo. Se suministra el agua durante los períodos críticos del desarrollo de la planta; estos son al principio de la floración y cuando las vainas empiezan a llenarse (Maroto,1992).

### 2.7.1.8. COSECHA Y CONSERVACIÓN.

La cosecha se realiza cuando las vainas están próximas a la madurez, procediendo de lo bajo a lo alto. La calidad de los chícharos depende del azúcar que contengan y de lo tierno que estén. Cuando avanza la madurez, el azúcar y las proteínas declinan así como el almidón aumenta. Las vainas se tornan verde claro, llenas y tiernas, lo que indica su madurez (López,1994). La cosecha se realiza de acuerdo con el destino del cultivo :

- Grano blando para la industria: con un tenderómetro se mide la dureza de la semilla partiendo de muestras al azar.

- Grano seco: se realiza cuando la vaina ha alcanzado una coloración amarillenta y las vainas no se hayan abierto para evitar pérdidas de grano.

Se puede realizar la cosecha a mano o con máquina. En el caso del chícharo para grano blando:

- se arranca a mano
- se realiza el corte con el uso de una guadaña
- se realiza con una arrancadora-levantadora de chícharo, con tracción animal
- se realiza con una arrancadora-hileradora de chícharo mecánicamente.

Una vez que los guisantes han sido recolectados se clasifican en varias categorías, pudiéndose comercializar en cajas normalizadas, bien directamente o bien en el interior de bolsitas de polietileno; la conservación puede efectuarse a 1°C y 85% de humedad relativa. Con refrigeración ordinaria a 0°C se conservan por siete a diez días. Con 5 a 10% de O<sub>2</sub> y con 5 a 7% de CO<sub>2</sub> se puede conservar hasta por veinte días (López, 1994).

Los rendimientos que suelen obtener son de 8,000 - 10,000 kg/ha. de vainas en variedades de enrame y 3,500 - 5,000 kg/ha en variedades enanas. De forma aproximada, puede decirse que 1 kg. de vainas puede contener 0.4 - 0.45 kg de semilla. En los cultivos de semienrame puede sobrepasarse las 12 - 15 ton/ha (Maroto, 1992).

### 2.7.1.9. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

- **Plagas** : *mosca blanca* de los invernaderos; pulgones diversos; *Sitona lineatus* L., coleóptero cuyos adultos mordisquean los bordes de los folíolos y sus larvas pueden destruir los nódulos radiculares; gorgojo del guisante (*Bruchus pisorum* L.), produce galerías de vainas, introduciéndose sus larvas en el interior de las semillas que quedan destruidas; araña roja; trips del guisante, su ataque a través de sus picaduras produce deformaciones de vainas y los folíolos adquieren una tonalidad plateada y; *agromícidos*, dípteros cuyas larvas forman galerías en las hojas.
- **Enfermedades** : "antracnosis del guisante", produce manchas de color marrón en hojas y vainas, que poseen el centro amarillento; roya del guisante, origina el desarrollo de manchas marrones en el envés de los folíolos, que corresponden con amarilleamientos en el haz; "oidio del guisante", el ataque de esta enfermedad produce la formación de manchas amarillentas, así como el desarrollo de un micelio blanquecino en hojas; "traqueomicosis diversas"; *Pseudomonas pisi* ( parásito de bacterias ); *Corynebacterium fancias* (parásito de bacterias); "virus I del guisante", produce abullonado de hojas, acompañado de un mosaico característico, se transmite a través de pulgones, por lo que el convate de estos vectores es el remedio más eficaz frente a esta enfermedad y; "virus II del guisante", aparición de un mosaico verde amarillento en hojas (Maroto, 1992).

## 2.7.2. RABANO Raphanus sativus L.

No existe un acuerdo claro sobre su origen botánico, aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón en China (Maroto, 1992).

### 2.7.2.1. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Hortaliza cuya parte comestible es la raíz. Pertenece a la familia *Cruciferae* y su nombre científico es el de *Raphanus sativus* L. Su composición nutritiva se muestra en la tabla 16.

**TABLA 16. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE RÁBANO (POR 100 GR. DE MATERÍA FRESCA ).**

Prótidos	0.86 g.	Vit. A	30 UI	Calcio	37 mg.
Lípidos	0	Vit. B1	30 mcg.	Fósforo	31 mg.
Glúcidos	2.44 g.	Vit. B2	20 mcg.	Hierro	1.0 mg.
Calorías	14.00	Vit. C	24 mg.		

Fuente: Fersini, 1976 citado por Maroto.

Algunos autores distinguen botánicamente dos subespecies:

- Rábano sativus ssp. major cuyos tubérculos hipocotíleos son alargados (diámetro > de 7 cm).

- Rábano sativus ssp. parvus cuyos tubérculos hipocotíleos son redondeados (diámetro < a 4 cm ).

El color puede ser variable como rojo, amarillo y negro.

Agronómicamente los rábanos se agrupan en tres tipos varietales:

- Variedades de todos los meses: de "raíces" pequeñas y ciclo muy corto (4 semanas). Entre los que pueden citarse: de tubérculos redondeados, de tubérculos semiredondos, de tubérculos semilargos y de tubérculos largos.
- Variedades de Verano-Otoño: de tubérculos más voluminosos y ciclo algo más largo (6 semanas)
- Variedades de invierno: de tubérculos grandes y ciclo muy largo (hasta 100 días).

Es una planta anual o bianual con raíz pivotante que se inserta en la base de un tubérculo hipocotíleo comestible, que puede ser redondo o alargado y de color diverso. Su sabor es más o menos picante. Las hojas son oblongas, festonadas en sus márgenes, hendidas pinnado-partidas en la base y ásperas al tacto. En la floración, el tallo puede alcanzar hasta 1.5 m. Las flores son blancas o malvas. La fecundación es alógama. El fruto una silicua indeshicente y las semillas son de color marrón rojizo y forma más o menos redondeada (Maroto, 1992).

### 2.7.2.2. EXIGENCIAS DE CLIMA Y SUELO.

Las temperaturas favorables son de 15° a 18°C con mínimas de 4°C y máximas de 21°C (Sarlí,1980). Puede germinar y desarrollarse a temperaturas bajas (8-12°C), requiere un ambiente fresco y húmedo. La mayor parte de las variedades cultivadas de todos los meses suelen ser sensibles a las heladas. En tiempos excesivamente calurosos los rábanos adquieren un sabor picante, que los deprecia para determinados mercados. Tampoco les convienen insolaciones excesivas.

Requieren suelos ricos, medios o ligeros, con buenos contenidos en materia orgánica y abundante humedad. Es una planta poco tolerante a la salinidad y moderadamente tolerante a la acidez ( pH 6.8 y 5.5) (López,1994).

### 2.7.2.3. FERTILIZACION.

Los niveles de extracción son muy variables en función principalmente de las distintas variedades cultivadas. (Tabla 17).

**TABLA 17. NIVELES DE EXTRACCION DEL RÁBANO (KG/HA) .**

	Jacob y Von Uesküll (1973) (a)	Orleans Prats (1970) (b)
N	110	46
P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	60	23
K <sub>2</sub> O	100	86
CaO	-	45
MgO	-	4

Fuente:Maroto,1992.

(a) Para una cosecha de 20 ton/ha.

(b) Para una cosecha de 16.6 ton/ha de raíces y 8.4 ton/ha de hojas y tallos, de la variedad semilargo.

Todo el abono se aportará en fondo, sobre todo en rábanos de desarrollo rápido. En variedades de ciclo más largo, puede fraccionarse el abono nitrogenado. En condiciones de escasa actividad nitrificadora del suelo, el empleo de un exceso de fertilizantes amoniacales puede ser perjudicial para el crecimiento de los rábanos, al interferir negativamente con la fotosíntesis (Maroto,1992).

#### 2.7.2.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO.

Requiere de un terreno bien mullido (barbechado y rastreado).

#### 2.7.2.5. SIEMBRA.

Se realiza una siembra directa. Puede hacerse en llano o en surcos. Si se hace en llano se siembra al chorrillo en líneas a 0.15-0.25m, tras sistematizar el terreno en tablares de 1.20-1.50m de anchura. Si se siembra en surcos normalmente se hacen grandes surcos con un valle de 0.50m sobre los que se siembran 4 ó 5 líneas a 0.15-0.25m. A veces estas líneas todavía se estrechan más, hasta 8-10cm, quedando las plantas a 3-5cm en el caso de que se trate de rabanitos.

La cantidad de semillas utilizada es de unos 4-6kg/ha.

La siembra puede realizarse en cualquier época con las variedades de todos los meses, sobre todo en climatologías suaves.

Durante la siembra es conveniente vigilar la presencia de hormigas, que muestran bastante avidez por las semillas de rábano, pudiendo contribuir con sus ataques a una nascencia defectuosa (Maroto, 1992).

#### 2.7.2.6. LABORES DE CULTIVO.

- *Aclareos*
- *Escadas*
- *Aporques*

### 2.7.2.7. COSECHA Y CONSERVACIÓN

En las variedades de crecimiento rápido se cosechan después de 3 a 4 semanas. Las variedades chinas se cosechan después de 8 a 14 semanas. En general los rábanos se cosechan antes de que se tornen fibrosos y duros. El rábano tiene su punto óptimo de madurez cuando está turgente y tierno (López, 1994).

Resulta muy importante recolectar en el momento adecuado, pues en caso contrario los rábanos pueden -ahuecarse- despreciándose comercialmente. Esta anomalía también se presenta por la incidencia de heladas, desequilibrios en la humedad del terreno, etc.

La producción puede variar entre 15ton/ha para rabanitos redondos y hasta 40ton/ha para rábanos de mayor tamaño.

La recolección en pequeñas superficies suele hacerse manualmente, lo que resulta muy costoso. Su manejo es arrancar la planta completa. Para extensiones importantes en fincas llenas, debe emplearse la recolección mecanizada, existiendo una gama muy amplia en el diseño de las máquinas; muchas de ellas pisan los rábanos por las hojas entre dos cadenas, ayudadas por una punta de ataque al suelo. Su venta se hace con o sin hojas. Si se remueven, se eliminan inmediatamente después de arrancarlas (Maroto, 1992).

Un almacenamiento frigorífico a 0°C y 90-96% de humedad relativa puede conservar los rábanos entre tres y cuatro semanas; o bien se pueden conservar en una atmósfera que contenga del 1 a 2% de O<sub>2</sub> y de 5 a 10°C con 5% de O<sub>2</sub> (López 1994).

#### 2.7.2.8. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

- El “ahuecado”, producido por sobremaduración, por heladas, por la incidencia de grandes variaciones en las disponibilidades hídricas, como consecuencia de inadecuados programas de riego, etc. Las “heladas” pueden revestir graves consecuencias sobre todo para el rábano de todo el año. Raíces bifurcadas, como consecuencia de una textura del terreno inadecuada, relativamente frecuente en variedades de tubérculos alargados. Un riego excesivo en el período cercano a la madurez del tubérculo, puede ocasionar el desarrollo repentino de raíces laterales que deprecian comercialmente la cosecha. A veces también es frecuente la aparición de resquebrajaduras longitudinales, como consecuencia de un súbito incremento del índice de crecimiento, tras un período de baja actividad vegetativa, más ostensible en unas variedades que en otras (Grower, 1982; citado por Maroto, 1992 ).
- *Plagas.* Se debe vigilar la presencia de “hormigueros” durante la siembra. Es muy frecuente el ataque de “chinches verdes”, “pulgonos”, “palomitas de las coles”, “gusano blanco o bicho candedo” y, “bicho maro” (Sarll, 1980).
- *Enfermedades.* Pueden citarse las siguientes : *Alternaria circinans*, que origina manchas amarillentas en las hojas con aureolas muy marcadas;

*Fusarium oxysporum* (Maroto,1992); *Podredumbre negra de crucíferas*, ataque de hojas que se tornan cloróticas y luego se secan; *Roya blanca o mal de cal*, manifestación de pústulas de color cenizas en hojas, tallos y frutos los que sufren deformación (Sarlí,1980).

### 2.7.3. ZANAHORIA Daucus carota L.

Dentro de la familia de las umbelíferas, la zanahoria es la más conocida y la más importante de las hortalizas de raíz, dada la demanda de que es objeto y de la superficie sembrada que ocupa . Se consume en ensaladas, jugos y guisos. Es una hortaliza rica en caroteno -precursor de la vitamina A- y tienen cantidades considerables de tiamina y riboflavina.

#### 2.7.3.1. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Pertenece a la familia Umbeliferae y su nombre científico es el de *Daucus carota* L. Su composición nutritiva se muestra en la tabla 18.

**TABLA 18. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LA ZANAHORIA (POR 100G DE PARTE COMESTIBLE ).**

Agua	88.2%	Sodio	47mg.
Proteínas	1.1.g.	Potasio	341mg.
Grasas	0.2g.	Vitamina A	11,000 UI
Hidr. de C. Totales	9.7g.	Tiamina	0.06mg.

Fibra	1g.	Riboflavina	0.05mg.
Cenizas	0.8g.	Niacina	0.6mg.
Calcio	37mg.	Ac. ascórbico	0.8mg.
Fósforo	36mg.	Valor energético	42 Cal.
Hierro	0.7mg.		

Fuente: Watt, 1975; citado por Maroto, 1992.

Existen variedades cuya raíz es amarilla y cuya forma suele ser alargada; pero en general, las variedades más apreciadas son las de raíces rojo-anaranjadas, dentro de cuyo grupo existe una gran variabilidad en función de su longitud, que pueden ser:

- Largas, de longitud superior a los 20-25cm.
- Semilargas, cuya longitud es de 15-20cm.
- Semicortas, cuya longitud es de 10-20cm.
- Cortas, cuya longitud es inferior a los 10cm.

La variedad "Nantes" es la más aceptada por el mercado, y sus características principales son tamaño mediano, color naranja claro con puntas redondeadas. Existen otras variedades en México, como son Emperador (de mayor tamaño que el Nantes) y Chantenay (más chica que el nantes).

La zanahoria es una planta bianual y alógama; la parte comestible es una raíz carnosa cuya coloración es generalmente amarilla, anaranjada o roja. Su longitud puede variar de 15 a 18cm, y su sistema de raíces

laterales (que se derivan de la raíz principal) alcanza a desarrollarse entre 1.2 y 1.5m, extendiéndose hasta 90cm (según Weaver y Bruner,1927; citado por Valadez, 1994).

El tallo es muy rudimentario y alcanza una longitud de 1.0 a 2.5cm; sin embargo, el tallo floral llega a medir de 0.5 a 1.0m de altura (Sarli,1958; Guenko,1983; citado por Valadez,1994). Las hojas son pubescentes, de color verde; bipinasectas o tripinasectas, de segmentos dentados y lobulados y con peciolo largos.

La inflorescencia es una umbela compuesta subglobosa, formada por umbelas primarias y secundarias; las flores siempre son blancas, menos las centrales de cada umbela, que son de color rosado o púrpura, siendo a veces todas coloreadas. Sube a flor durante el 2<sup>do</sup>. año de cultivo.

#### 2.7.3.2. CICLO BIOLÓGICO .

La germinación tienen lugar de los 12 a 18 días. La zanahoria es una planta bianual que, en condiciones normales, durante el 1<sup>er</sup>. año de cultivo, desarrolla principalmente una roseta de hojas y almacena posteriormente sus reservas en su propia raíz, hipertrofiándola. La 1<sup>ra</sup>. cosecha se da de los 55 a 80 días. Las líneas varietales que acumulan mayor contenido en azúcares son las que poseen una madurez fisiológica más tardía, lo que les permite una mayor prolongación de la actividad fotosintética (según Lester,1982; citado por Maroto, 1992).

Durante el 2<sup>do</sup>. año de cultivo emite el tallo floral, que se desarrolla gracias a las reservas acumuladas en el 1<sup>er</sup> año de cultivo. La zanahoria es una planta de día largo (Maroto,1992).

### 2.7.3.3. EXIGENCIAS DE CLIMA Y SUELO .

La zanahoria es una planta de clima templado; puede tolerar heladas, aunque también se puede explotar en época cálida. La temperatura de germinación debe ser mayor de 5°C; Guenko,1983 (citado por Valadez, 1994)menciona que las temperaturas ideales para la germinación oscilan entre 18° y 25°C , germinando las semillas en estas condiciones entre los 10 y 12 días. La temperatura de desarrollo es de 15° a 25°C, siendo la óptima de 16ª a 18º , con lo cual se manifiesta un buen desarrollo y color.

Asimismo, Guenko,1983 (citado por Valadez,1994) considera que temperaturas de 20° a 22°C son las más adecuadas para el crecimiento de la parte comestible (raíz), y que la de la parte vegetativa requiere entre 23° y 25°C.

Se reporta que cuando la raíz tiene un diámetro mayor de 6mm a temperatura de 10°C por un período corto de tiempo, se induce la floración (Yamaguchi,1983;citado por Valadez,1994). Se ha comprobado que la temperatura ambiental tiene influencia directa sobre la coloración y el tamaño de la raíz (Valadez,1994).

En lo referente al suelo; de acuerdo a su pH, la zanahoria ha sido clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH 6.8 - 5.5 . En experiencias hechas por Thompson, 1949 (citado por Sarti,1980) en Virginia, E.U.A.; el rendimiento más elevado se observó en suelos cuyo pH era de 6.5, donde el pH descendía a 5.2 el rendimiento era muy bajo, y nulo cuando llegaba a 5.0 . En lo referente a la salinidad, la zanahoria está clasificada como medianamente tolerante, con valores de 6400 a 2560 ppm (10 a 4 mmhos)(Richards,1954; Maas,1984;citados por Valadez,1994). En cuanto a la textura del suelo, se desarrolla mejor en suelos de textura ligera (arenosos) y se recomienda manejarla con escardas en suelos arcillosos debido a que este tipo de suelo deforma la parte comestible . Los terrenos compactos y pesados originan raíces con fibrosidades endurecidas que le deprecian, menor peso, diámetro y longitud, siendo además propensos al desarrollo de podredumbres (Maroto,1992).

#### 2.7.3.4. FERTILIZACIÓN .

En lo concerniente a fertilización, se reporta que esta hortaliza puede responder o no a la fertilización nitrogenada. La colocación del fertilizante por debajo de la raíz y/o de la semilla puede provocar la formación de raíces dobles. La tabla 19 presenta algunos datos de extracción de N-P-K del suelo por parte comestible (raíz) y el follaje.

**TABLA 19. NIVELES DE EXTRACCIÓN DE N-P-K DE LA ZANAHORIA .**

PARTE DE LA PLANTA	RENDIMIENTO X	N	P	K	Ca	Mg
	(ton/ha)	(kg/ha)				
1. Raíz	33.6	67.2	22.4	72.8	-	-
Follaje	15.7	78.4	11.2	140.0	-	-
2. Raíz	44.8	103.0	37.3	94.1	24.6	12.3
Follaje	22.4	112.0	11.2	224.0	235.2	11.2
3. Raíz	33.6	37.0	30.2	113.1	-	-
Follaje	6.7	24.6	7.8	33.6	-	-
4. Raíz	20.0	112.0	28.0	112.0	-	-

FUENTE : 1. Nationalcanner's, Washington, D.C.; 2. Hester y Sheldon; 3. Univ. De California, según Knott,1980; 4. Zandstra y Larry,1980; citados por Valadez, 1994; citados por Valadez,1994.

### 2.7.3.5. PREPARACIÓN DEL TERRENO .

Requiere de una buena preparación del terreno, de forma que éste se muestre perfectamente mullido, en una determinada profundidad, mayor en las variedades largas y semilargas, pudiendose dar en primer lugar una labor profunda, en la que se incorpora el abonado de fondo, y a

continuación tantas labores superficiales como sean necesarias para dar una tierra bien -fina- (Marato, 1992).

#### 2.7.3.6. SIEMBRA .

La zanahoria es una hortaliza de clima frío; sin embargo, en México (El Bajío) se puede explotar durante todo el año, excepto en época de lluvias. La tabla 20 presenta la época según la altitud y de acuerdo con las recomendaciones de INIA (actualmente INIFAP).

**TABLA 20. ÉPOCA DE SIEMBRA DE LA ZANAHORIA SEGÚN LA ALTITUD.**

<b>Localización</b>	<b>Altura (msnm)</b>	<b>Meses</b>
Valles altos	> 1800	marzo - junio
Mesa central	1000 - 1800	marzo - agosto
Tierra caliente	0 - 1000	octubre - enero

Fuente: INIA (actualmente INIFAP), citado por Valadez, 1994.

Con respecto a esta hortaliza, se utiliza sólo siembra directa; las dosis de semilla varía de 3.5 a 4.5kg/ha. Las distancias de siembra son las siguientes : entre surcos pueden ser a 0.82, 0.92 y 1.00m a doble hilera, con una distancia entre éstas de 30 a 35cm. Por lo general la distancia entre plantas es tal estrecha que se le llama a "chorrillo", recomendándose no dejar una distancia mayor de 3cm (Valadez, 1992).

### 2.7.3.7. LABORES DE CULTIVO .

- *Aclareos.* Deben realizarse cuando las plantas tienen dos ó tres hojas dejando entre plantas una distancia comprendida entre 8 y 15cm. Normalmente suelen darse dos aclareos sucesivos en un intervalo de diez días .
- *Control de malezas.* El principal problema que se presenta en las variedades de zanahoria son las malezas; esta hortaliza figura entre las que muestran mayor tolerancia de herbicidas.
- *Escarda y aporques.* Se recomienda que estas prácticas sean ligeras en suelos arcillosos, con la finalidad que estén lo más sueltos posibles. Antes de realizar el primer aporque se efectúa la segunda aplicación de nitrógeno, que coincide aproximadamente con los 40 a 45 días posteriores a la siembra. Se recomienda llevar a cabo sólo los aporques necesarios (sobre todo en la etapa adulta de la zanahoria) para evitar el verdeo en la corona u hombros de la parte comestible.
- *Riegos.* Este factor varía, dependiendo de la época del año en que se haya sembrado esta hortaliza, la textura del suelo, etc.; sin embargo, a nivel comercial se dan en promedio de 6 a 10 riegos, teniendo mucho cuidado de que no le haga falta en la etapa adulta (después de los 70 días), lo cual provocará rajaduras en la parte comestible de la zanahoria (Valadez, 1994) .

### 2.7.3.8. COSECHA Y CONSERVACIÓN.

En México esta actividad se realiza manualmente, aunque puede recurrirse a la forma mecánica, como se efectúa en algunas partes de E.U. (Valadez,1992). En la recolección mecánica pueden utilizarse los siguientes sistemas:

- Máquina arrancadora con reja de ataque localizada.
- Máquina arrancadora alineadora.
- Máquina arrancadora con planchas basculantes de rejilla y elevador de lona.
- Máquina arrancadora por pinzamiento de hojas, similar a la descrita en el caso del rábano.

El rendimiento medio de un cultivo de zanahoria puede cifrarse entre 25 y 35ton/ha (Maroto, 1992).

La conservación en cámara frigorífica a 0°C y 90-95% de humedad relativa puede permitir un almacenamiento en buenas condiciones durante dos o tres meses.

### 2.7.3.9. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

- Sequía, produce fibrocidades de consistencia dura que deprecian la calidad comercial; raíces agrietadas, accidentes relacionados con la humedad del suelo, suele ocurrir en épocas en que las raíces engrosan

demasiado, mientras que el crecimiento foliar es escaso; raíces bifurcadas, deformadas, montada, anomalía típica que suele presentarse cuando se utilizan zanahorias en suelos pedregosos, excesivamente fuertes o aterronados; necrosis foliares, pueden ser atribuidas a una mala translocación de calcio y puede corregirse parcialmente la aplicación foliar de este elemento (Tibbits,1983; citado por Maroto, 1992); carencia de boro, produce manchas gomosas en las raíces, enmarronecimiento de las mismas y descamaciones y; subida a flor prematura , deprecia comercialmente la cosecha, y las raíces adquieren un sabor amargo.

- **Plagas.** "Mosca de la zanahoria", díptero cuyas larvas producen galerías en la raíz; "gusano de alambre", coleóptero elatéridos del género *Agriotes*; "gusanos" grises, lepidóptero noctuidos del género *Agrostis* que mordisquean las bases de las plantas; "pulgonos", producen amarillamiento, existen algunos que pueden atacar a las raíces; "falso medidor" y; "nemátodos" principalmente del género *Heterodera*, producen abultamientos y deformaciones radiculares (Maroto, 1992).
- **Enfermedades.** "Podredumbre negra de las raíces", producida por el hongo *Stemphylium radicinum* que origina lesiones en la parte superior de la raíz recubiertas de una mohosidad negruzca; *Rhizoctonia violacea*, poco común en zanahoria, pero muy grave si ataca produciendo deformaciones y podredumbre en raíces; *alternaria dauci*, produce , cuando su ataque acaece en las primeras fases de desarrollo, fallas en nascencia, en plantas más desarrolladas produce manchas parduzcas diseminadas en los bordes de las hojas que parecen quemaduras; *Cercospora carotae*, produce manchas semicirculares en hojas que con

el tiempo se vuelven de color gris oscuro; *Plasmopara nivea*, en el haz produce manchas amarillentas y en el envés un micelio afeltrado; *Oidios de zanahoria*, producen un polvo blanquecino; *enfermedades de las manchas secas*, sobre la superficie de la raíz aparecen manchas secas de color marrón en cavidades redondas u ovals; *bacteriosis de la zanahoria*, originan podredumbre más o menos blandas en raíces; *Xanthomonas carotae*, tizón bacterial; *virus del enanismo*; *virus del mosaico de la zanahoria*; *virus del mosaico del apio*, los tres últimos se transmiten por pulgones y ; "amarillamiento de la zanahoria", producido por un micoplasma de tipo -*Aster Yellow* - (Maroto , 1992 y Valadez, 1994).

