

3  
Dej'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

"ENEP ZARAGOZA"

MODELOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR  
LA CAPACIDAD DE RETENCION DE BACTERIAS  
Y PARASITOS PATOGENOS EN SUELO AGRICOLA  
IRRIGADO CON AGUA RESIDUAL.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A :  
ZENON CASTILLO HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

1991



## **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 está 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

7.-	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
8.-	OBJETIVOS	36
9.-	HIPOTESIS	36
10.-	MATERIAL Y METODO	37
10.1.-	Material diverso	37
10.2.-	Material de vidrio	37
10.3.-	Equipo	37
10.4.-	Aparatos	37
10.5.-	Medios de cultivo	38
10.6.-	Reactivos	38
10.7.-	Soluciones	38
10.8.-	Colorantes	38
11.-	METODOLOGIA	39
11.1.-	Diseño y construcción del modelo	39
11.2.-	Conformación del experimento	44
11.3.-	Programa experimental de los modelos	45
12.-	DETERMINACIONES MICROBIOLOGICAS Y PARASITOLOGICAS	48
12.1.-	Análisis cualitativo de <u>Salmonella</u> y <u>Shigella</u> en aguas residuales.	48
12.2.-	Análisis cualitativo de <u>Salmonella</u> y <u>Shigella</u> en suelos	50
12.3.-	Análisis cualitativo de parásitos intestinales en aguas residuales	51
12.4.-	Análisis cualitativo de parásitos intestinales en suelo	53
	Diagramas de las técnicas empleadas.	54
	Tabla de pruebas bioquímicas	58

13.-	RESULTADOS	59
	Tablas de resultados	61
14.-	DISCUSION	70
14.1.-	Parámetros microbiológicos	70
14.2.-	En agua infiltrada	70
14.3.-	Análisis bacteriológico. Relación con coliformes totales	71
14.4.-	Análisis parasitológico	71
15.-	EN EL PERFIL ESTRATIFICADO	73
15.1.-	Análisis bacteriológico. Relación con coliformes totales	73
15.2.-	Análisis parasitológico	74
16.-	CONCLUSIONES	75
17.-	RECOMENDACIONES O PROPUESTAS	77
18.-	BIBLIOGRAFIA	79

## 1.- T I T U L O

Modelos experimentales para determinar la capacidad de retención de bacterias y parásitos patógenos en suelo agrícola -- irrigado con agua residual.

## 2.- INTRODUCCION

2.1.- ANTECEDENTES. El desarrollo de la humanidad está cada vez más determinado por sus necesidades de agua y energía, por lo que el hombre ha ideado diferentes sistemas de aprovechamiento de las aguas, tanto en su aspecto -- energético como en aplicaciones agrícolas.

Uno de los métodos prácticos de aprovechamiento es el de aplicarlas al terreno, que es una alternativa para el -- tratamiento y disposición del agua residual. (9)

La aplicación de aguas residuales al suelo data desde -- 1559 en Polonia y Alemania; posteriormente, extendiéndose por toda Europa. Sin embargo el número de granjas -- que utilizaban el agua residual declinó a principios del presente siglo debido a la urbanización y al costo en el transporte de aguas residuales. (9)

Actualmente el interés en utilizar el suelo como sistema de tratamiento es resultado del incremento en la contami nación de los cuerpos de aguas naturales (ríos, lagos, - lagunas, etc.), como consecuencia de la descarga de las aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas.(9)

En la aplicación de aguas residuales al suelo se encadenan por lo menos tres aspectos de interés para la especie humana y su ambiente;

- a) El estudio de las posibilidades de aplicación de -- ciertas formas de energía; por ejemplo, el uso de la materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales.
- b) La búsqueda de sistemas de tratamiento de aguas residuales que resulten de bajo costo y tecnología simple.
- c) El aprovechamiento del agua en usos tales como riego que permitan ahorrar aguas claras.

Al utilizar el suelo como sistema de tratamiento, se debe tratar el agua residual y simultáneamente proteger -- los mantos freáticos. Hay que tomar en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del agua residual, que son parámetros importantes a considerar en el diseño y operación de la infraestructura de tratamiento del agua residual, utilizando el suelo como sistema de -- tratamiento. Estas características varían ampliamente -- en los diferentes tipos de asentamientos (urbanos, rurales e industriales). (9)

2.2.- EL USO DE AGUAS RESIDUALES EN MEXICO. El uso de aguas-- residuales para el riego agrícola se ha practicado en -- México sobre todo, en zonas áridas donde existen proble-- mas por el abastecimiento de aguas entre