### **III.- METODOLOGIA.**

#### **3.1. LOCALIZACION DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el invernadero de cristal ubicado en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, localizada en la Cuenca del Valle de México, al Oeste de la cabecera municipal de Cuautitlán, Estado de México.

El municipio de Cuautitlán se extiende entre los 19° 27' y los 19° 45' de latitud Norte y entre 99° 07' y 99° 14' de Longitud Oeste. Limita al Norte con el municipio de Teoloyucan, al Sur con el de Tultitlán, al Este con Melchor Ocampo, al Oeste con el de Tepotzotlán, al Noroeste con el municipio de Zumpango y al Sureste con Tultepec .

Las elevaciones localizadas al Oeste y Suroeste del municipio forman parte de las estribaciones de las Sierras de Monte Alto y Monte Bajo. En la parte Suroeste, la Sierra Guadalupe separa el Valle de Cuautitlán del Valle de Tlalnepantla. La altitud media sobre el nivel del mar es de 2250m. El Valle de Cuautitlán se localiza dentro de la provincia geológica del eje Neovolcánico, en el que predominan rocas volcánicas cenozoicas de los períodos Terciarios y Cuaternario (S.P.P. 1981 según Pérez, 1993). En la zona de Cuautitlán específicamente, se encuentran depósitos aluviales de material ígneo

muy intemperizado, del tipo de las adecitas, brechas volcánicas y areniscas-tobas, que componen las serranías que rodean ésta zona. El río Cuautitlán que se origina en la presa Guadalupe atraviesa el municipio en dirección Suroeste-Noroeste. Las aguas de esta presa junto con las presas La Piedad y El Muerto, son utilizadas, para el riego de los cultivos de la zona (Pérez, 1993) .

### **3.2. SUELO .**

Los suelos de la FES-Cuautitlán, como la mayor parte de los suelos de la zona, son de formación aluvial y se originaron a partir de depósitos de material ígneo derivado de las partes altas que circundan la zona. Son suelos relativamente jóvenes, en proceso de desarrollo, presentan un perfil de apariencia homogénea en el que no se aprecian fenómenos de iluviación o eluviación muy marcados, por lo que es difícil diferenciar horizontes de diagnóstico a simple vista. son suelos profundos, con estructura bien desarrollada, pH mayor de 6 y una relación C:N entre 10 y 12 en suelos cultivados; con un alto contenido de material amorfo como el alofano en su fracción arcillosa (Pérez, 1993).

De acuerdo con los sistemas de clasificación FAO-DTENAL (S.P.P. 1981), éstos suelos se han clasificado como Vertisoles pélicos (Vp). Son suelos que presentan una textura fina, arcillosos; son suelos pesados, difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan; forman grietas profundas

cuando se secan, y pueden ser impermeables al agua de riego o de lluvia (S.P.P.1981 1981, según Pérez,1993).

De acuerdo con el sistema de clasificación de la séptima aproximación, éstos suelos han sido clasificados dentro del orden Inceptisoles, suborden Andept, gran grupo Umbrandept, como Umbrandepts molico vértisol (De la Teja,1982, según Pérez,1993).

### **3.3. CLIMA .**

En lo referente al clima, de acuerdo con el sistema Köppen modificado por García E; el clima para la región de Cuautitlán corresponde al C(Wo)(w)b(i') templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano e invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual), con verano fresco y largo; con temperatura extremosa con respecto a su oscilación. La temperatura media anual es de 15-7°C, con una oscilación media mensual de 6-5°C, siendo enero el mes más frío, con una temperatura promedio de 11.8°C y junio el mes más caliente, con 18.3°C en promedio. La temperatura máxima en promedio es de 26.5°C durante el mes de abril, seguido de mayo y junio. La temperatura mínima en promedio es de 2.3°C en enero y 2.9°C en febrero, aunque se pueden presentar temperaturas bajo cero durante la noche o al amanecer en estos meses. El promedio de horas frío en ésta zona oscila entre 800 y 820 al año, su mayor frecuencia se tiene en enero (238) y la menor frecuencia en noviembre (170). la constante térmica o grados calor en

la zona es en promedio de 1250 anualmente; su mayor concentración se tiene en los meses de junio, julio y agosto (Reyna, 1978; según Pérez, 1993).

La zona de estudio presenta un régimen de lluvias de verano, concentrándose entre los meses de mayo a octubre, con un invierno seco. La precipitación media anual es de 600 mm. siendo julio el mes más lluvioso con 128.9 mm. y febrero el mes más seco con 3.8mm. Las probabilidades de lluvia en esta zona son menores del 50%, por lo que es indispensable contar con riego (Pérez, 1993).

En esta zona, el promedio anual de días con heladas es alto, 64 días. La temporada de heladas empieza en octubre y termina en abril, siendo más frecuentes durante los meses de diciembre, Enero y Febrero. Pueden presentarse heladas tempranas entre el 8 y 10 de septiembre y heladas tardías en mayo. La frecuencia de granizadas en esta zona es muy baja, se pueden observar principalmente durante el verano.

#### **3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el análisis estadístico de las especies hortícolas, indicadoras de los cambios en las características fisicoquímicas del suelo, se llevó a cabo un experimento con diseño en bloques al azar para cada uno de los cultivos. En cada bloque se asignaron al azar los tratamientos

quedando el arreglo en el interior del invernadero como se muestra en la figura 2.

	1.- Guisante	(1)
<b>ESPECIES</b>	2.- Rábano	(2)
<b>HORTÍCOLA</b>	3.- Zanahoria	(3)

	1.- Agua de emisor Industrial	(I)
<b>TRATAMIENTOS</b>	2.- Agua de emisor Habitacional	(H)
	3.- Agua de Riego	(R)
	4.- Agua Potable	(P)

<b>BLOQUES :</b>	I	< intensidad de luz.
	II y III	X intensidad de luz.
	IV	> intensidad de luz.

### **3.5. MATERIALES Y MÉTODO.**

#### **3.5.1. MUESTREO DE SUELO INICIAL Y MUESTREO DE AGUAS.**

##### **3.5.1.1. MUESTREO DE SUELO INICIAL.**

En la figura 3 se presenta la parcela No.7 (ubicada dentro de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán) de la cual se tomó el

FIG.2 CROQUÍS DEL ÁREA EXPERIMENTAL Y LOCALIZACIÓN DE BLOQUES Y TRATAMIENTOS.

DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR

16 UNIDADES EXPERIMENTALES POR CULTIVO

4 REPETICIONES

48 UNIDADES EXPERIMENTALES EN TOTAL

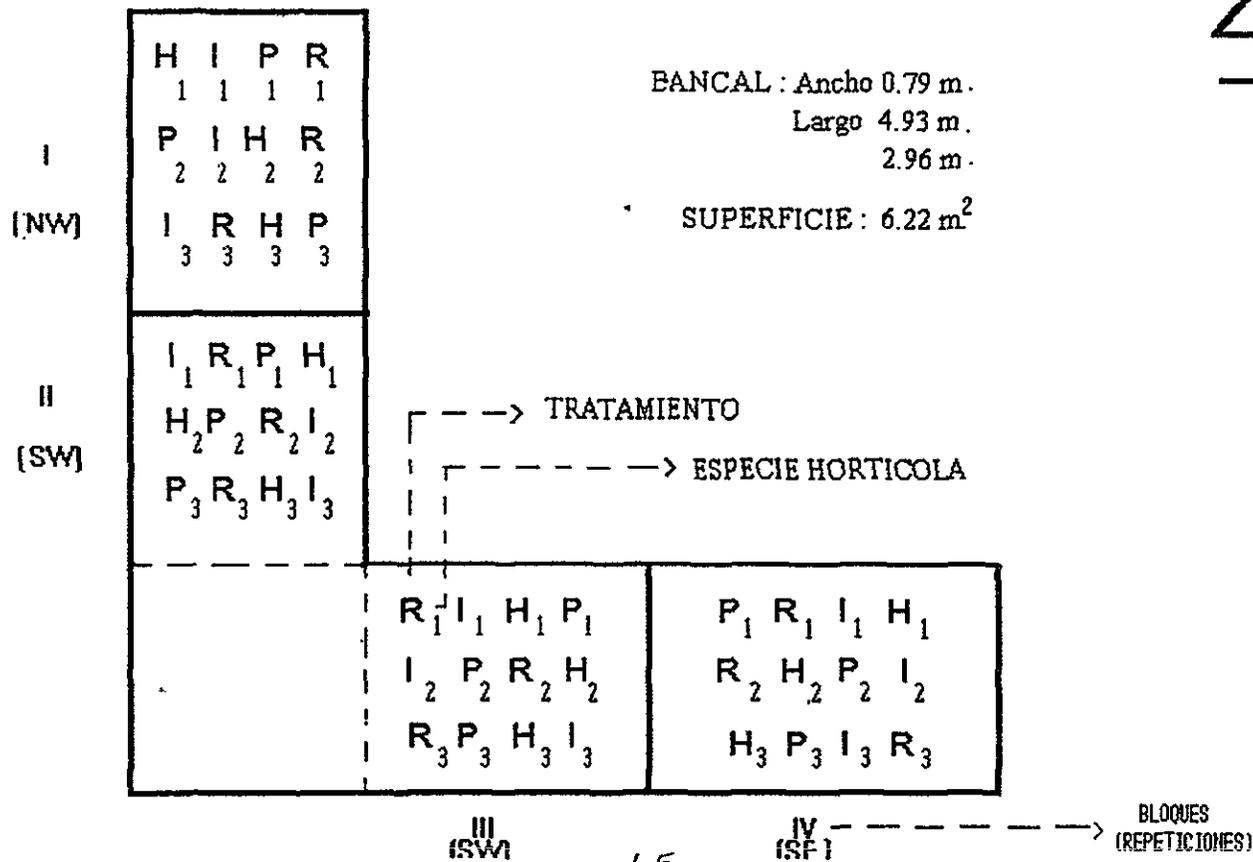
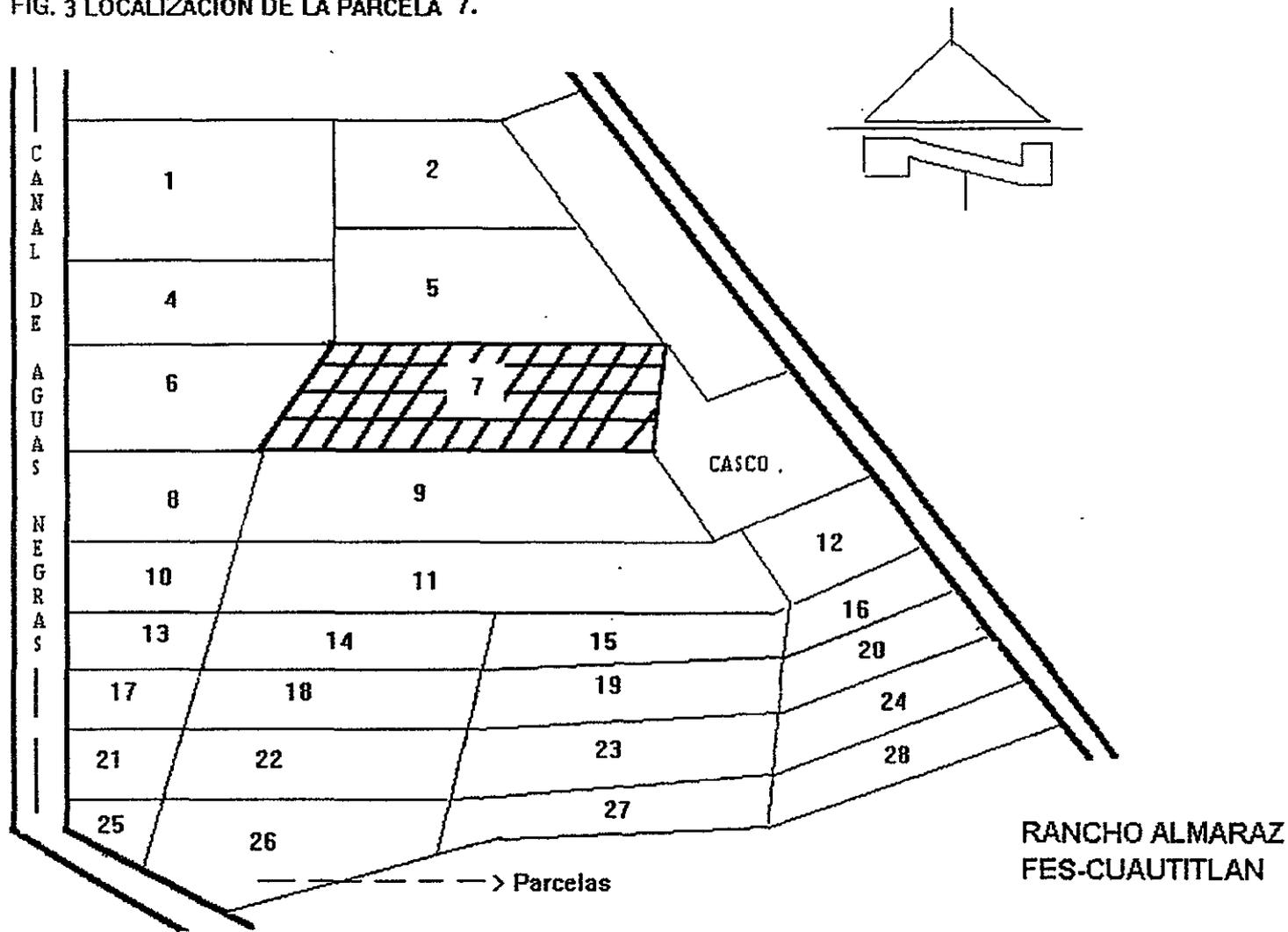


FIG. 3 LOCALIZACION DE LA PARCELA 7.



suelo que fue utilizado para las evaluaciones; así mismo se observa el sitio de muestreo.

El muestreo de suelo se llevó a cabo utilizando el método al azar, tomando muestra de un sólo pozo, teniendo un total de tres muestras a las profundidades de 0 - 10 cm., 10 - 20 cm y de 20 - 30cm, de modo que fue la parte arable del suelo la que se utilizo para el establecimiento de los cultivos.

### **3.5.1.2. MUESTREO DE AGUA.**

El Organismo Público Descentralizado OPERAGUA del Municipio de Cuautitlán Izcalli, apoyó con el muestreo y traslado de las aguas evaluadas en el presente trabajo; dichas muestras provienen de los emisores : industrial, habitacional, riego y el agua potable utilizada como testigo, proviene de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

### **3.5.2. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO AGRONÓMICO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.**

El establecimiento del cultivo se llevó a cabo en contenedores (tinas) de 1.5 m. de longitud, 0.40m. de ancho y 0.25m. de profundidad; dichas tinas se llenaron con suelo previamente tamizado, proveniente de la parcela No. 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán .

Posteriormente se realizó la siembra de las siguientes especies :

Guisante Pisum sativum L. Var. Early Perfection Gre .

Rábano Raphanus sativus L. Var. Scarcet Globe.

Zanahoria Daucus carota L. Var. Nantes Strong.

Cada una de ellas con el siguiente manejo agronómico :

En el caso del guisante, en la **siembra** se depositaron nueve semillas por tina y, en rábano y zanahoria se realizó una siembra a chorrillo, con la finalidad de realizar un aclareo, dejando las plántulas más vigorosas; sin embargo, fue necesario realizar una resiembra. El **control de malezas** se llevó a cabo en forma manual siendo esta constante y de por lo menos una vez por semana. Por las características morfológicas del guisante fue necesario establecer **tutores** cuando la planta alcanzó una altura de aproximada de 15 - 20 cm. (un tutor por planta) . Los **riegos** se realizaron en promedio dos veces por semana; en días calurosos se dieron con mayor frecuencia que en días nublados de acuerdo a las necesidades. Se regaron aproximadamente, 500 ml por tina. Es necesario comentar que se utilizó el equipo básico indispensable para el manejo de este tipo de aguas con la finalidad de evitar intoxicación o algún otro daño .

Durante los tres ciclo de cultivo de la zanahoria se tuvo incidencia de cenicilla polvoza, llevando a cabo un control mecánico; así mismo se realizó un control biológico y natural del pulgón durante el primero y

segundo ciclo. En el cultivo del rábano y guisante, durante el segundo ciclo se controló de manera mecánica el gusano de lepidóptero. Por otro lado, no se realizaron fertilizaciones químicas, ya que los productos químicos dejan residualidad en el suelo, contaminándolo y generando alteración en los resultados que se buscaban con la utilización de aguas residuales .

El parámetro utilizado para determinar la **cosecha** fue basado en su ciclo biológico a través de una calendarización. El rábano y la zanahoria se cosecharon cuando las raíces alcanzaron un diámetro determinado y se observaron en la superficie del suelo; en el caso del guisante, la cosecha se realizó cuando la primera vaina alcanzó su máxima maduración no permitiendo un segundo corte debido a que es necesario extraer toda la planta para la realización de las pruebas bromatológicas para futuros estudios.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran las labores agronómicas que se llevaron a cabo con relación al tiempo de cada uno de los cultivos.

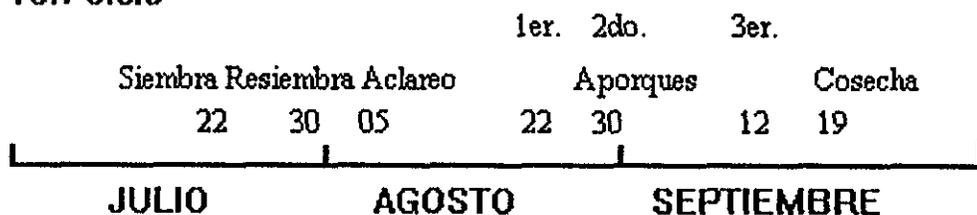
### **3.5.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE SUELOS (TRATAMIENTOS).**

Para analizar los cambios generados en las características fisicoquímicas del suelo por el riego continuo con diferentes calidades de agua, fue necesario realizar el análisis de suelo original partiendo de tres muestras tomadas a profundidades 0-10, 10-20 y 20-30cm. Así mismo, después de cada ciclo agrícola se tomaron muestras de

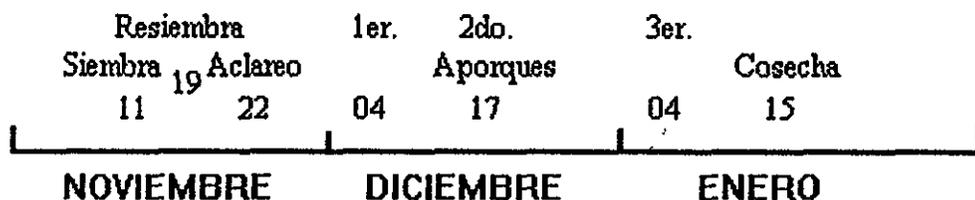
**FIG. 5 CRONOLOGIA DE LAS LABORES AGRONOMICAS.**

**RABANO Raphanus sativus L. (1996 - 1997)**

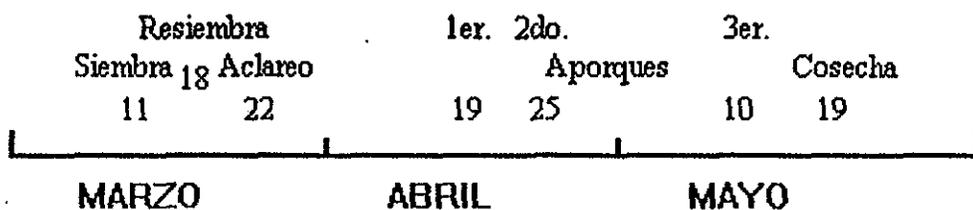
**1er. Ciclo**



**2do. Ciclo**



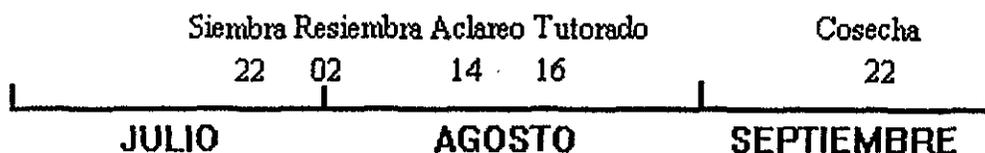
**3er. Ciclo**



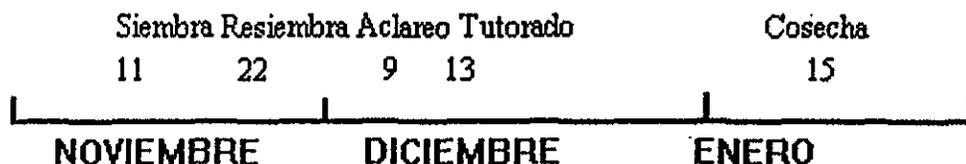
**FIG. 4 CRONOLOGIA DE LAS LABORES AGRONOMICAS**

**GUISANTE Pisum sativum L. (1996 - 1997)**

**1er. Ciclo**



**2do. Ciclo**



**3er. Ciclo**

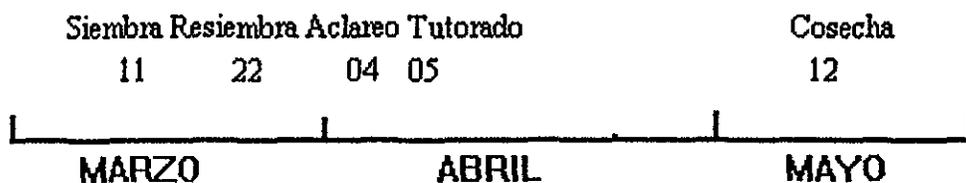


FIG. 6 CRONOLOGIA DE LAS LABORES AGRONOMICAS .

ZANAHORIA Daucus carota L. (1996 -1997)

1er. Ciclo

Siembra		1er.	2do.	Aclareos		3er.	4to.	1er.	2do.	3er.	Cosecha
22	02	13		30		10	13	25		03	23
JULIO		AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			

2do. Ciclo

Siembra	1er.	2do.	3er.	Aclareos		4to.	1ro.	2do.	3er.	Cosecha
11	22	02	13	23	27	10			24	14
NOVIEMBRE		DICIEMBRE				ENERO			FEBRERO	

3er. Ciclo

Siembra	1er.	2do.	3er.	Aclareos		4to.	1er.	2do.	4to.	Cosecha
11	22	01	16			02	09	24	06	26
MARZO		ABRIL			MAYO			JUNIO		

cada uno de los tratamientos realizando una mezcla homogénea entre repeticiones. En total se analizaron quince muestras de suelo, tres del suelo original y cuatro por cada ciclo de cultivo, quedando de la siguiente forma:

M-C <sub>I</sub> T <sub>1</sub>	M-C <sub>II</sub> T <sub>1</sub>	M-C <sub>III</sub> T <sub>1</sub>	M- 0 - 10
M-C <sub>I</sub> T <sub>2</sub>	M-C <sub>II</sub> T <sub>2</sub>	M-C <sub>III</sub> T <sub>2</sub>	M- 10 - 20
M-C <sub>I</sub> T <sub>3</sub>	M-C <sub>II</sub> T <sub>3</sub>	M-C <sub>III</sub> T <sub>3</sub>	M- 20 - 30
M-C <sub>I</sub> T <sub>4</sub>	M-C <sub>II</sub> T <sub>4</sub>	M-C <sub>III</sub> T <sub>4</sub>	

DONDE :

M = Muestra	Profundidad: 0 – 10 cm.
T = Tipo de agua	10 - 20 cm.
1.- A. Industrial	20 – 30 cm.
2.- A. habitacional	C = Ciclo de cultivo
3.- A. Riego	
4.- A. Potable	

Cada uno de los análisis de estas muestras se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de Ingeniería Agrícola ubicado dentro de las instalaciones de la Facultad.

Las características fisicoquímicas determinadas en los análisis de suelo fueron:

- 1.- Densidad aparente, densidad real y porcentaje de espacios porosos por el método de la probeta.
- 2.- Textura por el método de Bouyoucos.
- 3.- Color con la tabla de colores de Munsell.
- 4.- Materia orgánica por el método de Walkley y Black.
- 5.- Calcio y Magnesio intercambiables por el método del Versenato.
- 6.- pH real y pH potencial.
- 7.- Capacidad de intercambio catiónico por el método del Versenato.
- 8.- Conductividad eléctrica.
- 9.- Concentración de Nitrógeno por el método de Kjeldhal.
- 10.- Concentración de Fósforo, Potasio y Sodio por el método de colimetría.

#### **3.5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS ESPECIES HORTÍCOLAS**

Para el análisis estadístico de las especies hortícolas, se tomó una muestra aleatoria de cuatro plantas por tratamiento y especie, cuantificando:

- 1.- Peso fresco de la planta.
- 2.- Longitud total de la planta.
- 3.- Longitud de la parte área.
- 4.- Longitud de raíz.
- 5.- Diámetro del bulbo (en el Rábano y Zanahoria).
- 6.- Número de vainas por planta (en el Guisante).

## 7.- Peso fresco de vaina (en el Guisante)

Es importante señalar que dicho trabajo se llevó acabo durante tres ciclos agrícolas consecutivos; con la finalidad de observar la variación progresiva de las características fisicoquímicas del suelo partiendo de un suelo del que ya conocemos sus características originales.

## **IV.- RESULTADOS**

### **4.1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO.**

A partir de los análisis realizados se determinaron las características fisicoquímicas del suelo original así como del suelo tratado con los diferentes tipos de agua durante tres ciclos de cultivo.

#### **4.1.1. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL SUELO ORIGINAL.**

El suelo original bajo estudio proveniente de la parcela No.7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán presenta colores generalmente oscuros : (HUE 10YR 4/2) café grisáceo oscuro en seco y (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en húmedo (Munsell). La clase textural es Migajón-arcillo-arenoso presentando una gran capacidad de retención de humedad: 20.06% capacidad de campo y 10.88% de agua a punto de marchitamiento (fórmula de Bring y Shanz). En cuanto a su densidad aparente sus valores varían de  $1.13\text{gr/cm}^3$  a  $1.19\text{gr/cm}^3$ , la densidad real de  $1.97\text{gr/cm}^3$  a  $2.21\text{gr/cm}^3$  con un porcentaje de espacios porosos de 46.14% a 40.35%. Por su porcentaje de materia orgánica (4.17) se clasifica como suelo rico (Tavera, 1985) y según la clasificación hecha por De la Teja, 1980 se ubica como suelo con capacidad de intercambio catiónico buena con

valor de 34.11meq/100gr. Por su contenido de  $\text{Ca}^{++}$  (12.60meq/100gr) y  $\text{Mg}^{++}$  (4.17meq/100gr) corresponde a la clasificación de extremadamente rico (Moreno, 1978) y por el contenido de Nitrógeno (0.54%) se clasifica según Tavera, 1985 como muy rico. Con relación al Fósforo (2.00 ppm) y Potasio (27.50 ppm) se clasifica como pobre y medio respectivamente (Moreno, 1978) y presenta 20.50 ppm de Sodio. En cuanto a conductividad eléctrica, presenta 180 $\mu\text{mhos/cm}$ . Finalmente presenta un pH de 6.46 que corresponde a ligeramente ácido según Moreno, 1978 ( Tablas 21, 22 y anexo I).

#### **4.1.2. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL SUELO TRATADO DURANTE TRES CICLOS AGRÍCOLAS.**

##### ***4.1.2.1. TRATAMIENTO CON AGUA INDUSTRIAL.***

El suelo tratado con agua de emisor industrial, al final del primer ciclo agrícola presentó una coloración aún más oscura que va de (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en seco a (HUE 10YR 2/1) negro en húmedo aclarándose al final del segundo y tercer ciclo agrícola con una tonalidad de (HUE 10YR 4/2) café grisáceo oscuro en seco a (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en húmedo (Munsell). Presenta una disminución en densidad aparente de 1.25gr/cm<sup>3</sup> del primer ciclo a 1.20gr/cm<sup>3</sup> en el segundo ciclo, reportando en el último una densidad aparente de 1.10gr/ cm<sup>3</sup>. En

cuanto a espacios porosos y densidad real, presentó en un primer ciclo un 33.62% y 1.88gr/ cm<sup>3</sup> respectivamente, aumentando en el segundo a 56.36% y 2.75gr/ cm<sup>3</sup> respectivamente y finalizando en el tercer ciclo con un 55% de espacios porosos y una densidad real de 2.43gr/ cm<sup>3</sup>.

Conservó su clase textural, la cual corresponde a migajón-arcillo-arenosa. Su capacidad de campo se ve disminuída pasando de un 19.97% en el primer ciclo a 19.54% del tercer; con un 21.32% en el segundo; así mismo, aumentó su punto de marchitez permanente y su capacidad de campo teniendo en un primer ciclo un 10.85% y 9.12% respectivamente y finalizando en el tercero con un 10.61% y 8.93%, reportándose en el segundo un 11.58% de punto de marchitez permanente y un 9.74% de agua disponible para la planta (formula de Bring y Shanz).

Por otro lado, se observó un aumento en el contenido de materia orgánica, del suelo original (4.17%) al primer ciclo (4.62%); no siendo así en el segundo (2.24%) y tercero (3.01%) ya que ésta se vio disminuida. Sin embargo, se conserva en su clasificación como suelo rico según Tavera, 1985.

Presenta el mismo comportamiento en cuanto a su capacidad de intercambio catiónico y contenido de  $\text{Ca}^{++}$ , aumentando en el primer ciclo (35.52meq/100gr de CIC y 16.67meq/100gr de  $\text{Ca}^{++}$ ) y disminuyendo considerablemente en el segundo (26.33meq/100gr de CIC y 10.10meq/100gr de  $\text{Ca}^{++}$ ) y tercer ciclo de cultivo (20.00meq/100gr de CIC y 5.5meq/100gr de  $\text{Ca}^{++}$ ); pasando de un suelo con buena capacidad de intercambio catiónico a un suelo bajo en su capacidad de intercambio catiónico (De la Teja, 1980); conservándose en su clasificación como suelo extremadamente rico en  $\text{Ca}^{++}$  (Moreno, 1978). En cuanto al contenido de  $\text{Mg}^{++}$  este incrementó en el primer ciclo (4.52meq/100gr de  $\text{Mg}^{++}$ ), en el segundo (4.60meq/100gr de  $\text{Mg}^{++}$ ) y en el tercero (5.50meq/100gr de  $\text{Mg}^{++}$ ) conservándose como suelo extremadamente rico en el contenido de este elemento según la clasificación de Moreno, 1978. El contenido de Nitrógeno durante los tres ciclo (0.50% en el primero, 0.39% en el segundo y 0.52% en el tercero) se conservo, siendo este en su clasificación como muy rico (Tavera, 1985). La concentración de Fósforo disminuyó en el primer ciclo (1.40 ppm) e incrementó en el segundo (2.40 ppm), volviendo a decaer en el tercero (1.65 ppm) y quedando clasificado como suelo pobre según Moreno, 1978; no siendo así en el contenido de Potasio ya que este incrementó durante los tres ciclos (32.50 ppm en el primer ciclo, 38.00 ppm en el segundo y 41.00 ppm en el tercero) pasando de suelo medio a muy rico en su clasificación (Moreno, 1978.). Reporta durante el primer ciclo una disminución en Sodio (11.50 ppm), incrementando en el segundo (20.00) y disminuyendo nuevamente en el tercero (14.00). En cuanto a

conductividad eléctrica y pH, estos aumentaron, reportando en un primer ciclo 110 $\mu$ hos/cm de conductividad y pH de 7.1 (neutro), en el segundo 210 $\mu$ hos/cm de conductividad y pH de 6.1, finalizando en un tercer ciclo de cultivo con 230 $\mu$ hos/cm de conductividad y pH de 7.5 que según la clasificación de Moreno, 1978 corresponde a ligeramente alcalino (Tablas 21, 22 y anexo I).

#### *4.1.2.2. TRATAMIENTO CON AGUA HABITACIONAL.*

En lo referente al suelo tratado con agua de emisor habitacional, se observó variación del suelo original al suelo tratado durante tres ciclos de cultivo. En un primer ciclo agrícola aumentó su contenido de materia orgánica (4.82%) conservándose en su clasificación como suelo rico (Tavera, 1985). Así mismo, cambió su color a (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en seco y (HUE 10YR 2/1) negro en húmedo. Para un segundo ciclo agrícola se clasificó según Tavera, 1985 como suelo medio en el contenido de materia orgánica (2.41%) y su color corresponde a (HUE 10YR 5/2) café grisáceo en seco y (HUE 10YR 3/1) gris muy oscuro en húmedo, por otro lado, se presentó aún más oscuro al final del tercer ciclo con una tonalidad de (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en seco y (HUE 10YR 2/2) café muy oscuro en húmedo (Munsell); así mismo, su contenido de materia orgánica (3.01%) aumentó alcanzando nuevamente su clasificación como suelo rico (Tavera, 1985).

La densidad aparente de  $1.21\text{gr/cm}^3$  del primer ciclo disminuyó a  $1.14\text{gr/cm}^3$  en el segundo, finalizando en el tercer ciclo con  $1.12\text{gr/cm}^3$ ; por consiguiente se dio un aumento en la densidad real y espacios porosos variando de  $1.90\text{gr/cm}^3$  y  $35.75\%$  respectivamente, del primer ciclo a  $3.03\text{gr/cm}^3$  de densidad real y  $62.77\%$  de espacios porosos en el segundo; reportando en el último ciclo  $2.08\text{gr/cm}^3$  y  $46.0\%$  respectivamente.

La clase textural se conservó en migajón-arcillo-arenosa y la capacidad de campo, agua disponible para la planta y punto de marchitez permanente se mantuvieron, detectándose un ligero aumento en el segundo ciclo con valores de  $22.59\%$ ,  $10.32\%$  y  $12.27\%$  respectivamente, donde en un primer ciclo se contaba con un  $20.59\%$ ,  $9.40\%$  y  $11.19\%$  respectivamente, concluyendo al final del tercero con valores de  $20.52\%$ ,  $9.37\%$  y  $11.15\%$  respectivamente (formula de Bring y Shanz). La capacidad de intercambio catiónico y el contenido de  $\text{Ca}^{++}$  en el suelo se vio aminorado, iniciando en el primer ciclo con  $39.61\text{meq}/100\text{gr}$  de capacidad de intercambio catiónico y  $16.14\text{meq}/100\text{gr}$  de  $\text{Ca}^{++}$ ; en el segundo con  $26.66\text{meq}/100\text{gr}$  y  $10.30\text{meq}/100\text{gr}$  respectivamente, finalizando en el tercero con valores aun más bajos de  $20.00\text{meq}/100\text{gr}$  de capacidad de intercambio catiónico y  $6.30\text{meq}/100\text{gr}$   $\text{Ca}^{++}$  que al igual que el suelo tratado con agua de emisor industrial pasó de un suelo con buena capacidad de intercambio catiónico a un suelo bajo en su capacidad de intercambio catiónico (De la Teja,1980), conservándose en su clasificación como extremadamente rico en  $\text{Ca}^{++}$  (Moreno,1978.). Por

otro lado, el contenido de  $Mg^{++}$  en él fue en aumento, iniciando en el primer ciclo con 4.85meq/100gr, en el segundo ciclo con 5.10meq/100gr y concluyendo en el tercero con 6.50meq/100gr clasificándose según Moreno, 1978 como suelo extremadamente rico en  $Mg^{++}$ . Por el contenido de Nitrógeno se clasifica como suelo muy rico (Tavera, 1985) disminuyendo su concentración en el primer ciclo (0.47%) y aumentando en el segundo (0.62%), volviendo a decaer en el tercero (0.47%). La concentración de Fósforo en el suelo aumentó a 2.18 ppm en el primer ciclo y disminuyó en el segundo y en el tercero a 1.79 ppm y 2.12 ppm quedando clasificado como suelo pobre (Moreno,1978); el Potasio incrementó del suelo original al tercer ciclo pasando por 39 ppm en el primero, 35.50 ppm en el segundo y 41.00 ppm en el tercero, clasificándose como suelo rico y muy rico según Moreno, 1978. El sodio en este tratamiento disminuyó reportándose en el primer ciclo 19.00 ppm, en el segundo 16.50 ppm y en el último ciclo 17.50 ppm.

Finalmente, la conductividad eléctrica y el pH del suelo también aumentó, reportando en el primer ciclo 100  $\mu$ mhos/cm de conductividad eléctrica y pH de 6.9 que corresponde a neutro, según la clasificación hecha por Moreno, 1978; en el segundo ciclo 230 $\mu$ mhos/cm de conductividad eléctrica y pH de 7.1 permaneciendo neutro, y por último en el tercer ciclo se reportó una conductividad eléctrica de 175 $\mu$ mhos/cm y un pH de 7.5 pasando de neutro a ligeramente alcalino según Moreno, 1978 (Tablas 21, 22 y anexo I).

#### 4.1.2.3. TRATAMIENTO CON AGUA DE RIEGO.

En lo correspondiente al suelo tratado con agua proveniente de la presa "Lago de Guadalupe", se tuvo un incremento en la densidad real y espacios porosos, reportándose en el primer ciclo  $1.89\text{gr/cm}^3$  y 37.20% respectivamente, en el segundo  $1.98\text{gr/cm}^3$  y 64.84%; concluyendo en el tercero con valores de  $2.29\text{gr/cm}^3$  de densidad real y 52.0% de espacios porosos. En cuanto a la densidad aparente, reportó  $1.19\text{gr/cm}^3$  en el primer ciclo y  $1.17\text{gr/cm}^3$  en el segundo, disminuyendo a  $1.11\text{gr/cm}^3$  al termino del tercero. Su clase textural se conservó en migajón-arcillo-arenosa y el color del suelo aclaró, siendo este en el primer ciclo (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en seco y (HUE 10YR 2/1) negro en húmedo, cambiando en el segundo ciclo a (HUE 10YR 5/2) café grisáceo en seco y (HUE 10YR 3/1) gris muy oscuro en húmedo, finalizando en el tercer ciclo con una tonalidad de (HUE 10YR 4/2) café grisáceo oscuro en seco y (HUE 10YR 4/3) café oscuro en húmedo (Munsell). Por el porcentaje de materia orgánica que contiene el suelo (4.57%) en el primer ciclo se clasificó como suelo rico según Tavera, 1985, disminuyendo su contenido en el segundo (2.58%) y clasificándose como suelo medio (Tavera,1985) y recuperando su clasificación como suelo rico al aumentar su concentración en el tercer ciclo (3.19%). Se tuvo variación en la capacidad de campo, agua disponible para la planta y punto de marchitez permanente iniciando en el primer ciclo con un 21.05%, 9.61% y 11.44% respectivamente, aumentando para el segundo a 23.12%, 10.56% y 12.56%, finalizando en el tercero y

conservándose su buena capacidad de campo en 22.00%, agua disponible para la planta en 10.05% y 11.95% de punto de marchitez permanente (formula de Bring y Shanz). Por otro lado, se observó una disminución de la capacidad de intercambio catiónico, siendo ésta en el primer ciclo de 37.94meq/100gr clasificándose como suelo con buena capacidad según De la Teja, 1980, conservando su clasificación como tal con un valor de 30.33meq/100gr durante el segundo ciclo y disminuyendo en el tercero a 17.33meq/100gr por lo que cambio su clasificación a suelo bajo en su capacidad de intercambio catiónico.

Se tuvo un buen contenido de  $Ca^{++}$  durante el primero y segundo ciclo de cultivo siendo este de 15.79meq/100gr y 9.30meq/100gr respectivamente, clasificándose como suelo extremadamente rico según Moreno, 1978 y disminuyendo considerablemente en el tercero con 5.30meq/100gr y clasificándose como suelo rico. Por otro lado, se incrementó el contenido de  $Mg^{++}$  en el suelo, conservando su clasificación como extremadamente rico durante los tres ciclos de cultivo con valores de 4.75meq/100gr en el primero, 5.50 meq/100gr en el segundo y 7.20meq/100gr en el último ciclo evaluado. Se clasifica como suelo muy rico según Tavera, 1985 en el contenido de Nitrógeno aún cuando sus valores en el primero (0.41%) y en el tercer ciclo (0.39%) disminuyeron, mientras que el segundo presentó la misma concentración que el suelo original; no siendo así en el Fósforo, ya que este incrementó durante los tres ciclos de cultivo con

respecto al suelo original, con valores de 2.30 ppm, 2.15 ppm y 2.10ppm respectivamente siendo aún su clasificación como suelo pobre (Moreno, 1978). En este tratamiento el Potasio se mantuvo en el primer ciclo (27.50 ppm) e incrementó en el segundo (36.50 ppm) y en el tercero (34.25 ppm) pasando de suelo medio a rico según la clasificación hecha por Moreno, 1978. El contenido de Sodio en el suelo se mantuvo durante los tres ciclos de cultivo reportando 19.00 ppm en el primer ciclo, 20.00 ppm en el segundo y 20.50 en el tercero.

En el suelo tratado con este tipo de agua se observó una disminución en la conductividad eléctrica y pH, siendo estos en el primer ciclo de 330 $\mu$ mhos/cm y 7.0 (neutro) respectivamente, en el segundo de 180 $\mu$ mhos y 6.9 (neutro) y de 200 $\mu$ mhos/cm de conductividad eléctrica y pH de 6.6 (muy ligeramente ácido, según Moreno, 1978) al final del tercer ciclo de cultivo (Tablas 21, 22 y anexo I).

#### *5.1.2.4. TRATAMIENTO CON AGUA POTABLE.*

El suelo tratado con agua potable de la FESC-4 cambió en su coloración, reportando en el primer ciclo una tonalidad de (HUE 10YR 3/2) café grisáceo muy oscuro en seco y (HUE 10YR 2/1) negro en húmedo; en el segundo de (HUE 10YR 4/2) café grisáceo oscuro en seco y (HUE 10YR 3/1) gris muy oscuro en húmedo; concluyendo en el tercero en (HUE 10YR 4/2) café grisáceo oscuro en seco y (HUE 10YR 4/3) café oscuro en húmedo (Munsell). Conservó su clase

textural de Migajón-arcillo-arenosa. Se observó una disminución en la densidad aparente reportando en el primer ciclo  $1.17\text{gr}/\text{cm}^3$ , en el segundo  $1.19\text{gr}/\text{cm}^3$  y en el tercero  $1.14\text{gr}/\text{cm}^3$ ; así mismo, se detectó un aumento en la densidad real y espacios porosos siendo sus valores en el primer ciclo de  $1.87\text{gr}/\text{cm}^3$  y 37.47% respectivamente, en el segundo de  $3.17\text{gr}/\text{cm}^3$  y 70.18%amente, siendo estos valores los más altos entre todos los ciclos y tratamientos para finalmente en el último ciclo se tuvo  $2.73\text{gr}/\text{cm}^3$  y 59% respectivamente.

En lo referente al contenido de materia orgánica, se presentó una disminución progresiva teniendo en el primer ciclo un suelo extremadamente rico con un 4.08%, en el segundo un suelo rico con un 2.58% y en el tercero un suelo mediano con un 1.46% (según Moreno). Pese a lo anterior, se dio un aumento en su capacidad de campo, agua disponible para la planta y punto de marchitez permanente siendo sus valores en el primer ciclo de 18.81%, 8.59% y 10.22% respectivamente, en el segundo de 20.10%, 9.18% y 10.92%, para finalizar en el tercero con un 21.52%, 9.83% y 11.69% respectivamente (formula de Bring y Shanz).

Este tratamiento como ya se mencionó presentó una marcada disminución progresiva en el contenido de materia orgánica así como en su capacidad de intercambio catiónico y el contenido de  $\text{Ca}^{++}$ , clasificándose según De la Teja, 1980 en el primer ciclo como suelo

bueno en su capacidad de intercambio catiónico (34.69meq/100gr) y extremadamente rico en el contenido de  $\text{Ca}^{++}$  (13.03meq/100gr), cambiando en el segundo a suelo bajo en su capacidad de intercambio catiónico (24.0meq/100gr) y conservando su clasificación de extremadamente rico en el contenido de  $\text{Ca}^{++}$  (10.60meq/100gr); concluyendo en el tercero como suelo muy bajo en su capacidad de intercambio catiónico (16.33meq/100gr) y rico en el contenido de  $\text{Ca}^{++}$  (5.70meq/100gr) según Moreno. Por otro lado, el contenido de  $\text{Mg}^{++}$  en el suelo aumentó, reportándose en el primer ciclo 5.29meq/100gr clasificando como suelo extremadamente rico según Moreno, 1978 y conservando su clasificación en el segundo y tercer ciclo con valores de 5.20meq/100gr y 7.50meq/100gr, respectivamente. La concentración de Nitrógeno en el suelo en este tratamiento disminuyó durante los tres ciclo de cultivo, reportando 0.29% en el primer ciclo, 0.41% en el segundo y 0.33% en el tercero, sin embargo conserva su clasificación como suelo muy rico (Tavera, 1985). Por otro lado, durante el primer ciclo aumentó el contenido de Fósforo en el suelo (2.10 ppm) y disminuyó en el segundo (2.00 ppm) y en el tercero (1.85 ppm) permaneciendo su clasificación como suelo pobre (Moreno, 1978); el Potasio incrementó en el primer ciclo (35.50 ppm) clasificándose como muy rico y disminuyó en el segundo (25.00 ppm) y en el tercero (28.00 ppm) clasificando como suelo medio (Moreno,1978). La concentración de Sodio disminuyó durante los tres ciclo teniendo en el primer ciclo 15.50 ppm, en el segundo 12.00 ppm y en el tercero 14.00 ppm. Finalmente su conductividad eléctrica cambió y el pH según Moreno, 1978 paso de neutro a muy

ligeramente alcalino con valores en el primer ciclo de 250µmhos/cm y 7.1, respectivamente; en el segundo de 120µhos/cm y 7.1, respectivamente; y en el último de 160µmhos/cm y pH de 7.2 (Tablas 21, 22 y anexo I).

## **4.2. RESULTADO EN EL RENDIMIENTO DE LAS HORTALIZAS.**

A partir de los análisis de varianza (ANOVAS), realizados para los tres ciclo de cultivo, se encontró que existe significancia estadística de acuerdo a cada especie hortícola.

### **4.2.1. GUISANTE *Pisum sativum* L.**

En la tabla 26, se muestra el rendimiento del guisante regado con cuatro diferentes calidades de agua, durante tres ciclos agrícolas consecutivos (anexo II.1, II.2 y II.3).

A partir de los análisis de varianza (anexo III.1) y la comparación de medias (tabla 23) se observa que en cuanto al rendimiento obtenido durante el primer ciclo agrícola no se tienen diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, en el segundo ciclo el rendimiento en longitud total y parte aérea fue superado por el suelo regado con agua potable, seguido por el suelo tratado con agua industrial y de riego, reportando los valores más bajos el regado con

**TABLA 21. RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS DEL SUELO, POR CICLO AGRICOLA.**

		COLOR				DENSIDAD			TEXTURA			
		Húmedo	Interpretación	Seco	Interpretación	Ap. g/cm <sup>3</sup>	Real g/cm <sup>3</sup>	% E.P.	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural
	0-10	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.19	2.21	46.15	56.56	20.00	23.44	Mig-arc-ar.
SUELO ORIGINAL	10-20	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.13	2.01	43.78	52.56	20.00	27.44	Mig-arc-ar.
	20-30	10YR2/1	negro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.17	1.97	40.35	50.56	20.00	29.44	Mig-arc-ar.
	X					1.16	2.06	43.42	53.22	20.00	26.77	Mig-arc-ar.
T1 AGUA INDUSTRIAL	CI	10YR2/1	negro	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	1.25	1.88	33.62	52.71	20.88	26.41	Mig-arc-ar.
	CII	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.20	2.75	56.36	50.28	19.28	29.44	Mig-arc-ar.
	CIII	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.10	2.43	55.00	50.20	25.64	24.16	Mig-arc-ar.
T2 AGUA HABITACIONAL	CI	10YR2/1	negro	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	1.21	1.90	35.96	49.71	23.53	26.76	Mig-arc-ar.
	CII	10YR3/1	gris muy oscuro	10YR5/2	café grisáceo	1.12	3.03	62.77	44.20	26.00	29.80	Mig-arc.
	CIII	10YR2/2	café muy oscuro	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	1.14	2.08	46.00	48.36	25.64	26.00	Mig-arc-ar.
T3 AGUA RIEGO	CI	10YR2/1	negro	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	1.19	1.89	37.20	49.41	22.67	27.92	Mig-arc-ar.
	CII	10YR3/1	gris muy oscuro	10YR5/2	café grisáceo	1.17	1.98	64.84	49.28	17.28	33.44	Mig-arc-ar.
	CIII	10YR4/3	café oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.11	2.29	52.00	47.84	22.36	29.80	Mig-arc-ar.
T4 AGUA POTABLE	CI	10YR2/1	negro	10YR3/2	café grisáceo muy oscuro	1.17	1.87	37.47	54.35	21.67	23.98	Mig-arc-ar.
	CII	10YR3/1	gris muy oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.19	3.17	70.18	50.56	23.64	25.80	Mig-arc-ar.
	CIII	10YR4/3	café oscuro	10YR4/2	café grisáceo oscuro	1.14	2.73	59.00	46.20	26.00	27.80	Mig-arc-ar.

NOTA. CI - PRIMER CICLO AGRÍCOLA, CII - SEGUNDO CICLO AGRÍCOLA, CIII - TERCER CICLO AGRÍCOLA.

TABLA 22. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO, POR CICLO AGRÍCOLA.

		C.C.	A.D.	P.M.P.	CONDUCTIV. ELECTRICA	pH	M.O	C.I.C.	N	P	K	Na	Ca <sup>2</sup>	Mg <sup>2</sup>
		%			µmhos/cm		%	m.e.q./100gr.	%		p.p.m.		m.e.q./100gr.	
SUELO ORIGINAL	0-10	18.37	8.35	9.92	-	6.4	3.62	32.96	-	-	-	-	11.84	3.68
	10-20	20.38	9.31	11.07	-	6.5	3.96	34.50	-	-	-	-	10.46	4.14
	20-30	21.44	9.79	11.65	-	6.5	4.94	34.88	-	-	-	-	15.52	4.71
	X	20.06	9.15	10.88	180	6.4	4.17	34.11	0.54	2.00	27.50	20.50	12.60	4.17
T1 AGUA INDUSTRIAL	CI	19.97	9.12	10.85	110	7.1	4.62	35.52	0.50	1.40	32.50	11.50	16.67	4.52
	CII	21.32	9.74	11.58	210	6.1	2.24	26.33	0.39	2.40	38.00	20.00	10.10	4.60
	CIII	19.54	8.93	10.61	230	7.5	3.01	20.00	0.52	1.65	41.00	14.00	5.50	5.50
T2 AGUA HABITAC.	CI	20.59	9.40	11.19	100	6.9	4.82	39.61	0.47	2.18	39.00	19.00	16.14	4.85
	CII	22.59	10.32	12.27	230	7.1	2.41	26.66	0.62	1.79	35.50	16.50	10.30	5.10
	CIII	20.52	9.37	11.15	175	7.5	3.19	20.00	0.47	2.12	42.00	17.50	6.30	6.50
T3 AGUA DE RIEGO	CI	21.05	9.61	11.44	330	7.0	4.57	37.94	0.41	2.30	27.50	19.00	15.79	4.75
	CII	23.12	10.56	12.56	180	6.9	2.58	30.33	0.54	2.15	36.50	20.00	9.30	5.50
	CIII	22.00	10.05	11.95	200	6.6	3.19	17.33	0.39	2.10	34.25	20.50	5.30	7.20
T4 AGUA POTABLE	CI	18.81	8.59	10.22	250	7.1	4.08	34.69	0.29	2.10	35.50	15.50	13.03	5.29
	CII	20.10	9.18	10.92	120	7.1	2.58	24.00	0.41	2.00	25.00	12.00	10.60	5.20
	CIII	21.52	9.83	11.69	160	7.2	1.46	16.33	0.33	1.85	28.00	14.00	5.70	7.50

NOTA:

CI - PRIMER CICLO AGRÍCOLA, CII - SEGUNDO CICLO AGRÍCOLA, CIII - TERCER CICLO AGRÍCOLA.

agua habitacional; mientras que en peso fresco, longitud de raíz, número de vainas y peso fresco de vainas en este mismo ciclo, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Para el tercer ciclo, los rendimientos obtenidos fueron semejantes al anterior, obteniendo el mayor rendimiento en peso fresco y longitud total en el suelo tratado con agua potable, seguido por el industrial y de riego, siendo el rendimiento más bajo en el tratado con agua habitacional; así mismo, en las variables restantes no se tienen diferencias significativas entre tratamientos.

**TABLA 23. COMPARACIONES DE MEDIAS POR DMS (0.05% ) DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO DEL GUISANTE (*Pisum sativum* L.).**

CICLO	PESO FRESCO (GR)			LONGITUD TOTAL (CM)			LONGITUD PARTE AÉREA (CM)		
	T	X		T	X		T	X	
CII				4	25.3725	A	4	19.7875	A
				1	22.9550	AB	1	18.2875	AB
				3	21.1625	AB	3	16.1200	AB
				2	20.0800	B	2	14.9150	B
CIII	4	11.7050	A	4	42.4950	A			
	1	11.6325	A	1	41.8300	AB			
	3	10.6700	AB	3	39.4975	AB			
	2	7.4900	B	2	33.2450	B			

#### 4.2.2. RÁBANO *Raphanus sativus* L.

El rendimiento en esta especie fue diferente en los tres ciclos de cultivo, variando de acuerdo a cada tratamiento (tabla 26, Anexo II.4, II.5 y II.6).

A partir de los análisis de variación (anexo III.2) y comparaciones de medias (tabla 24) se observó que durante el primer ciclo de cultivo el rendimiento en peso fresco y longitud aérea fue superado por el tratamiento con agua habitacional, seguido por el agua industrial y de riego, dando el más bajo rendimiento el tratado con agua potable. En cuanto a longitud total, el rendimiento en el suelo regado con agua habitacional, industrial y de riego fue semejante, no siendo así en el tratado con agua potable ya que este presentó un rendimiento menor a los anteriores. En este ciclo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a longitud de raíz.

En el segundo ciclo no se presentaron diferencias mínimas significativas entre los tratamientos en peso fresco; mientras que en longitud total y longitud aérea, el mejor rendimiento se obtuvo del suelo regado con agua industrial y potable, siendo similar el tratado con agua habitacional, e inferiores los rendimientos en el suelo tratado con agua de riego; no siendo así el comportamiento en longitud de raíz, ya que el mejor rendimiento lo presentó el suelo tratado con agua industrial siendo muy similar al tratamiento con agua habitacional y de riego, dando el menor rendimiento el suelo tratado

**TABLA 24. COMPARACIONES DE MEDIAS POR DMS (0.05%) DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO DEL RABANO (*Raphanus sativus* L.).**

CICLO	PESO FRESCO (GR)			LONG. TOTAL (CM)			LONG. PARTE AÉREA (CM)			LONG. DE RAÍZ (CM)			DIÁMETRO RAÍZ (CM)		
	T	X		T	X		T	X		T	X		T	X	
CI	2	12.5850	A	2	24.8625	A	2	16.8475	A						
	1	8.8975	AB	1	23.5050	A	1	15.1125	AB						
	3	8.4900	AB	3	22.6900	A	3	13.8875	B						
	4	6.5300	B	4	18.8300	B	4	10.7625	C						
CII				1	24.3100	A	1	21.0300	A	1	3.2800	A			
				4	22.9925	A	4	20.3775	A	2	3.0300	AB			
				2	22.2500	A	2	19.2175	AB	3	2.6850	AB			
				3	19.1525	B	3	16.4650	B	4	2.6100	B			
CIII	3	28.2775	A	3	30.2475	A	3	25.1850	A				3	2.4925	A
	1	198150	B	1	27.9350	B	1	23.0275	B				1	1.8925	B
	4	16.7225	B	4	27.1225	BC	4	22.9350	B				2	1.8850	B
	2	15.9850	B	2	25.2175	C	2	20.7775	C				4	1.7975	B

con agua potable. El rendimiento en diámetro de raíz no fue superado estadísticamente hablando por ningún tratamiento, ya que no se presentaron diferencias mínimas significativas.

El mayor rendimiento en el tercer ciclo de cultivo, en peso fresco, longitud total, longitud parte aérea y diámetro de raíz se dio en el suelo tratado con agua de riego, seguido por el suelo tratado con agua industrial y potable, siendo el más bajo rendimiento en el suelo tratado con agua habitacional. Finalmente en cuanto a longitud de raíz, no se presentaron diferencias mínimas significativas entre los tratamientos.

#### 4.2.3. ZANAHORIA *Daucus carota* L.

El rendimiento obtenido en zanahoria en cada ciclo de cultivo por cada tratamiento, se muestra en la tabla 26. (Anexo II.7, II.8 y II.9).

A partir de los análisis de varianza (anexo III.3) y las comparaciones de medias (tabla 25), se tiene que en el primer ciclo agrícola en peso fresco y longitud de raíz fue el tratamiento con agua habitación quien dio el mejor rendimiento siendo diferente y superior al rendimiento obtenido en el suelo tratado con las otras calidades de agua.

**TABLA 25. COMPARACIONES DE MEDIAS POR DMS (0.05%) DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO DE LA ZANAHORIA (*Daucus carota* L.).**

CICLO	PESO FRESCO (GR)			LONGITUD TOTAL (CM)			LONGITUD PARTE AÉREA (CM)			LONGITUD DE RAÍZ (CM)		
	T	X		T	X		T	X		T	X	
CI	1	12.5050	A							2	7.5500	A
	2	6.6000	B							1	6.7125	AB
	3	6.3225	B							3	6.0150	B
	4	5.8575	B							4	5.8450	B
CIII				4	41.3125	A	4	32.3750	A	4	8.9375	A
				1	38.1250	B	1	29.8750	AB	1	8.2500	B
				2	35.4688	C	3	28.2188	B	3	7.7500	BC
				3	34.9063	C	2	28.2188	B	2	7.2500	C

Al término del segundo ciclo de cultivo, no se observaron diferencias mínimas significativas en el rendimiento en esta especie bajo tratamiento con cuatro diferentes calidades de agua.

Para el tercer ciclo agrícola, el mejor rendimiento en longitud total, longitud parte aérea y longitud de raíz, se observó en el suelo regado con agua potable, seguido por el tratado con agua industrial y siendo inferior a ellos el rendimiento en el suelo regado con agua habitacional y de riego. En cuanto al rendimiento en peso fresco y diámetro de raíz, no se presentaron diferencias mínimas significativas entre los tratamientos.

**TABLA 26. RESULTADO EN EL RENDIMIENTO DE LAS HORTALIZAS.**

CULTIVO	CICLO DE CULTIVO	TRATAMIENTO	PESO FRESCO (gr)	LONGITUD TOTAL (cm)	LONGITUD AEREA (cm)	LONGITUD DE RAIZ (cm)	DIAMETRO DE RAÍZ (cm)	No. DE VAINAS	PESO FRESCO DE VAINAS (gr)
GUISANTE	CI	T1	6.7475	29.2725	23.9225	5.3500	-	1.7500	1.9525
		T2	7.0725	29.2150	23.2575	5.9575	-	1.4975	1.5950
		T3	5.9900	29.6350	22.9475	6.6875	-	1.7500	1.3150
		T4	4.8075	26.9350	22.4450	4.9900	-	1.7900	0.9375
	CII	T1	3.1050	22.9550	18.2875	5.1625	-	1.4975	0.9425
		T2	3.1125	20.0800	14.9150	5.1650	-	1.4975	1.1450
		T3	2.7800	21.1625	16.1200	5.0400	-	1.1650	1.0600
		T4	3.8825	25.3725	19.7875	5.5825	-	1.7500	1.0900
	CIII	T1	11.6325	41.8300	35.3300	6.5000	-	2.4150	1.5575
		T2	7.4900	33.2450	26.8975	6.2900	-	1.8300	1.4175
		T3	10.6700	39.4975	32.6650	6.8300	-	2.4125	1.4300
		T4	11.7050	42.4950	35.4125	7.1050	-	2.55800	1.5115
RABANO	CI	T1	8.8975	23.5050	15.1125	8.3900	-		
		T2	12.5850	24.8625	16.8475	8.0125	-		
		T3	8.4900	22.6900	13.8875	8.7975	-		
		T4	6.5300	18.8300	10.7625	8.0625	-		
	CII	T1	31.9150	41.3100	32.4975	8.8100	2.2300		
		T2	33.4125	39.8100	30.4050	8.4050	2.1225		
		T3	32.7975	39.2775	31.4975	7.7775	2.2725		
		T4	36.4675	41.5605	32.4050	9.1550	2.1475		
	CIII	T1	19.8150	27.9350	28.0275	4.9025	1.8925		
		T2	15.9850	25.2175	20.7775	4.4325	1.8850		
		T3	28.2775	30.2475	25.1850	5.0925	2.4925		
		T4	16.7225	27.1225	22.9350	4.1850	1.7975		
ZANAHORIA	CI	T1	12.5050	29.5800	22.8625	6.7125	-		
		T2	6.6000	27.3150	19.7625	7.5500	-		
		T3	6.3225	28.3925	22.3600	6.0150	-		
		T4	5.8575	29.0775	23.2200	5.8450	-		
	CII	T1	31.9150	41.3100	32.4975	8.8100	2.2300		
		T2	33.4725	39.8100	30.4050	8.4050	2.1225		
		T3	32.7975	39.2775	31.4975	7.7775	2.2725		
		T4	36.4675	41.5606	32.4050	9.1550	2.1475		
	CIII	T1	27.8125	38.1250	29.8750	8.2500	2.0438		
		T2	23.4812	28.4688	28.2188	7.2500	1.9625		
		T3	21.1250	34.9063	28.2188	7.7500	1.8375		
		T4	27.6187	41.3125	32.3750	8.9375	1.9503		

T1 - INDUSTRIAL, T2 - HABITACIONAL, T3 - RIEGO, T4 - POTABLE.

## V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Al terminar el primer ciclo de cultivo, el suelo regado con aguas de emisor industrial, habitacional y de riego, incrementó su porcentaje de materia orgánica y en correlación a ello, también aumentó su capacidad de intercambio catiónico y por ende el contenido de Calcio así como su capacidad de retención agua disponible para la planta, lo que favoreció el crecimiento de hojas y tallos, logrando en las tres especies evaluadas un mayor rendimiento en peso fresco, así como en el guisante y rábano un mayor desarrollo foliar, no siendo así para la zanahoria, ya que en esta especie influyó el pH del suelo, observándose que el tratado con agua habitacional al tener un pH inferior a los demás generó en el vegetal un menor desarrollo del área foliar que pudo deberse a la disminución en la fijación de Nitrógeno por las bacterias (Ramírez, G.).

El suelo tratado con aguas habitacional y de riego presentó una mayor cantidad de fósforo disponible para la planta, lo que favoreció en el guisante el mayor crecimiento y desarrollo radicular, mientras que por la mayor concentración de Potasio en el suelo tratado con agua habitacional y potable, en el rábano disminuyó la absorción de Calcio y Magnesio afectando el desarrollo de la raíz (Raymand, D.). Por otro lado, la zanahoria en comparación con las otras dos especies, requiere una mayor cantidad de Magnesio (Valadéz, L.) para su desarrollo radicular, por lo que al disminuir la concentración de Calcio

en el suelo tratado con agua potable se reduce la adsorción de magnesio y con ello el desarrollo de raíz.

En el guisante se observa que a mayor concentración de Nitrógeno en el suelo, menor es el número de vainas por planta, dado que se prolonga el período vegetativo y se retrasa la floración, por lo que en el suelo regado con agua potable se mostró un mayor rendimiento en número de vainas pero mayor peso fresco por vaina. Es decir, el número de vainas fue proporcional al contenido de Nitrógeno en los diferentes tratamientos.

Al finalizar el segundo ciclo agrícola, en todos los tratamientos disminuyó drásticamente el contenido de materia orgánica y por consiguiente varió la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de Calcio y Magnesio en el suelo, en virtud por un lado, de la nula incorporación de fertilizantes y por otro, del consumo por las plantas de los nutrimentos presentes en el suelo. Sin embargo, se observa un aumento en el porcentaje de espacios porosos que genera una mayor capacidad volumétrica para almacenar agua; incrementándose también el agua disponible para la planta.

El suelo regado con agua potable y habitacional mantuvo estable su pH con relación al ciclo anterior, mientras que en el suelo tratado con los otros tipos de agua, el pH tendió a la acidez sobre todo en el caso del tratamiento con agua industrial.

En este ciclo, el suelo regado con agua industrial tiene el menor porcentaje de materia orgánica y por tanto disminuyó su capacidad de intercambio catiónico y su contenido de Calcio, lo que aunado a la disminución del valor de su pH, disminuyó la disponibilidad de este macronutriente esencial y por tanto la producción de materia verde, reportándose en consecuencia los rendimientos más bajos en peso fresco de guisante y zanahoria. Sin embargo, por el contenido de Fósforo y Potasio en el suelo, el desarrollo del área foliar y raíz fue de los mejores en las tres especies evaluadas ya que estos elementos estimulan la rápida formación y crecimiento de las mismas (Rymond D.).

Con relación al total de tratamientos, el mayor contenido de materia orgánica, la mayor concentración de Calcio y una buena concentración de Magnesio, así como la estabilidad del pH presente en el suelo regado con agua potable, generó en este segundo ciclo un buen crecimiento y desarrollo foliar y radicular en las tres especies cultivadas en él y por tanto el mayor número de vainas por planta en el guisante; dando como resultado el más alto rendimiento, seguido por el suelo tratado con agua industrial y de riego; los que al presentar una mayor cantidad de Fósforo vieron favorecida la rápida formación y crecimiento de raíces.

Concluido el tercer ciclo de cultivo, el suelo tratado con agua industrial, habitacional y de riego, incrementó, con relación al ciclo anterior, su cantidad de materia orgánica conservando una buena

capacidad de retención de humedad; no siendo así en el suelo regado con agua potable ya que en este, el contenido de materia orgánica disminuyó drásticamente.

Para este nuevo ciclo, en todos los tratamientos el porcentaje de espacios porosos en el suelo fué menor en comparación al ciclo anterior, presentándose el mismo comportamiento pero con fuertes variaciones, en los valores de capacidad de intercambio catiónico y concentración de Calcio; lo primero debido a la variación de los parámetros fisicoquímicos y lo segundo, por la nula incorporación de fertilizantes que pudieran reponer al suelo lo extraído por los vegetales cultivados. Por otra parte, en todos los tratamientos se incrementó el contenido de Magnesio debido a que por la disminución en la concentración Calcio en la disolución, se limita la adsorción de Magnesio (Raymond D.), por lo que este se acumula en el suelo.

En el suelo regado con agua residual, el pH presenta valores correspondiente de ligeramente alcalino (Moreno,1978), mientras que en el suelo tratado con agua de riego disminuyó su valor de neutro a ligeramente ácido de acuerdo a la misma clasificación , no siendo así para el tratado con agua potable, en el cual su valor de pH para todos los ciclo se mantuvo estable.

A pesar de que el suelo tratado con aguas habitacional e industrial presenta los más altos valores de capacidad de intercambio catiónico, concentración de Nitrógeno, Calcio y Potasio; el guisante y la

zanahoria respondieron mejor en el suelo tratado con agua potable, dado que éste mantuvo su pH neutro, incrementó su contenido de Magnesio y se conservó en su clasificación como suelo rico en Calcio. No siendo así en el rábano, ya que éste se desarrolló mejor en el suelo tratado con agua de riego, dado que esta especie prefiere suelos con pH menores a siete (Valadéz, L.).

En todos los tratamientos, el porcentaje de materia orgánica en el suelo se vió abatido, aún en el tratado con agua habitacional, misma que por su origen contiene y aporta mayores concentraciones de ella; lo que se reflejó en su color. Por otro lado, el grado de fertilidad del suelo se vio abatido en todos los tratamientos por la nula incorporación de fertilizante y el hecho de que al disminuir el contenido de materia orgánica, disminuyen también los macronutrientes aprovechables para la planta que a partir de ella podrían haberse generado por la descomposición llevada a cabo por los microorganismos; sumándose a esto la ya mencionada disminución de la concentración de Calcio, elemento importante en la nutrición vegetal ya que propicia en el suelo una reacción favorable para el crecimiento de raíces y microorganismos, además de regular el pH.

El mayor rendimiento en los vegetales cultivados en el suelo tratado con agua industrial y habitacional durante el primer ciclo, se atribuye a que por su origen las aguas habitacionales e industriales contienen mayor cantidad de materia orgánica en descomposición y iones en disolución, respectivamente y al hecho de que en este primer ciclo,

aún no se presentaban las variaciones en los parámetros fisicoquímicos que se observaron para el segundo y tercer ciclo.

Por lo que finalmente, a pesar de que las aguas residuales contienen compuestos químicos de Nitrógeno y Potasio, proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, así como urea, principalmente de la orina, los rendimientos obtenidos en los vegetales como ya se mencionó, fueron superados por el suelo tratado con agua potable al término del tercer ciclo agrícola.

En general, los rendimientos obtenidos para los tratamientos con agua residual y de riego fueron estadísticamente comparativos y las variaciones en sus características fisicoquímicas similares, lo que atribuimos a la procedencia del agua de riego, la cual es traída de la presa "De Guadalupe", cuenca hidrológica del municipio de Cuautitlán Izcalli, la que a su vez se alimenta tanto de agua pluvial, como de las descargas de aguas residuales provenientes del propio municipio de Cuautitlán Izcalli y de los municipios vecinos como Villa Nicolás Romero y Naucalpan.

Para el caso de los rendimientos obtenidos para el suelo tratado con agua potable, es necesario mencionar que además de la estabilidad en el valor del pH y de estar este valor en el óptimo para la producción agrícola, se tuvieron concentraciones correspondientes a extremadamente rico (Moreno, 1978), de Magnesio, elemento esencial para la síntesis de la molécula de la clorofila y para la actividad de

muchas enzimas, incluyendo las requeridas para aquellos pasos que involucran las transformaciones de ATP en ADP y viceversa, así como para mantener la estructura del ribosoma.

Cabe mencionar, que evidentemente no significa que el planteamiento sea regar con agua potable; si no evidenciar:

1.- Las diferencias en la variación de los parámetros fisicoquímicos que permiten a un suelo ser fértil y por consiguiente en los rendimientos obtenidos con respecto a una "agua limpia".

2.- El hecho de que las aguas llamadas de riego y utilizadas para ello, no tienen la calidad adecuada; y que de hecho, en este municipio se esta regado con aguas residuales a las que simplemente se les ha dado un tratamiento primario y de ahí la similitud de rendimiento obtenidas con ellas.

## **VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.**

1.- La calidad del agua empleada para el riego agrícola sí influye en las características fisicoquímicas del suelo.

2.- En términos generales de un primer a un tercer ciclo agrícola, los cambios en las características fisicoquímicas del suelo, manifestados en los análisis del mismo y los rendimientos de las hortalizas producidas en él, al regar con diferentes calidades de agua de riego, no son altamente significativos pero sí es evidente la disminución de la fertilidad del suelo.

3.- La disminución en el contenido de materia orgánica, la nula incorporación de fertilizante y la variación del pH en el suelo, desencadenó una serie de cambios en sus características fisicoquímicas; entre ellas, el color, la capacidad de intercambio catiónico, la densidad y porosidad, la disponibilidad de Calcio, Magnesio, Fósforo y Potasio.

4.- El guisante y la zanahoria responden mejor en suelo tratado con agua potable, influyendo en ellos el pH del suelo cercano a la neutralidad.

5.- El rábano responde mejor en el suelo tratado con agua de riego, con pH menor a siete.

6.- Es importante tomar en cuenta que el rendimiento en las especies hortícolas no solo depende de las características fisicoquímicas del suelo, sino también del manejo agronómico que se le dé y de la época del año en que se cultive.

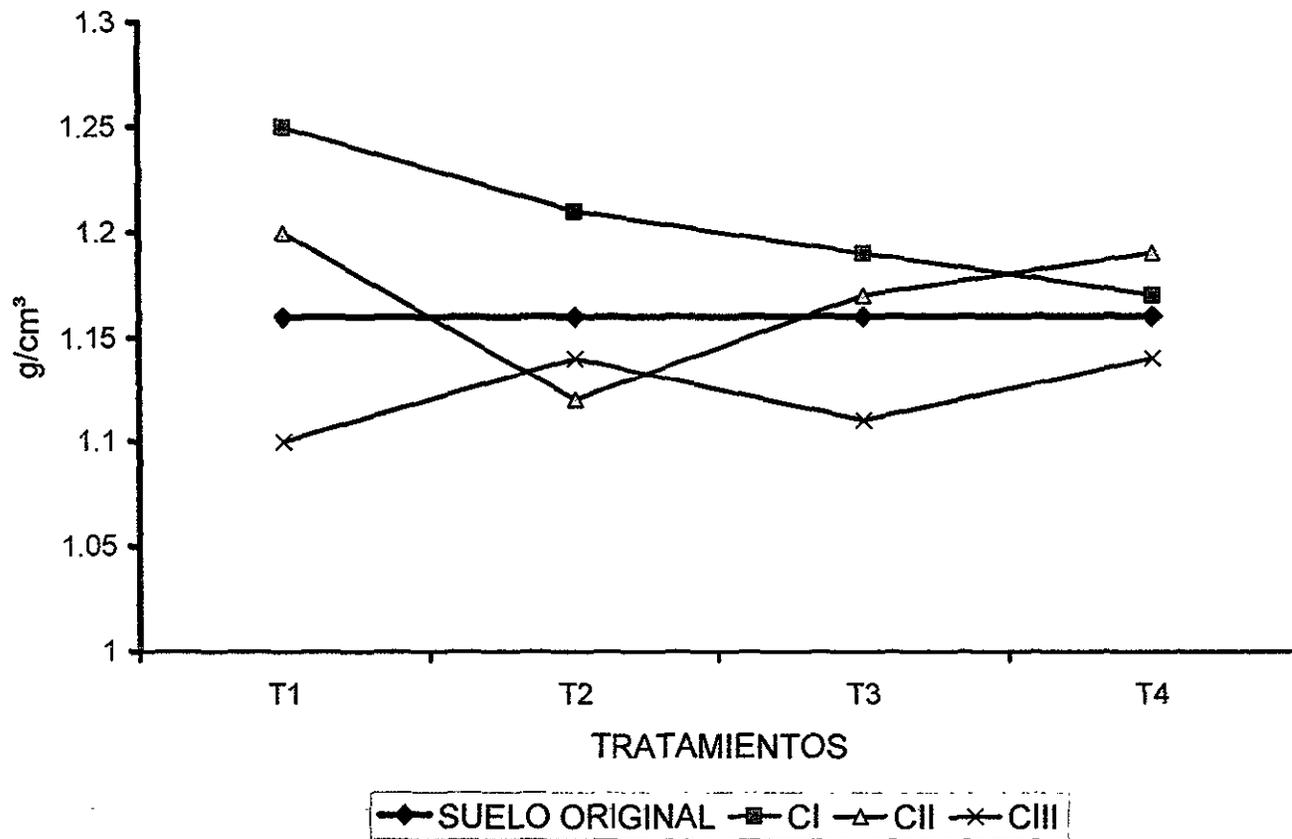
7.- Las aguas residuales y las que se llaman de "riego" en el municipio de Cuautitlán Izcalli, no son útiles para la producción hortícola y sí deterioran la calidad agrícola del suelo ya que altera su capacidad de producción.

8.- Las aguas residuales no son aptas para el riego en la producción agrícola ya que a través del tiempo se generan cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo que afectan su fertilidad repercutiendo directamente en los rendimientos de los vegetales producidos en él.

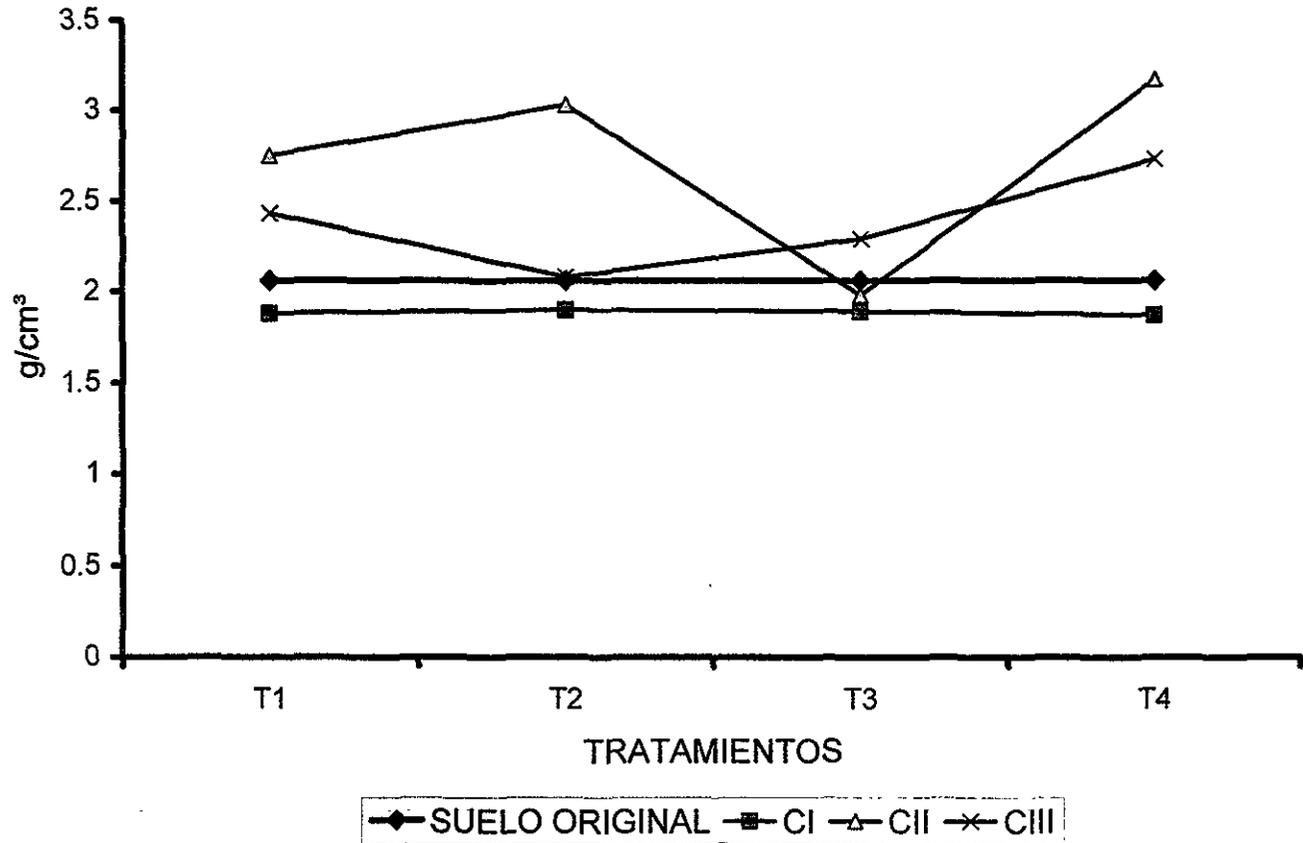
Es necesario dar seguimiento a la presente investigación dado que tres ciclos de cultivo no son suficiente para poder determinar el grado de alteración en las propiedades fisicoquímicas del suelo; así mismo se requiere complementarla con otros estudios tales como análisis fisicoquímicos de las aguas evaluadas y análisis bromatológicos de las especies cultivadas, entre otros.

# ANEXOS

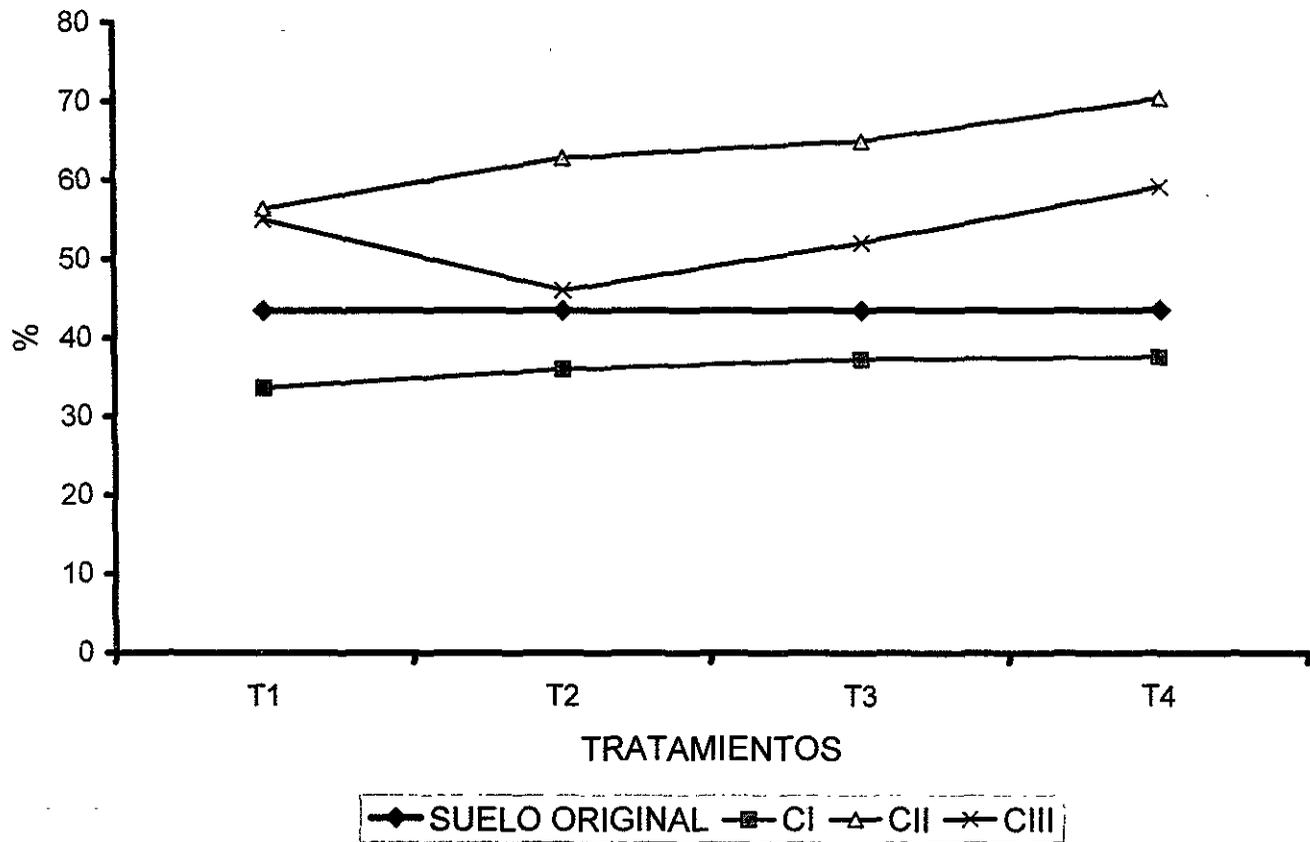
## ANEXO I.1. VARIACIÓN EN DENSIDAD APARENTE



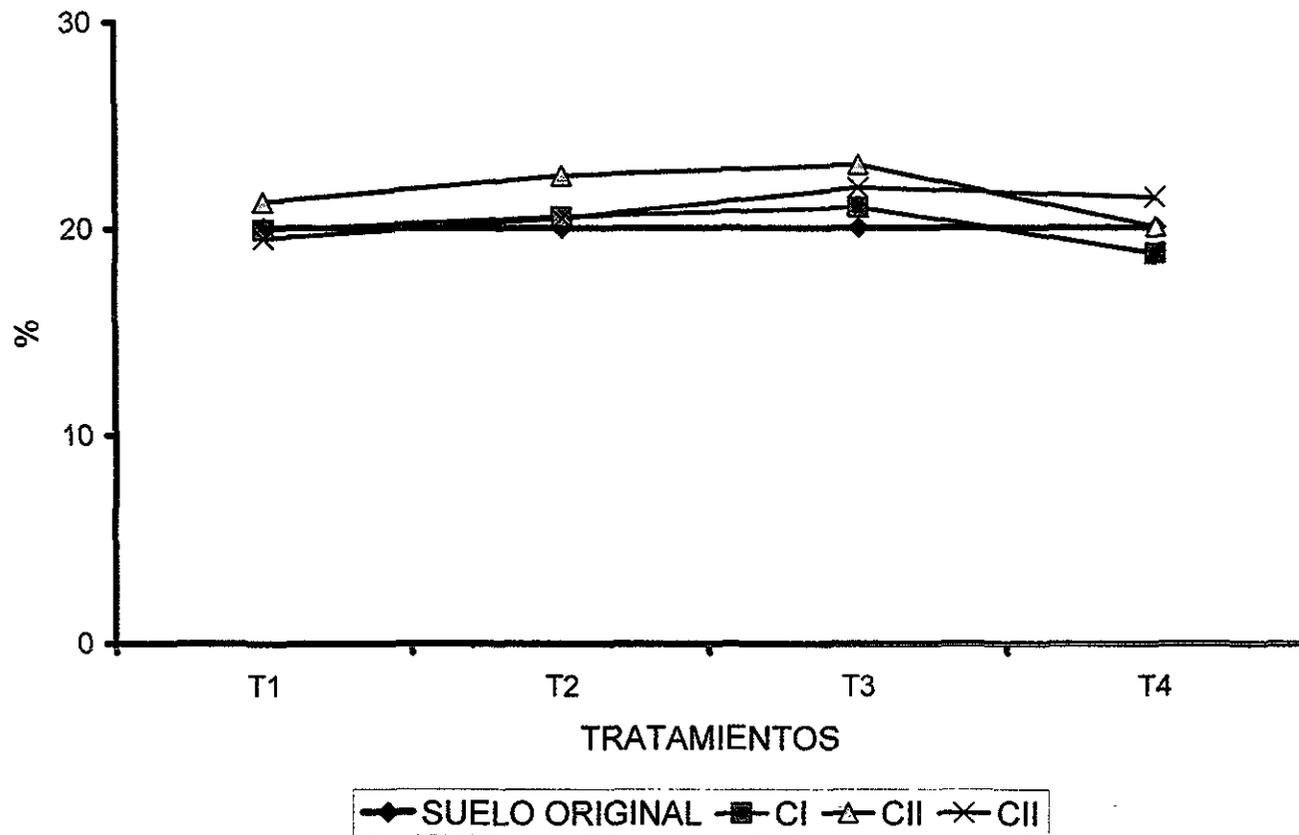
## ANEXO I.2. VARIACIÓN EN DENSIDAD REAL



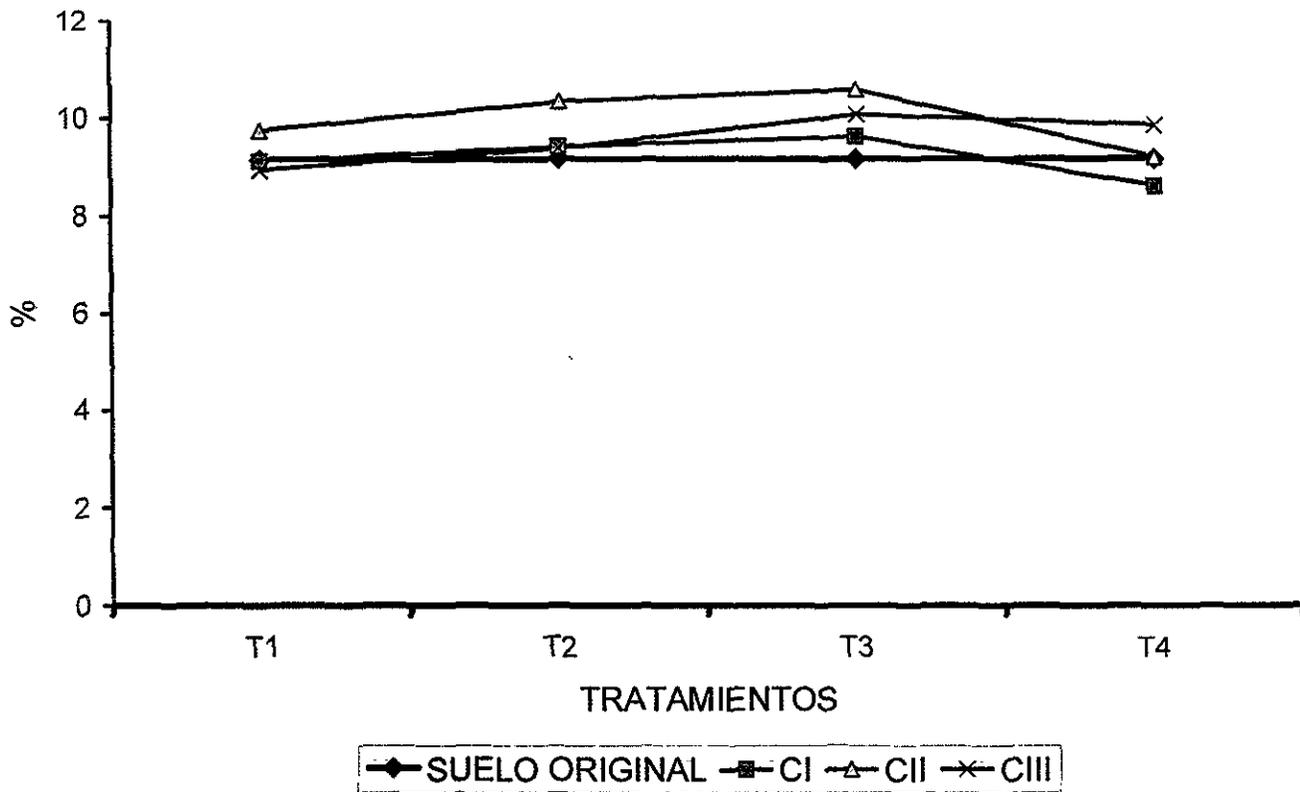
### ANEXO I.3. VARIACIÓN EN ESPACIOS POROSOS



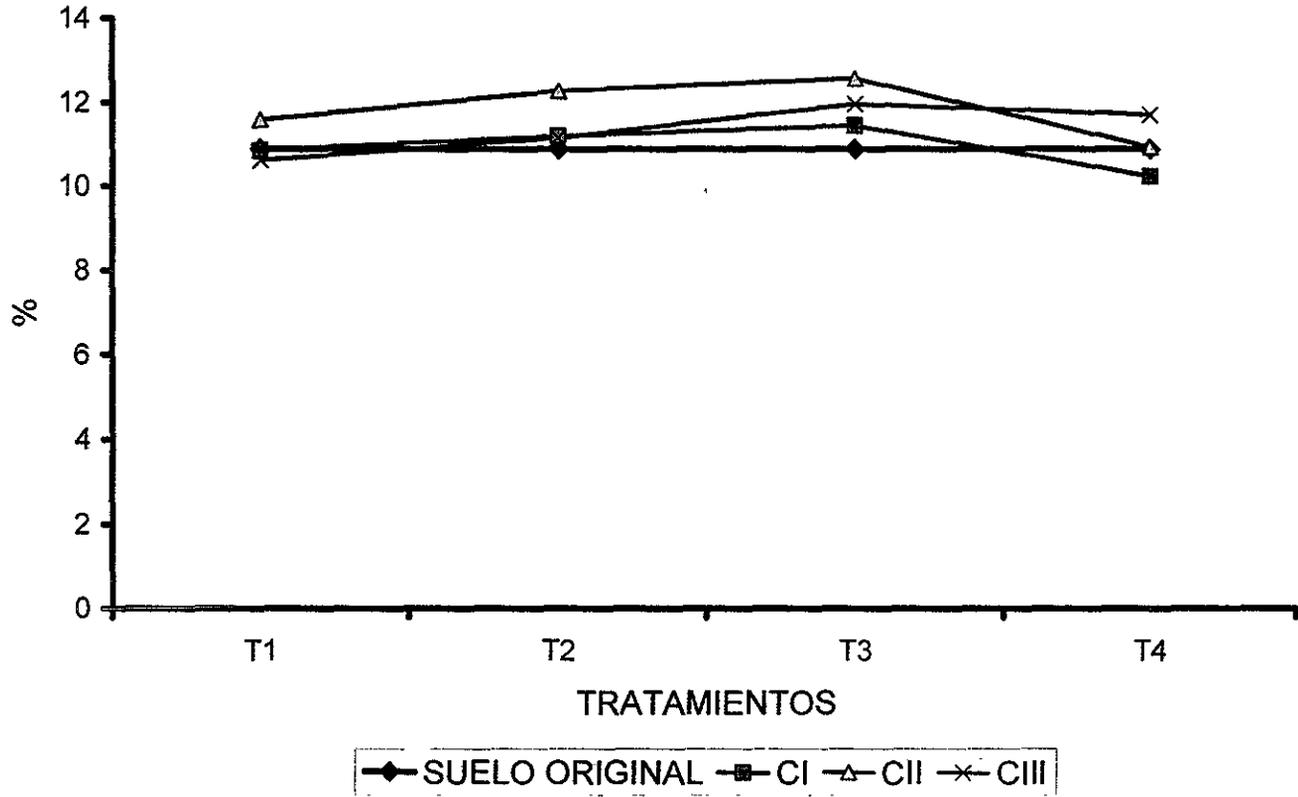
## ANEXO I.4. VARIACIÓN EN CAPACIDAD DE CAMPO



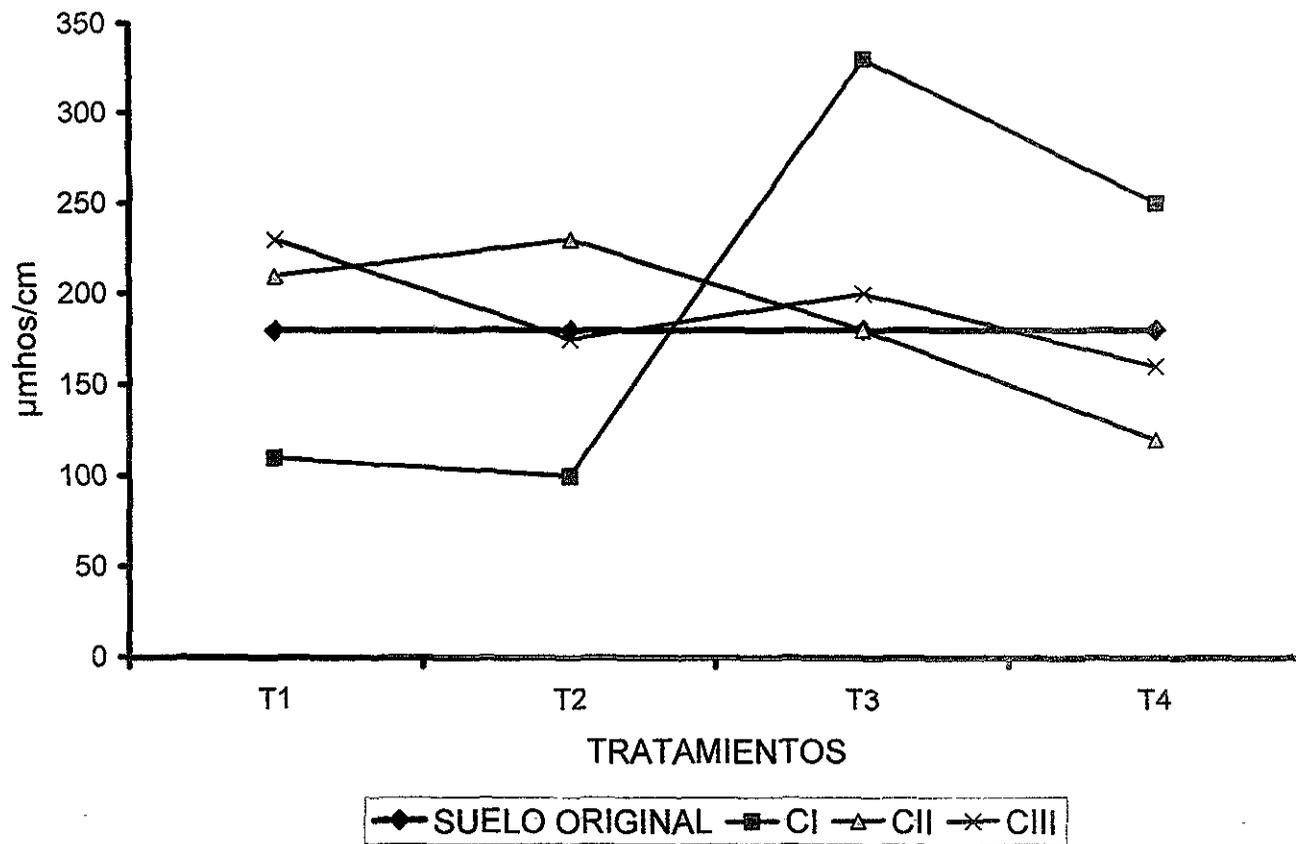
## ANEXO I.5. VARIACIÓN EN AGUA DISPONIBLE PARA LA PLANTA



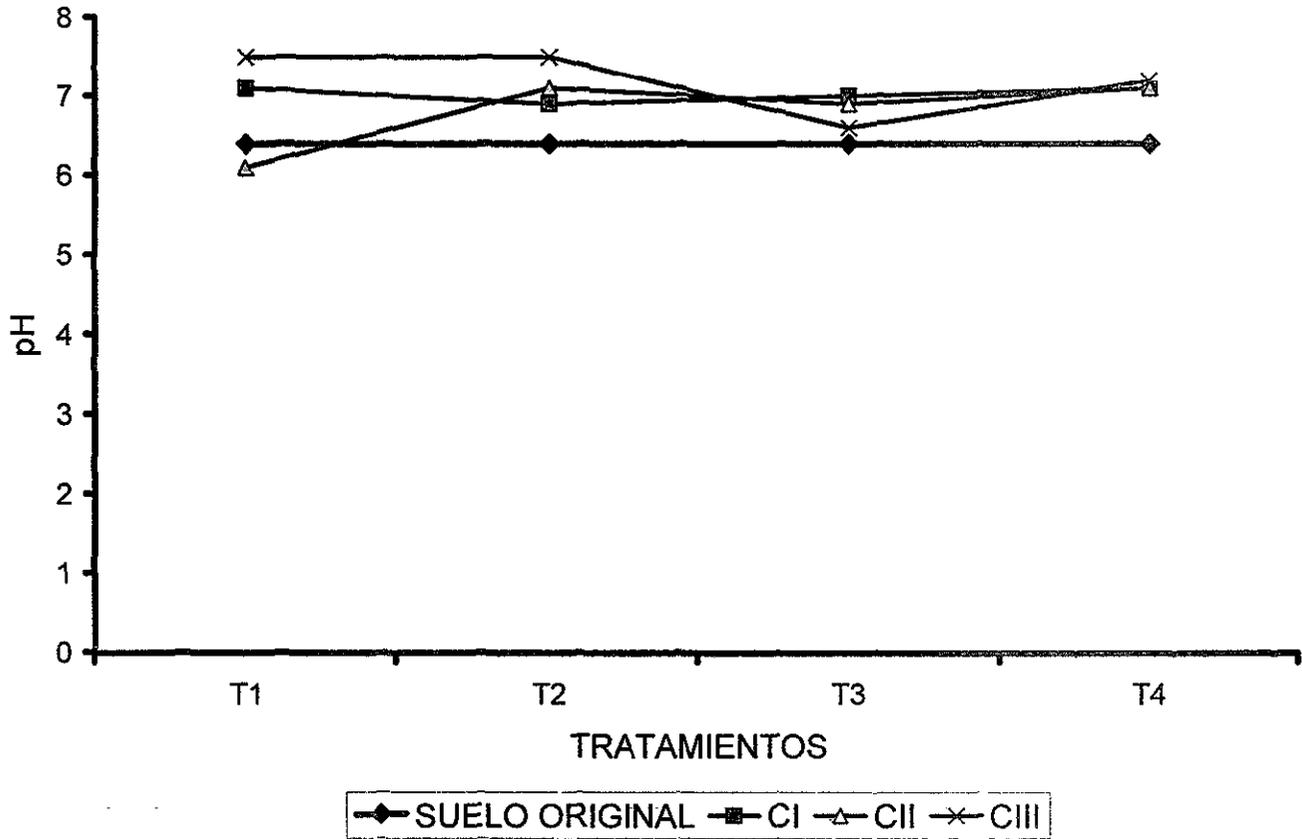
## ANEXO I.6. VARIACIÓN EN PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE



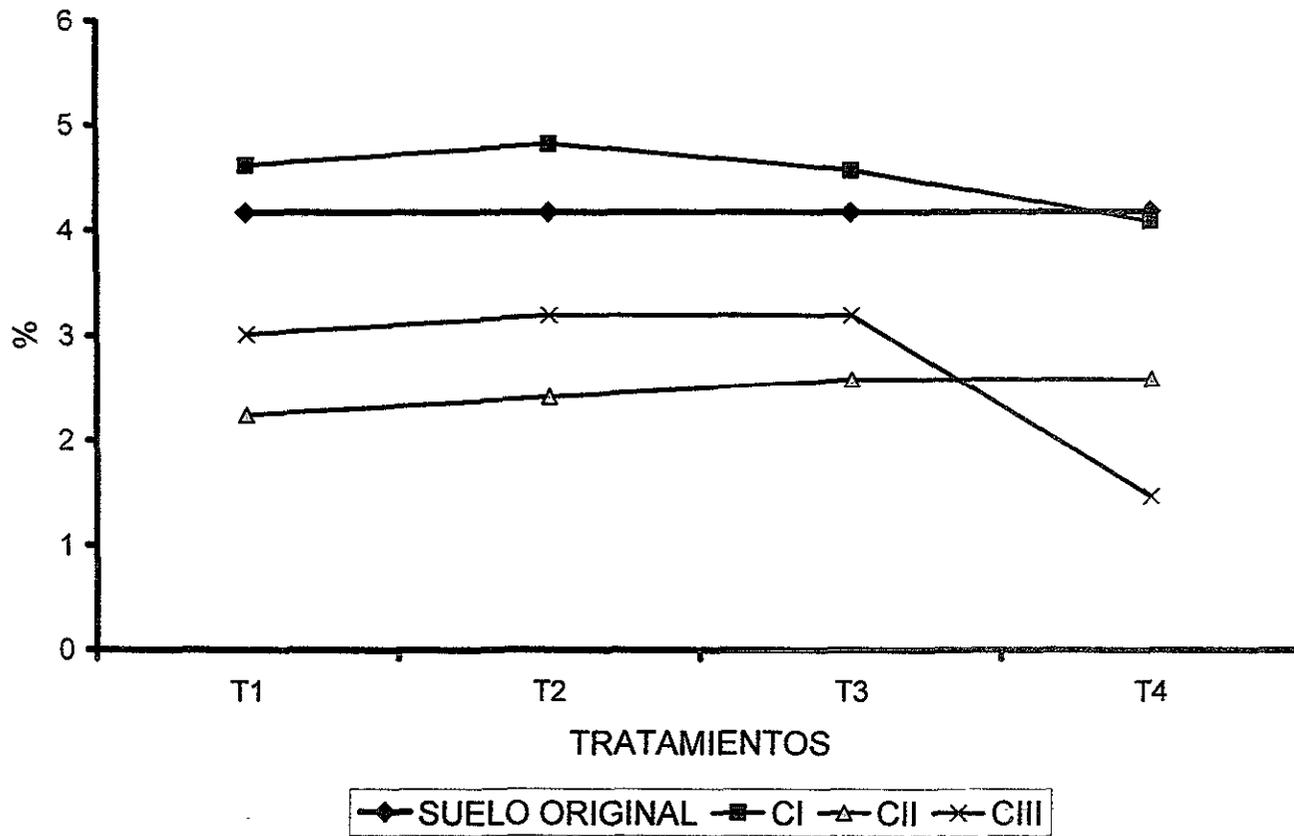
## ANEXO I.7. VARIACIÓN EN CONDUCTIVIDAD ELECTRICA



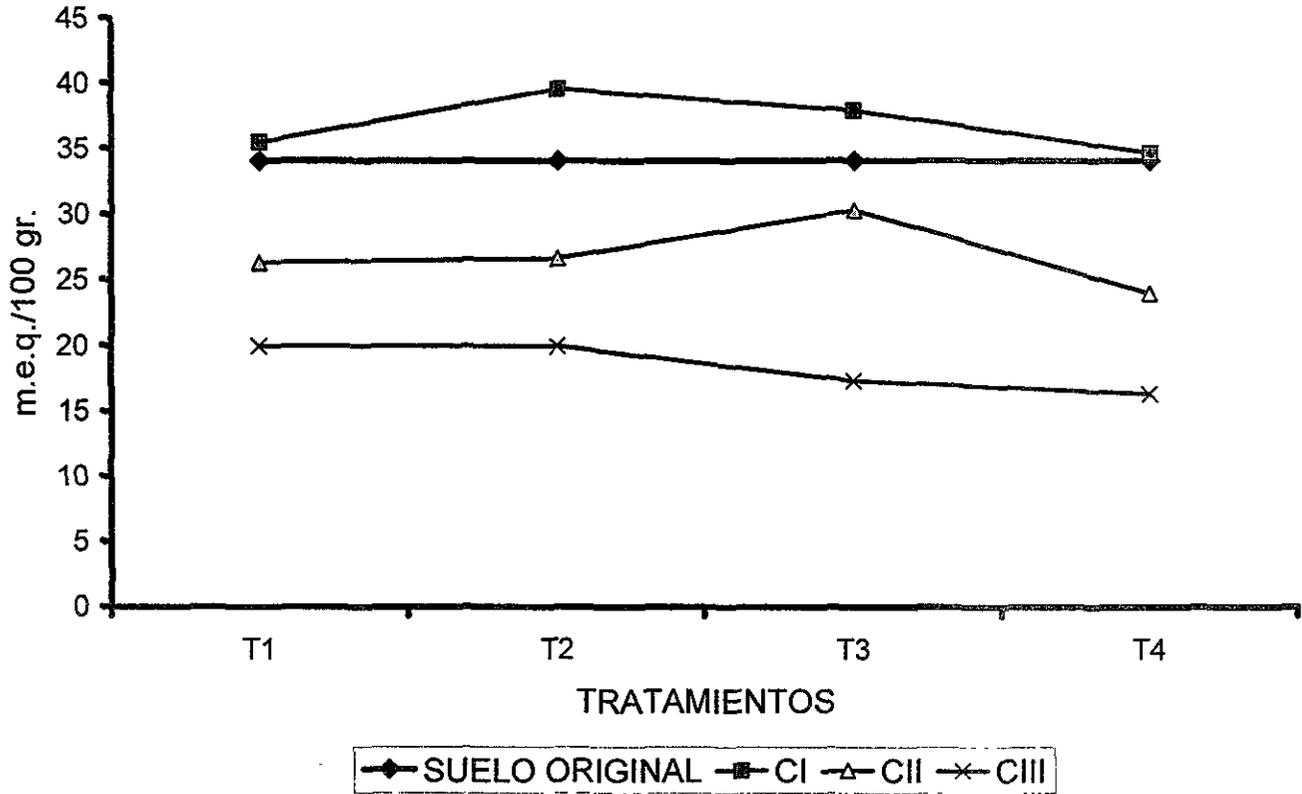
## ANEXO I.8. VARIACIÓN EN pH



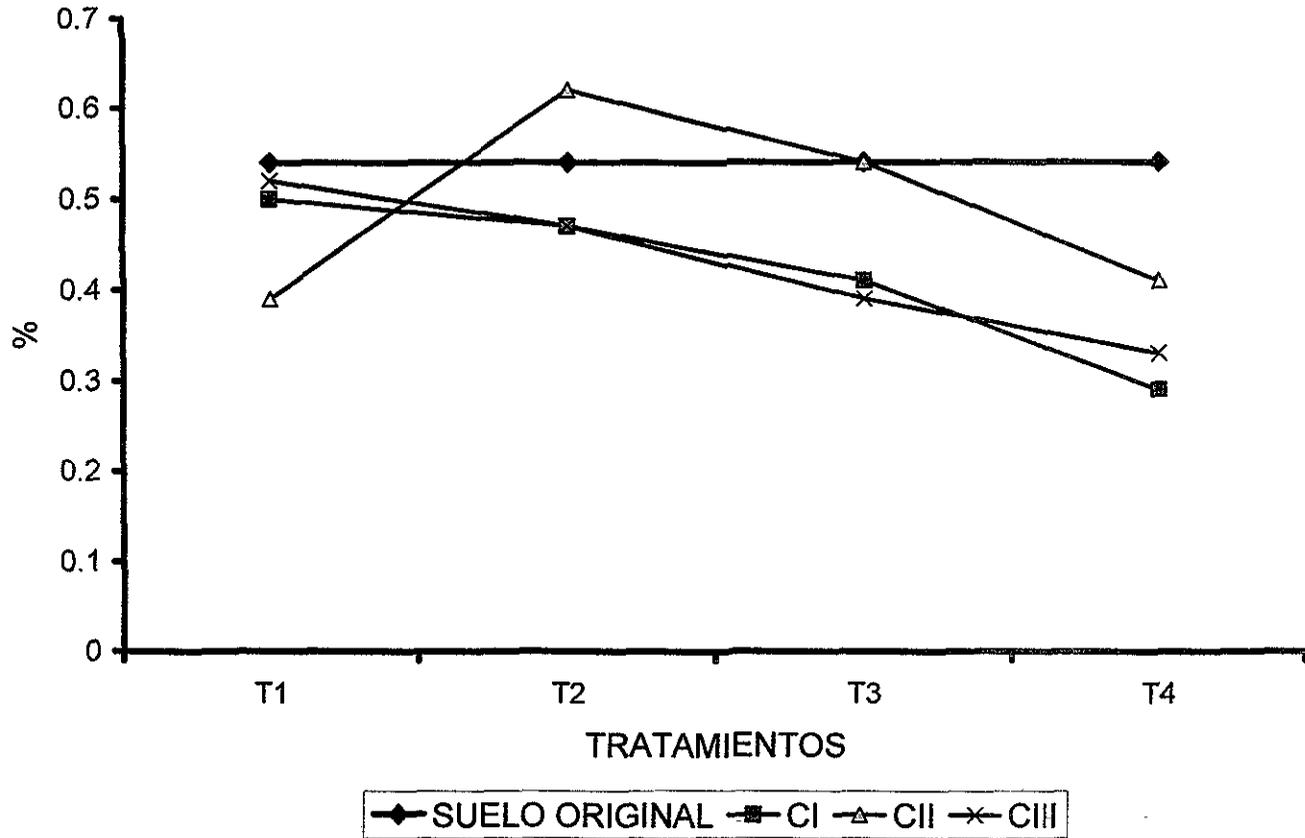
## ANEXO I.9. VARIACIÓN EN MATERIA ORGÁNICA



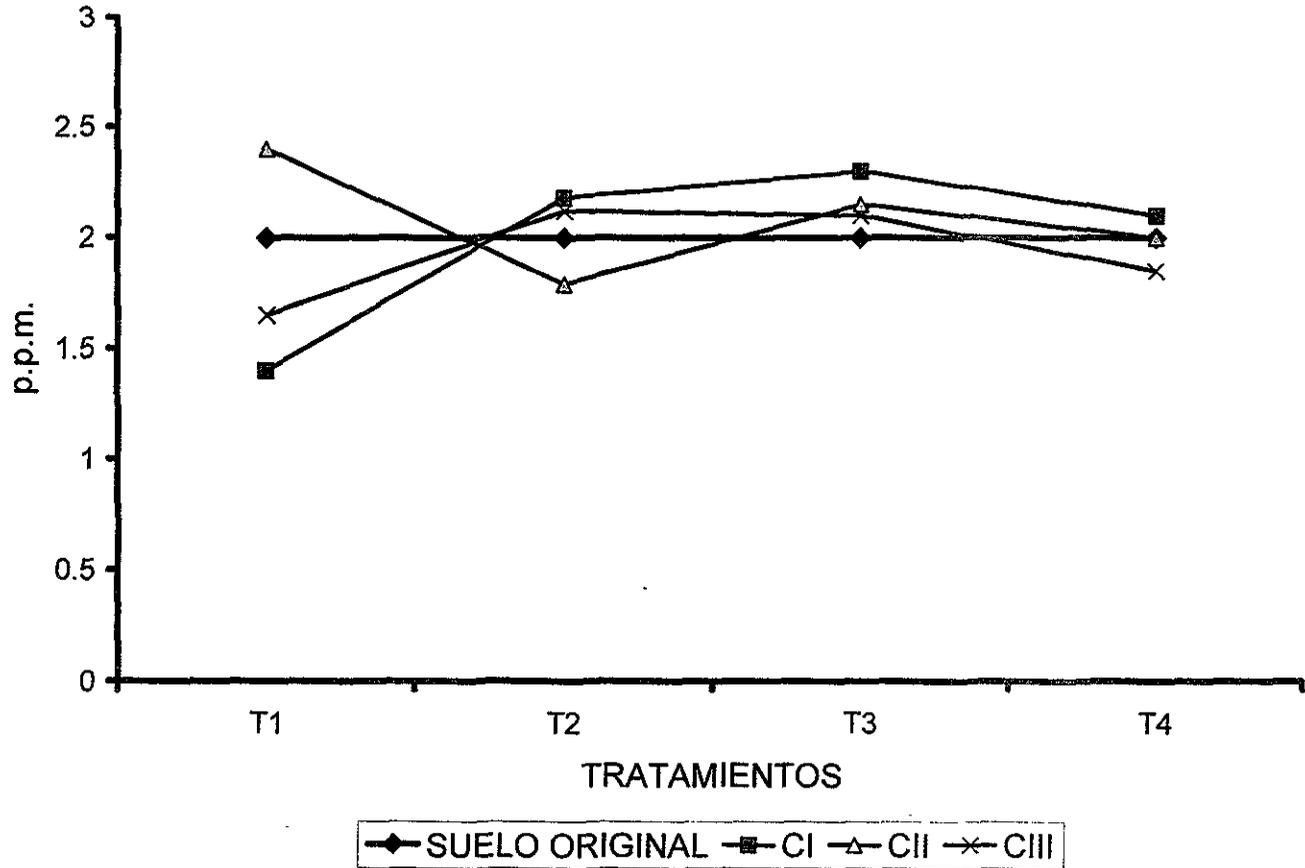
## ANEXO I.10. VARIACIÓN EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO



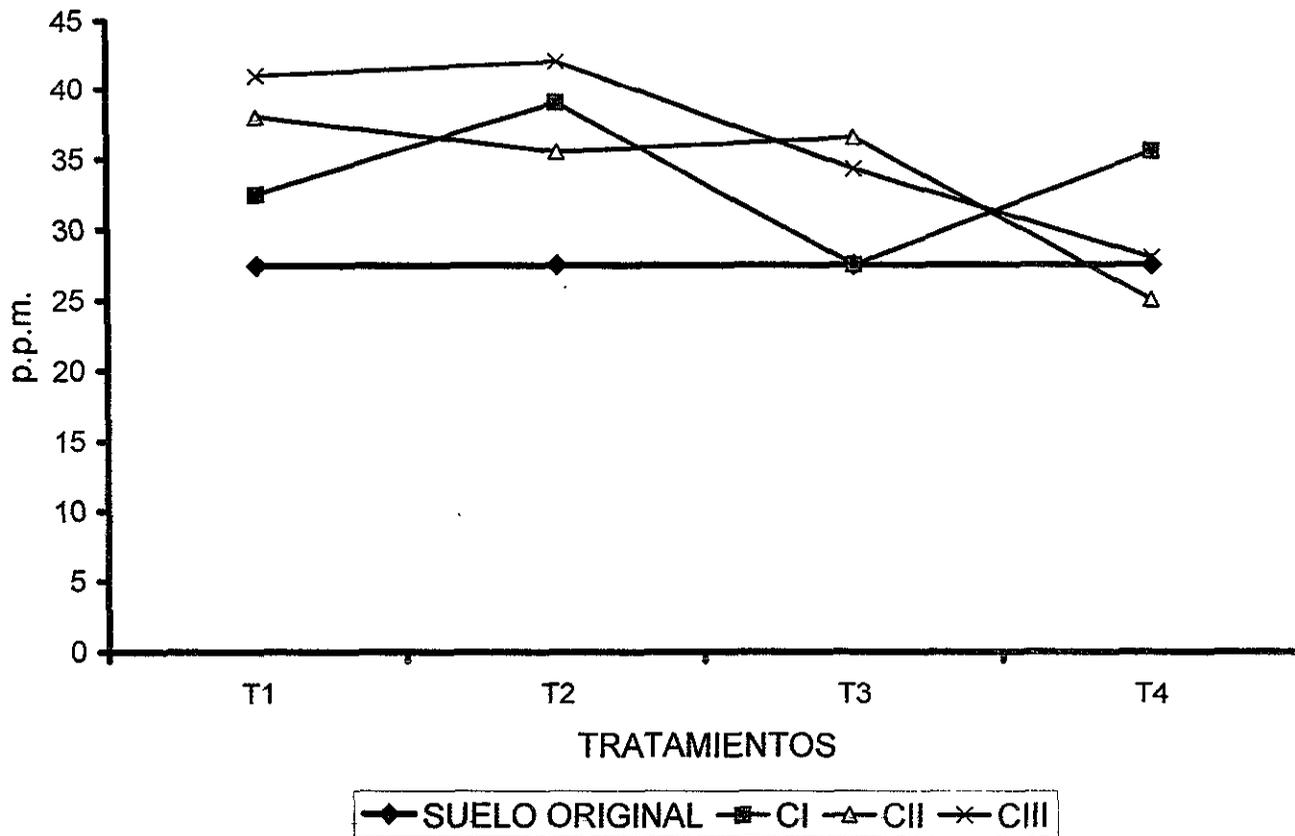
## ANEXO I.11. VARIACIÓN EN NITRÓGENO



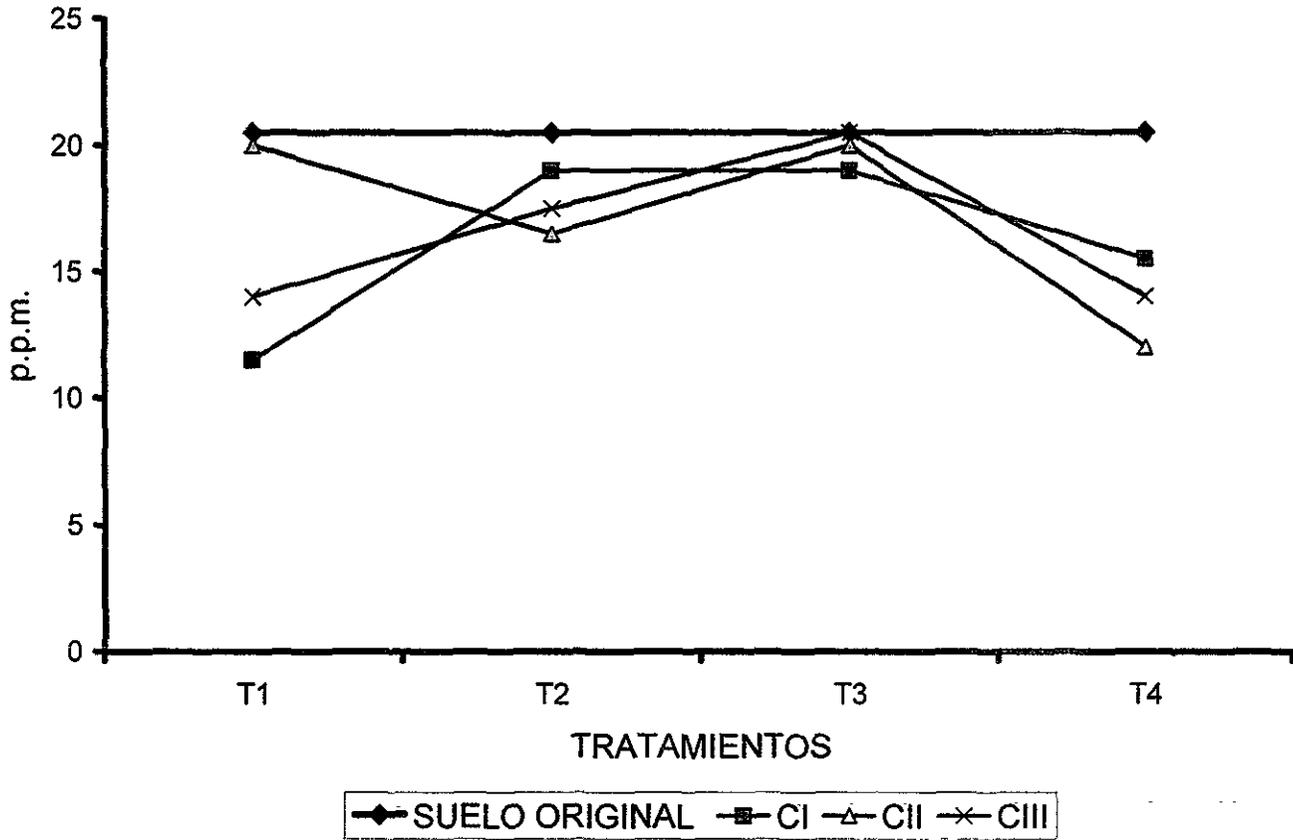
## ANEXO I.12. VARIACIÓN EN FÓSFORO



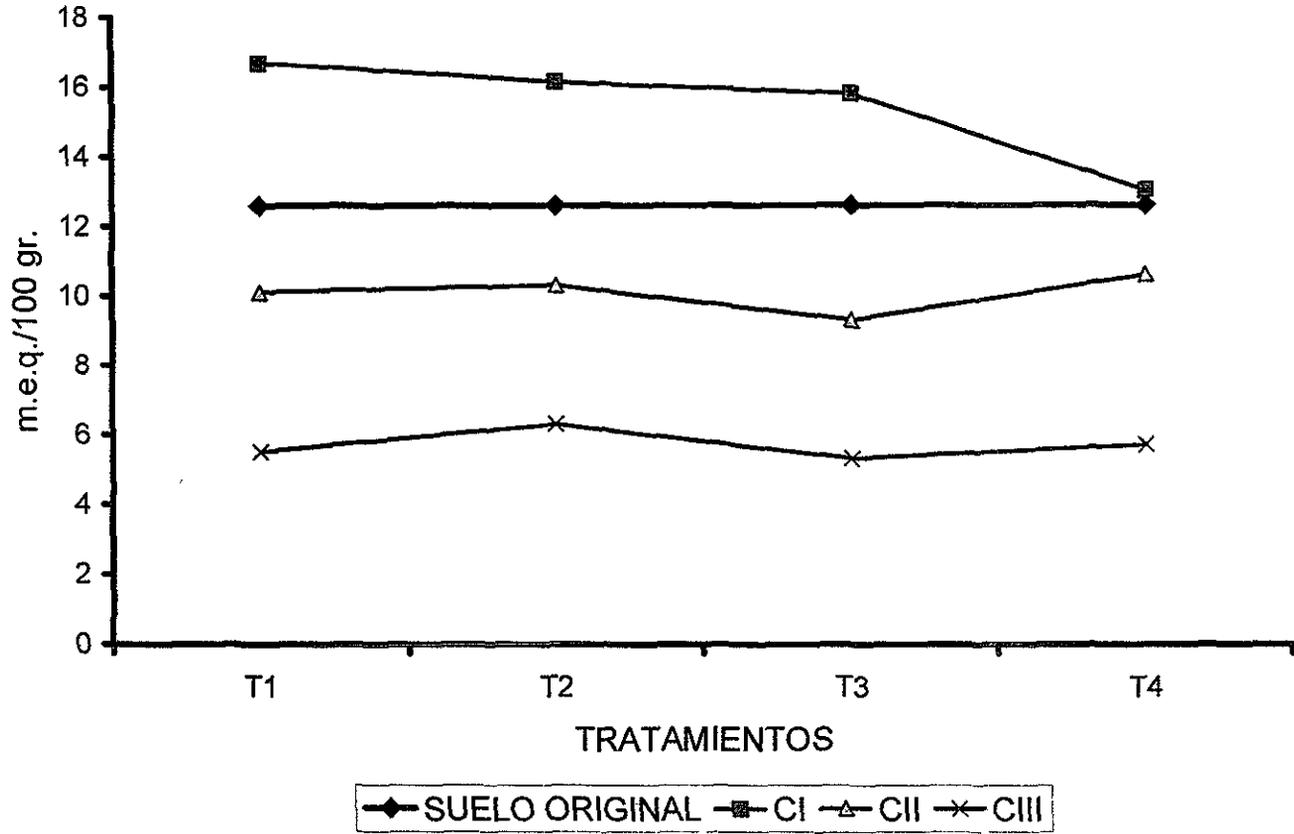
### ANEXO I.13. VARIACIÓN EN POTASIO



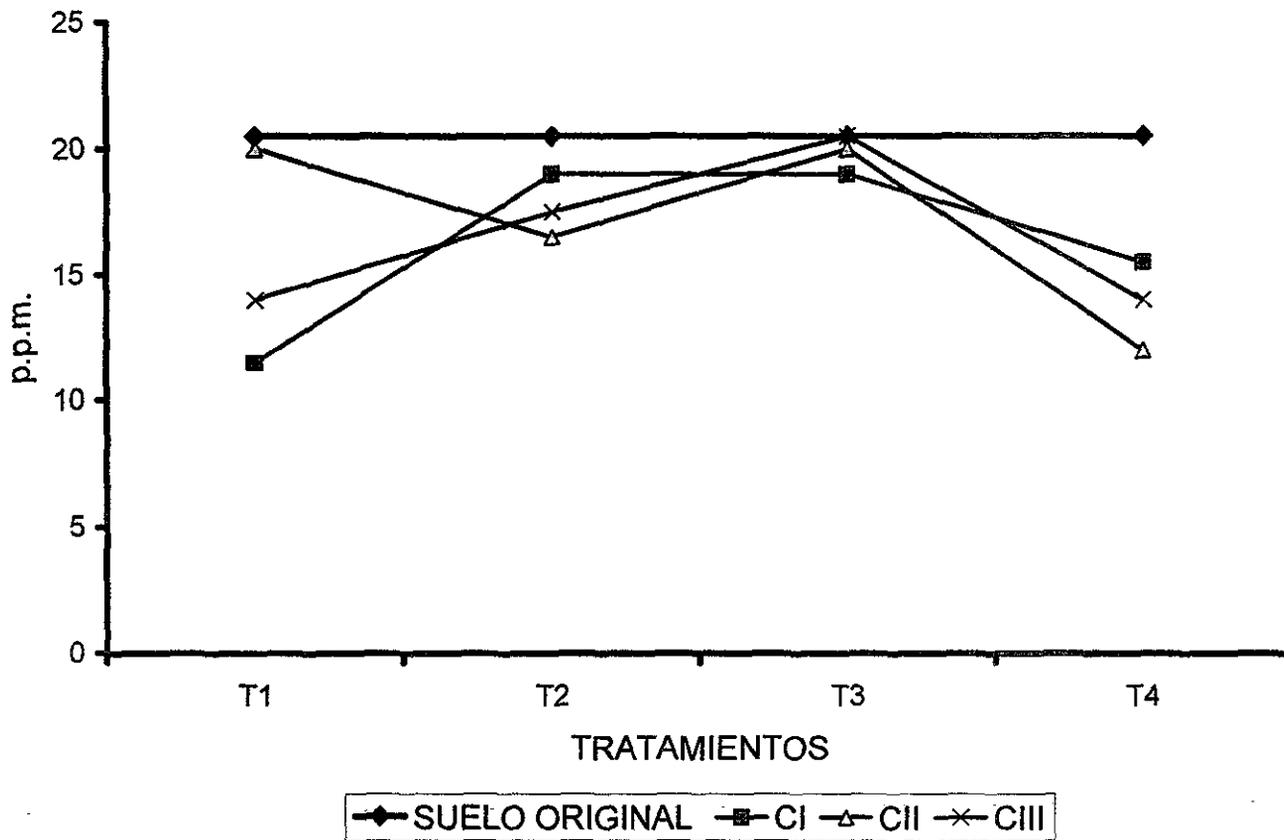
## ANEXO I.14. VARIACIÓN EN SODIO



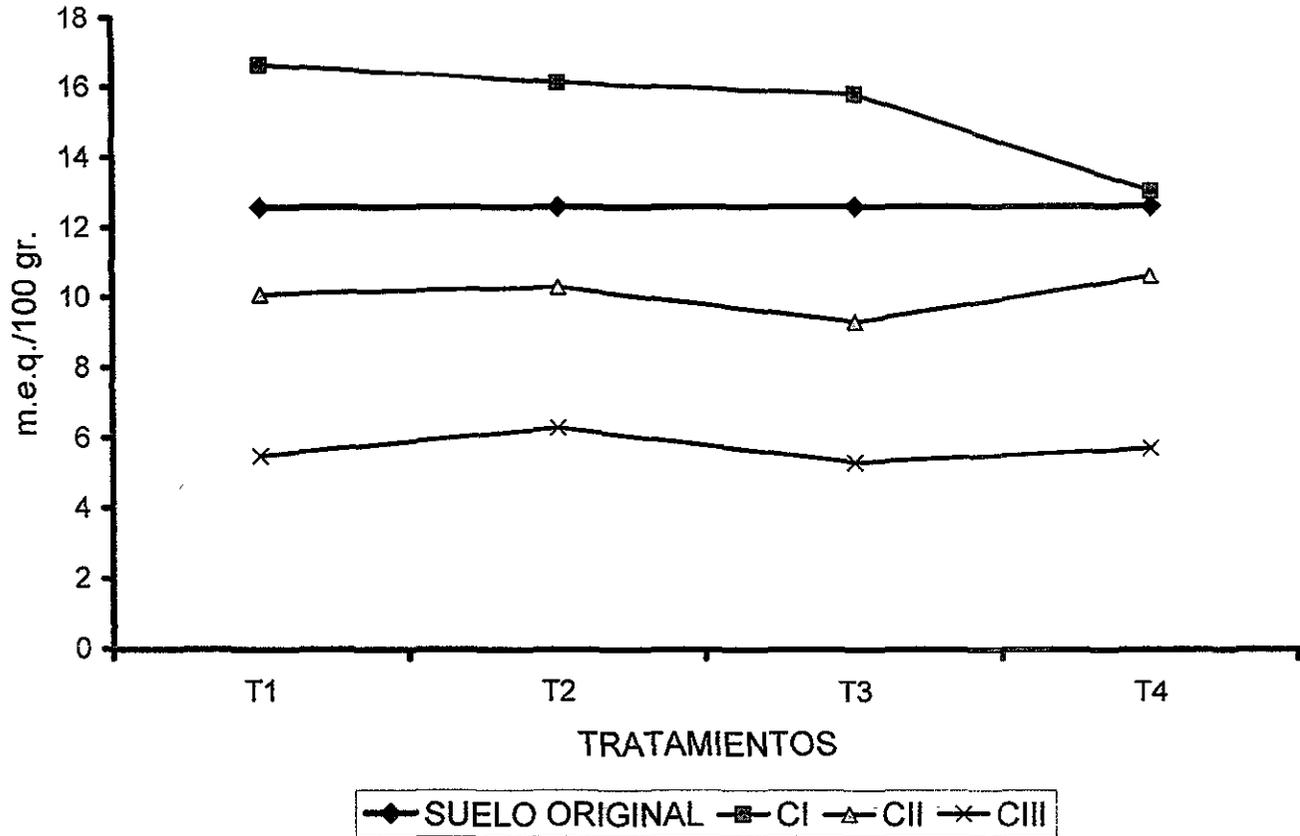
### ANEXO I.15. VARIACIÓN EN CALCIO



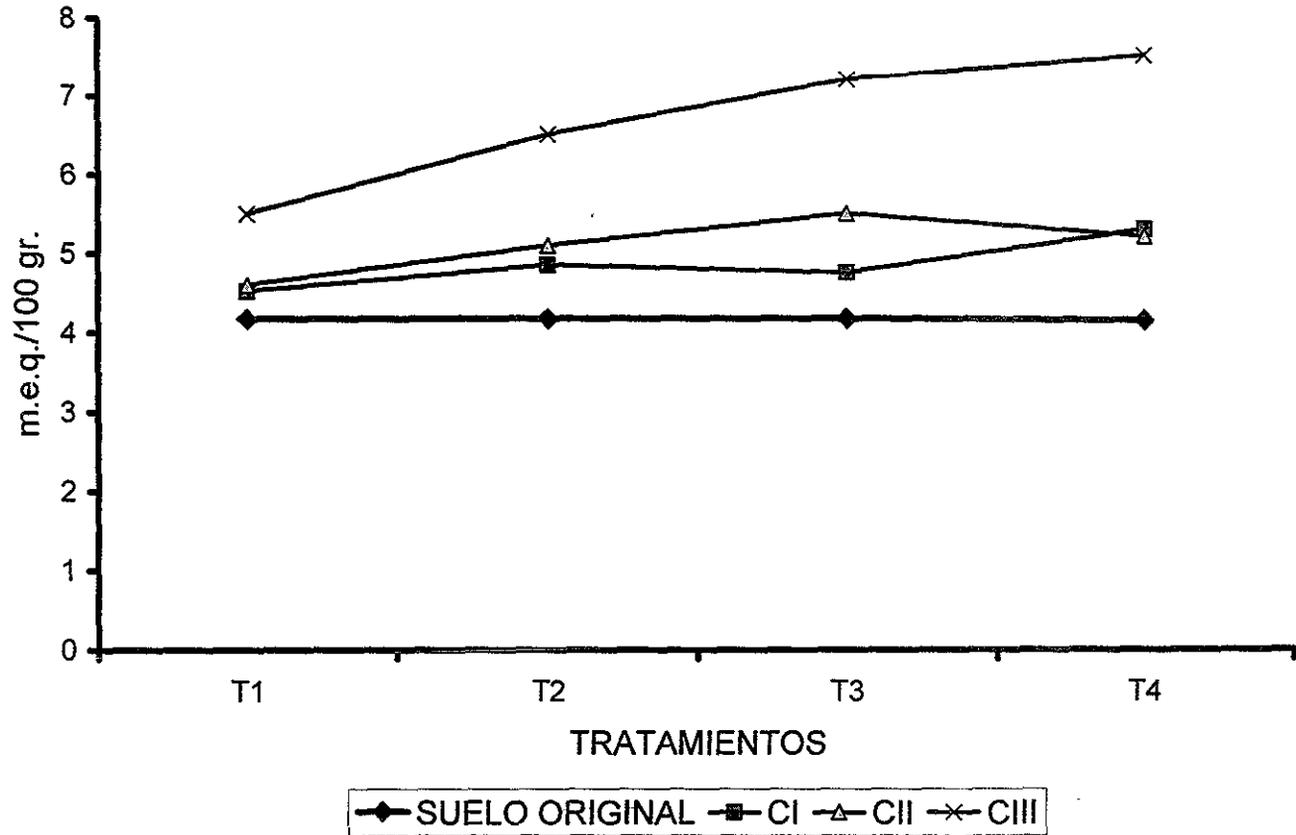
### ANEXO I.14. VARIACIÓN EN SODIO



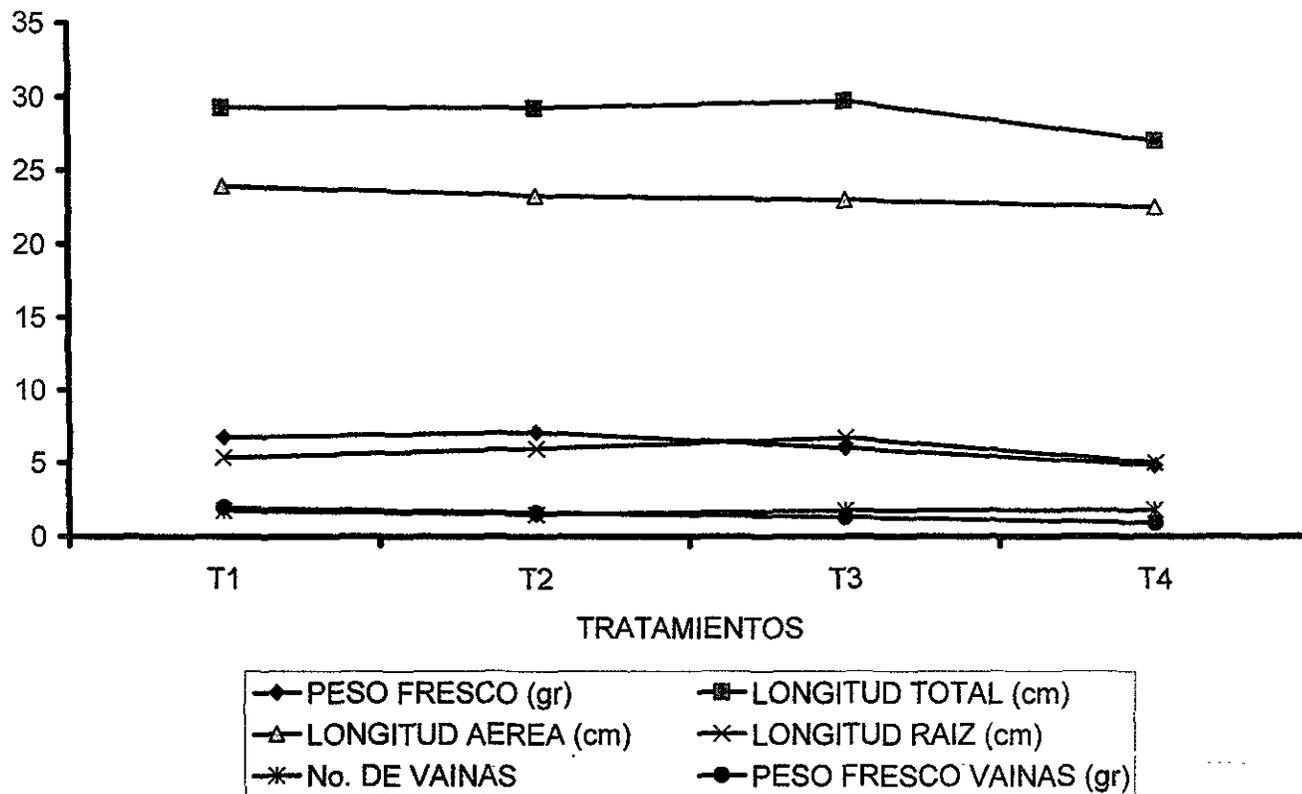
### ANEXO I.15. VARIACIÓN EN CALCIO



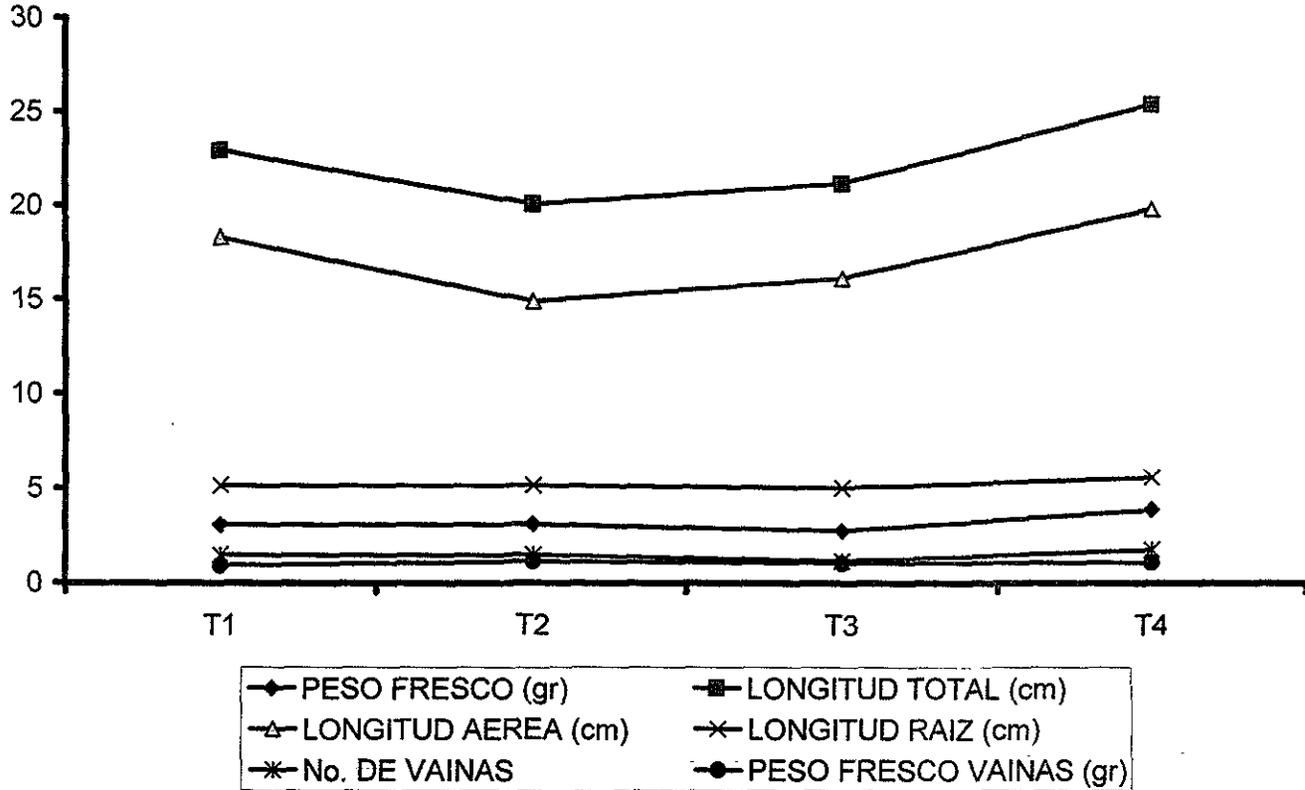
## ANEXO I.16. VARIACIÓN EN MAGNESIO



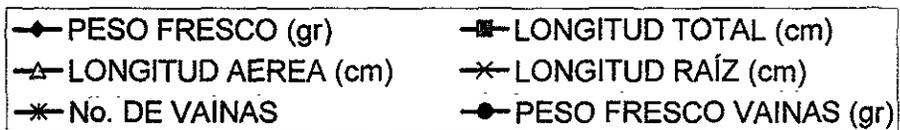
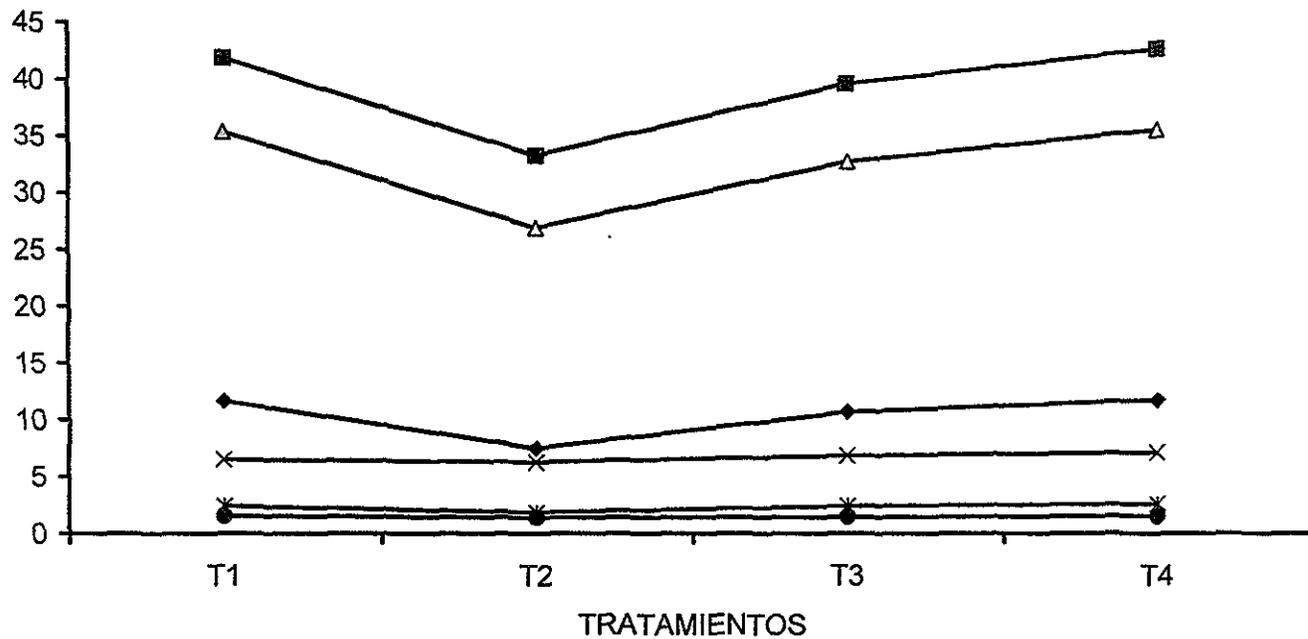
## ANEXO II.1. RENDIMIENTO EN GUISANTE EN EL PRIMER CICLO DE CULTIVO



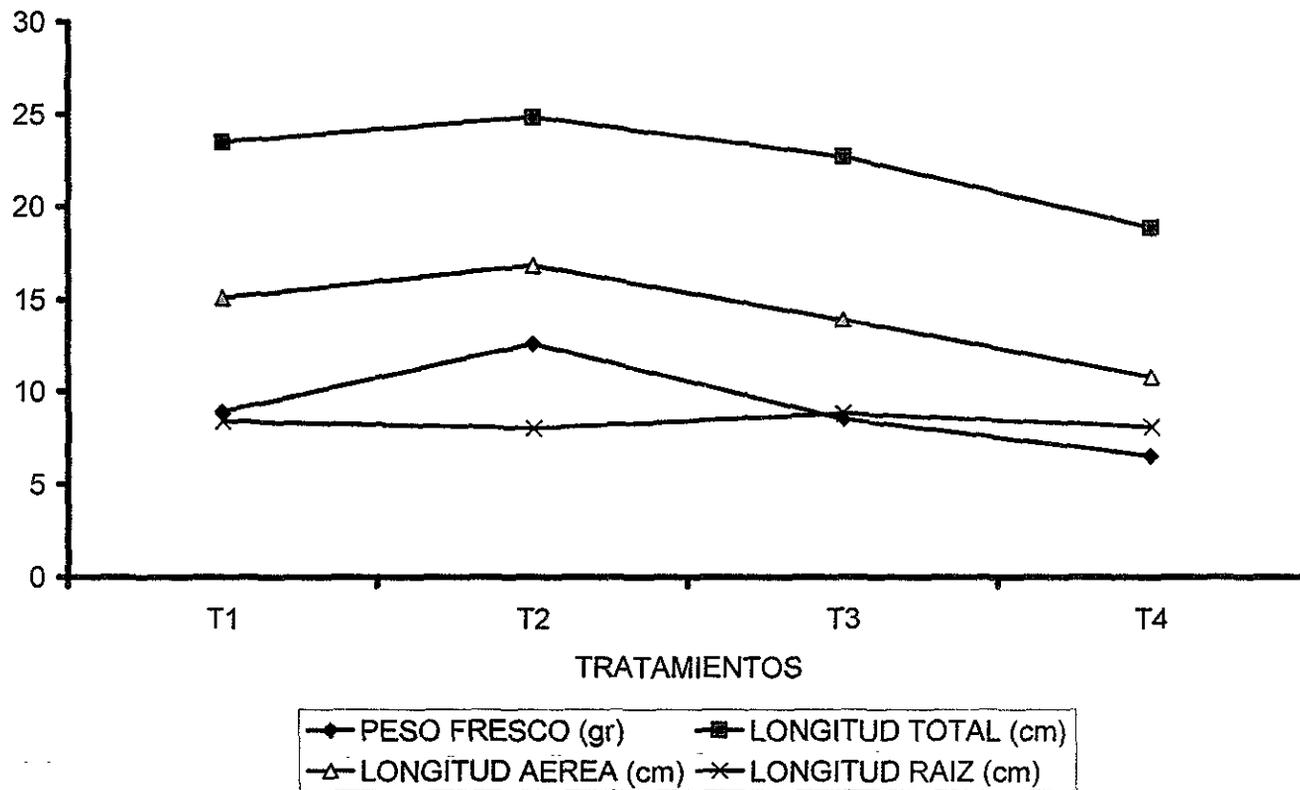
## ANEXO II.2. RENDIMIENTO EN GUISANTE EN EL SEGUNDO CICLO DE CULTIVO



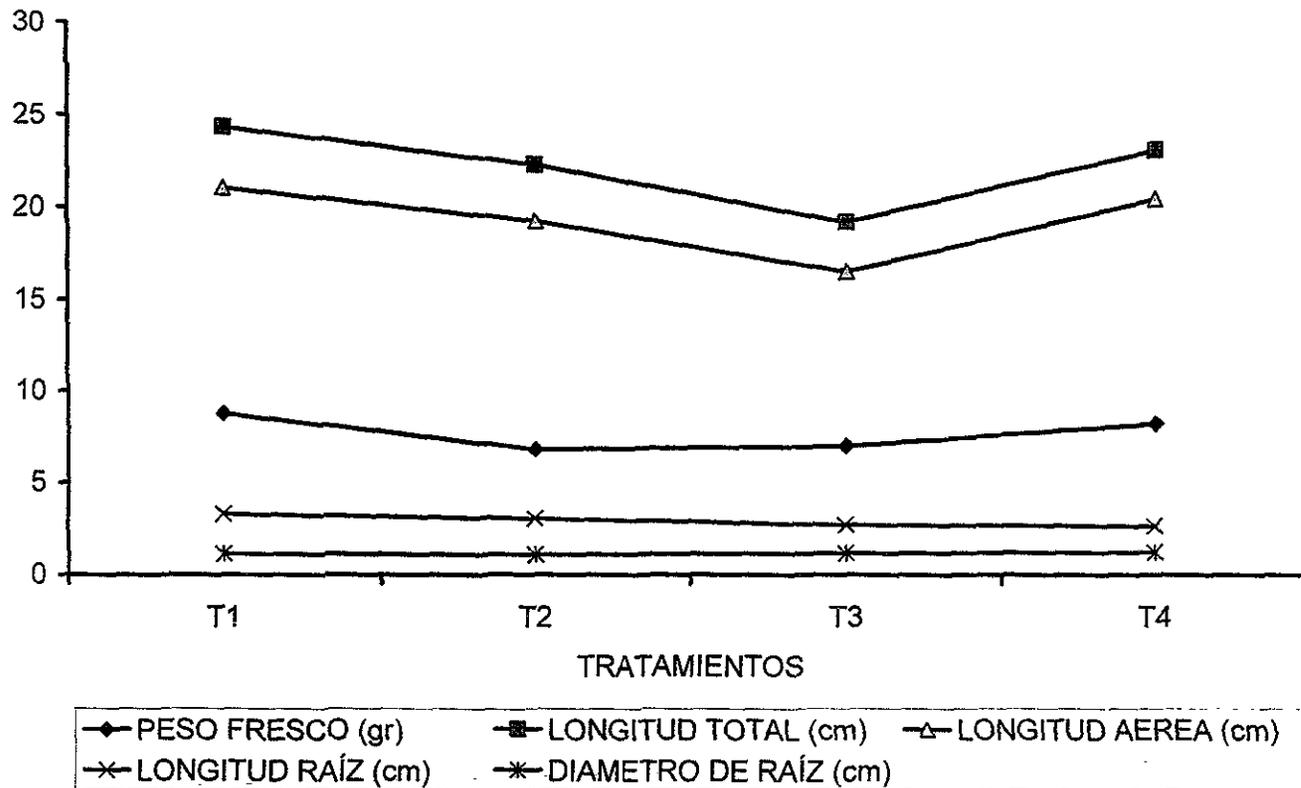
## ANEXO II.3. RENDIMIENTO EN GUISANTE EN EL TERCER CICLO DE CULTIVO



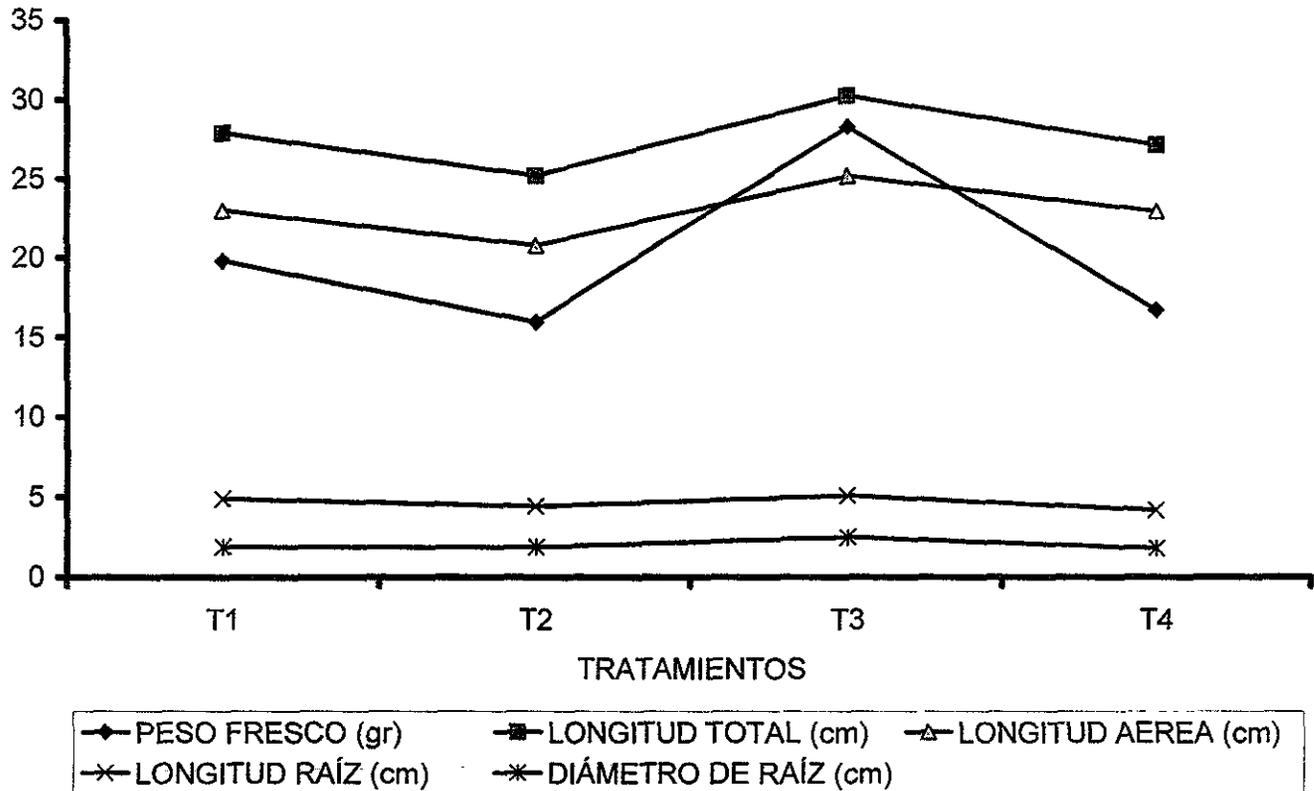
## ANEXO II.4. RENDIMIENTO EN RÁBANO EN EL PRIMER CICLO DE CULTIVO



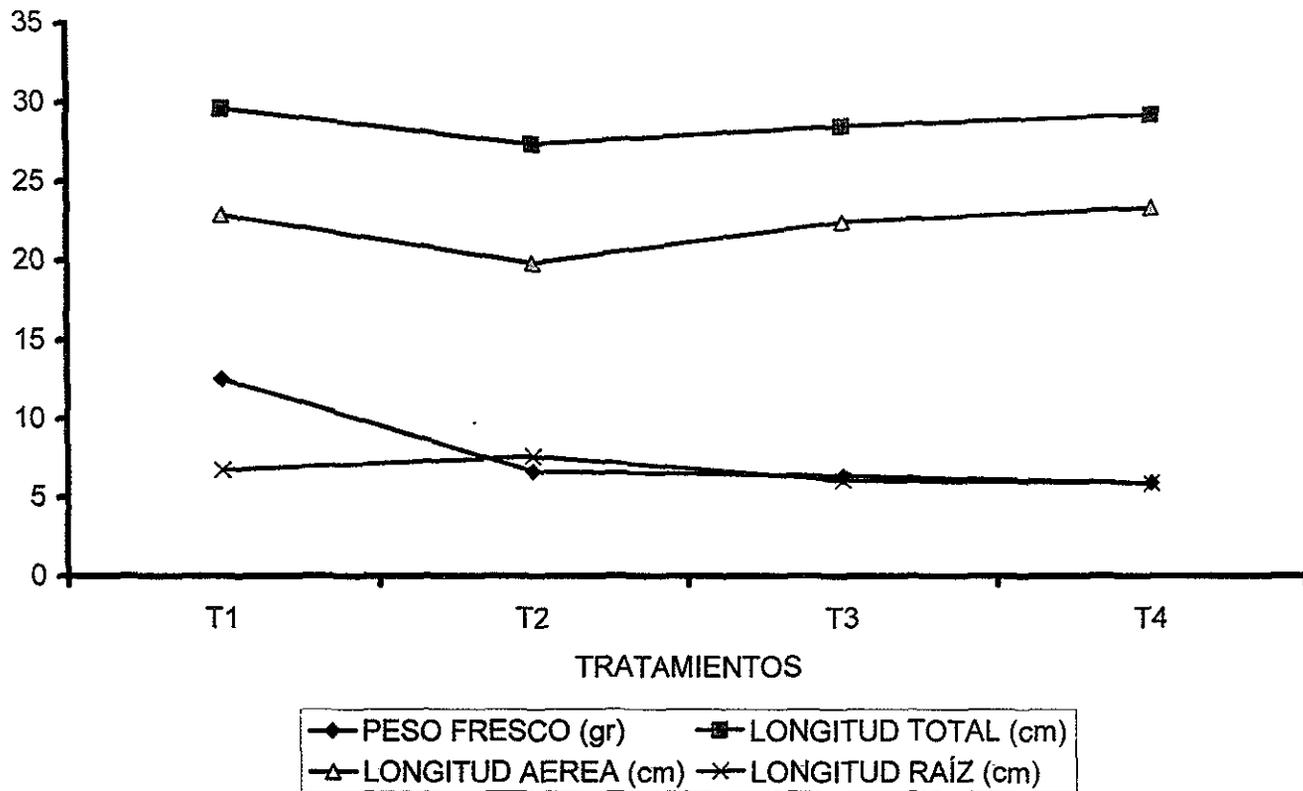
## ANEXO II.5. RENDIMIENTO EN RÁBANO EN EL SEGUNDO CICLO DE CULTIVO



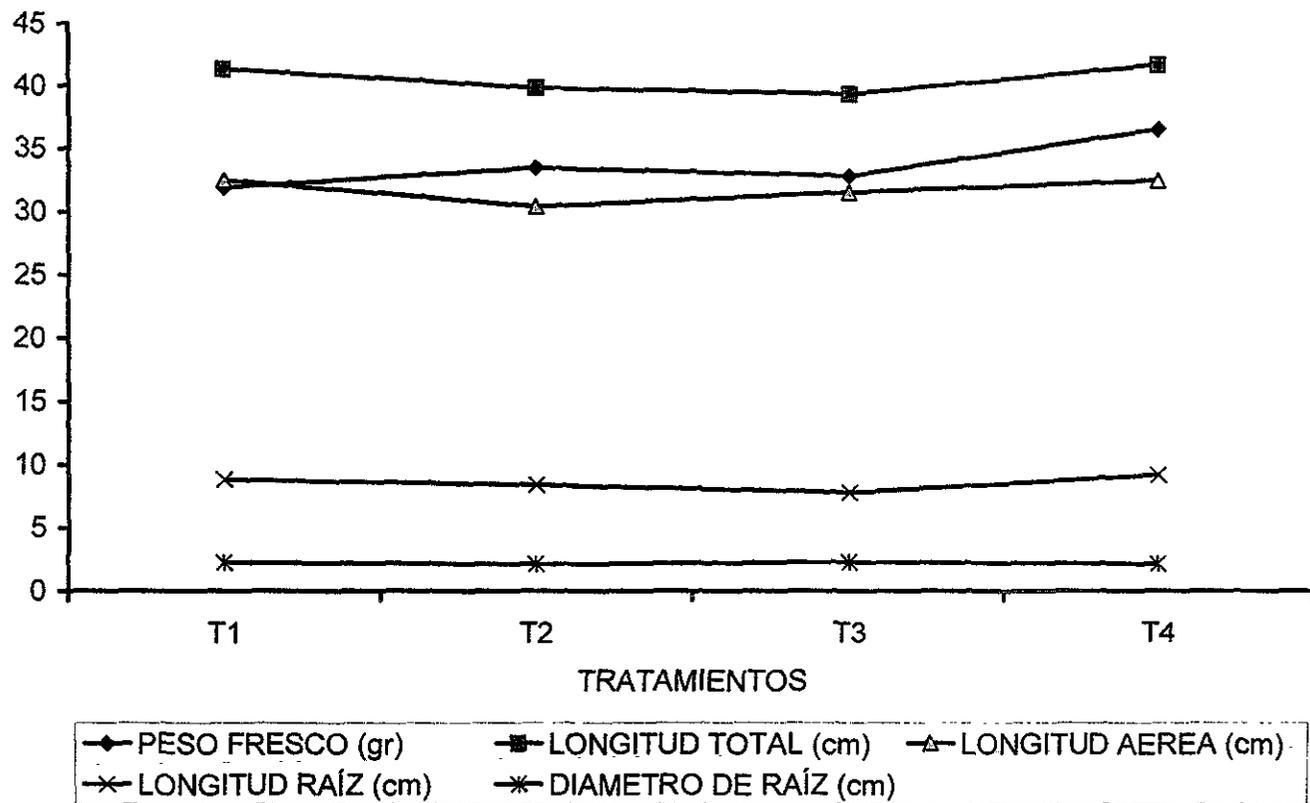
## ANEXO II.6. RENDIMIENTO EN RÁBANO EN EL TERCER CICLO DE CULTIVO



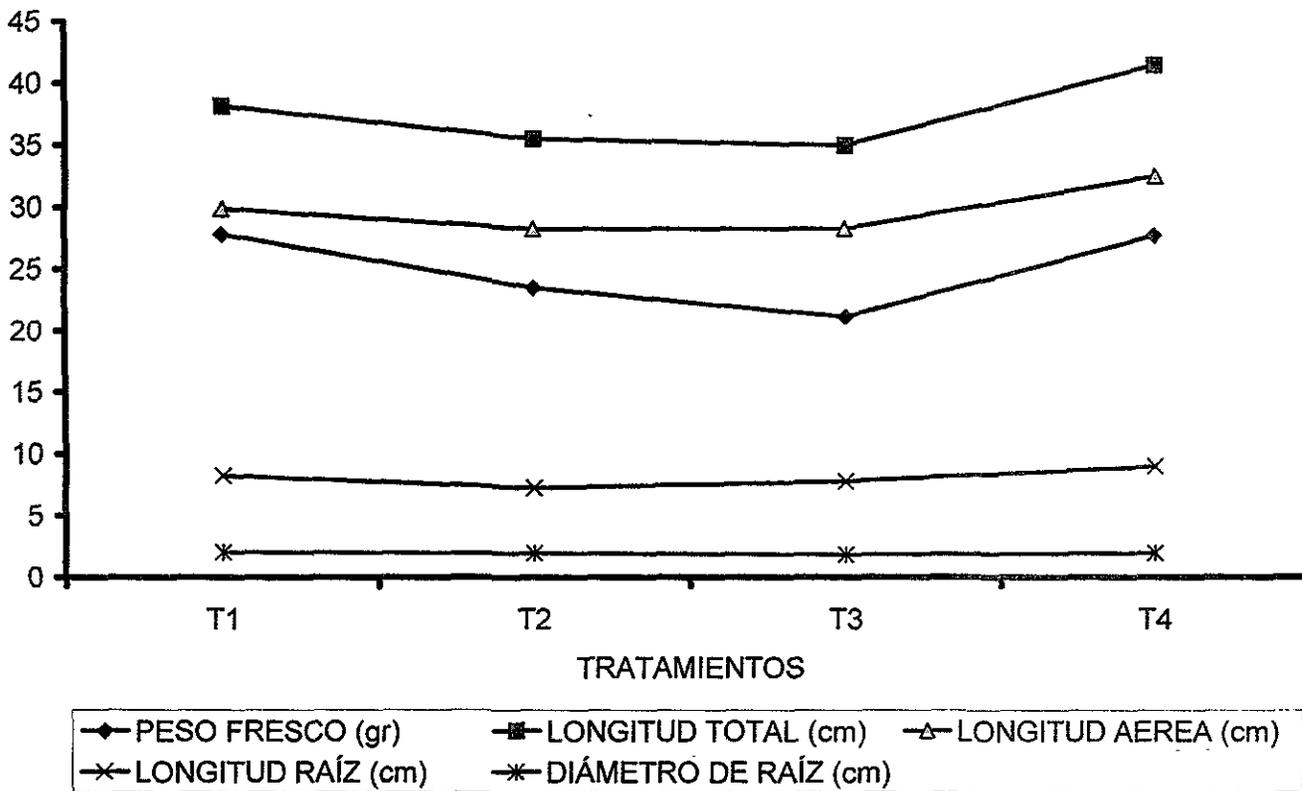
## ANEXO II.7. RENDIMIENTO EN ZANAHORIA EN EL PRIMER CICLO DE CULTIVO



## ANEXO II.8. RENDIMIENTO EN ZANAHORIA EN EL SEGUNDO CICLO DE CULTIVO



## ANEXO II.9. RENDIMIENTO EN ZANAHORIA EN EL TERCER CICLO DE CULTIVO



**ANEXO III.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL GUISANTE (*Pisum sativum* L.).**

CICLO	PESO FRESCO (GR)		LONGITUD TOTAL (CM)		LONGITUD PARTE AÉREA (CM)	
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)
CI	13.050659	0.4752 NS	53.402668	0.1140 NS	23.209852	0.0658 NS
CII	1.166331	0.8429 NS	7.278483	2.9416 *	7.208550	2.6342 *
CIII	4.727688	3.3168 *	32.708549	2.1730 *	30.317274	2.1059 NS
	LONGITUD DE RAÍZ (CM)		NUMERO DE VAINAS		PESO FRESCO DE VAINAS (GR)	
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)
CI	7.131205	0.3103 NS	0.401934	0.1794 NS	0.501739	1.4733 NS
CII	0.406362	0.5542 NS	0.154911	1.4866 NS	0.276295	0.1058 NS
CIII	2.499953	0.2067 NS	0.260579	1.6621 NS	0.055529	0.32.18 NS

**ANEXO III.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RÁBANO (*Raphanus sativus* L.)**

CICLO	PESO FRESCO (GR)		LONGITUD TOTAL (CM)		LONGITUD PARTE AÉREA (CM)	
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)
CI	13.050659	1.9576 *	3.676541	7.2869 **	3.288764	8.0059 **
CII	4.255351	0.8339 NS	3.396376	5.6404 *	3.990831	4.0744 *
CIII	18.391005	6.9058 *	1.474826	11.7735 **	0.744141	17.4121 **
	LONGITUD DE RAÍZ (CM)		DIÁMETRO DE RAÍZ (CM)			
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)		
CI	1.321520	0.3972 NS	-	-		
CII	0.135971	2.8597 *	0.123445	0.1010 NS		
CIII	0.369449	1.8877 NS	0.042561	9.6240 **		

**ANEXO III.3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ZANAHORIA (*Daucus carota* L.)**

CICLO	PESO FRESCO (GR)		LONGITUD TOTAL (CM)		LONGITUD PARTE AÉREA (CM)	
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)
CI	10.088054	3.9032 *	15.568793	0.2468 NS	11.562229	0.8485 NS
CII	67.254555	0.2321 NS	5.652561	0.8846 NS	3.415365	1.1132 NS
CIII	19.768663	2.1644 NS	2.711371	12.6728 **	2.661024	5.7979 **
	LONGITUD DE RAIZ (CM)		DIÁMETRO DE RAIZ (CM)			
	CM ERROR	FC (TMOST)	CM ERROR	FC (TMOST)		
CI	0.4765572	5.0694 *	-	-		
CII	1.225098	1.1435 NS	0.124034	0.1583 NS		
CIII	0.153212	13.5552 **	0.029333	0.9815 NS		

## BIBLIOGRAFÍA.

Aguilera Contreras C. y Martínez Elizando R. Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera . Edt. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo , México, 1990 .

Buenrostro Ramírez G, Rios Gómez R., Castillo Granada A. L. y Arteaga Mejía M. Elementos constituyentes y contaminantes en hortalizas irrigadas con aguas residuales , Ixmiquilpan, Hgo. Simposio Universitario de Edafología. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. , 1995 . pp. 160 – 162.

Casado Hernández Angel . "Efecto de la irrigación con agua cruda y tratada del Río de los Remedios en la producción de cultivos hortícolas". Facultad de Estudios Superiores. Cuautitlán, Izcallí, Edo. de México, 1985 .

Comisión Nacional de Ecología (CONADE). Informe de la Situación General en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 1989 – 1990.

Corlay C. L., Pineda P. J. , Robles S. E. y Vázquez A. A. Efecto del riego con aguas residuales sobre la fijación biológica del nitrógeno en suelos de Tizayuca, Hgo. IV Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Cuautitlán, Izcalli, Edo. de México, 1994. pp. B48.

Díaz S. R. F. y Romero V. M. E. Utilización de lodos residuales de plantas de tratamiento municipales en la agricultura . Simposio Universitario de Edafología. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. , 1995 . p. 142.

Eneerlin H. E. C., Cano C. G., Garza C. R. A. Y Vongel M. E. Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible. Edt. Internacional Thomson. p. 247.

García Zúñiga Ana Ma. Estudio del grado de contaminación por plomo, cadmio y cromo en suelos y tejidos vegetales por el uso de aguas residuales en el Municipio de Tlaxcoapan y Atitaliquia, Hgo.

(Distrito de desarrollo rural 063). Facultad de Estudios Superiores .  
Cuautitlán, Izcalli, Edo. de México, 1989 .

Howard M. Resh, ph. D. Cultivos hidroponicos. Edt. Mundi-Prensa.  
Madrid, 1992. pp 23 - 45.

J. Cajuste L. y Carrillo G. M. C. La contaminación por metales pesados en suelos agrícolas aguas residuales . Primer Simposio Nacional de Agricultura Sustentable : Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Colegio de Postgraduados M.O.A.199. Montecillo, México .

Kreiner Isabel. Sistemas "Naturales" para el tratamiento de aguas residuales -Sistemas de suelo con planta- . Segundo Minisimposio Internacional Sobre Remoción de Contaminantes de Aguas y Suelos. Cd. Universitaria, U.N.A.M. 1995. pp. 110 - 119

López Torres M. Horticultura. Edt. Trillas. México, 1994. pp. 109 - 115 .

Narro Farías Eduardo . Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Edt. Trillas. México, 1994.

Noyola Adalberto. El tratamiento anaerobio de aguas residuales como tecnología sustentable . Segundo Minisimposio Internacional Sobre Remoción de Contaminantes de Aguas y Suelos. Cd. Universitaria, U.N.A.M. 1995. pp. 106 - 109 .

Maroto Borrego J. V. . Horticultura Herbacia Especial. Edt. Mundi-Prensa. Madrid, 1992.

Moreno A. J., Colín C. A. , Shiba M. I. y León A. B. Remoción por irrigación de contaminantes en lodos residuales y su posible uso en la agricultura . Rev. Soc. Química., México , Vol.39 . No. 6 . 1995. pp. 415 - 422.

Peréz Sánchez H. y González Navarrete J. Evaluación nutrimental de tres alfalfares en el Valle de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, 1997.

Ramírez Gutiérrez José L. Evaluación de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en suelos cultivados con diferentes tipos de agua. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 1996.

Raymond Dick. Horticultura Práctica 1. Edt. Blume, Barcelona, 1985.

Reyes Sánchez L. B. Fisicoquímica de los Coloides . "Dinámica de Intercambio Catiónico de la Solución Edáfica". Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 1996.

Rojo M. G. E., López C. J. y Martínez R. R. Estudio del grado de contaminación por sustancias nocivas y tóxicas en aguas residuales con fines de riego agrícola en el Municipio de Teoloyucan, Edo. de México. Facultad de Estudios Superiores . Cuautitlán, Izcalli, Edo. de México, 1993.

Sarlı E. Antonio. Tratado de Horticultura. Edt. Hemisferio Sur. Argentina, 1980, pp. 183 - 187.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Informe Sobre el Estado del Medio Ambiente en México. 1986 .

Siebe Christina. Efecto del riego agrícola con aguas residuales sobre la fertilidad de los suelos en el Distrito de Riego 03, Hidalgo. Simposio Universitario de Edafología. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., 1995. pp. 128 - 129

Valadez López A. Producción de Hortalizas. Edt. UTEHA - Limusa. México, 1994.

Viniegra González G. Impacto de la biotecnología en la conservación del medio ambiente. Segundo Minisimposio Internacional Sobre Remoción de Contaminantes de Aguas y Suelos. Cd. Universitaria, U.N.A.M. 1995. pp. 5 - 11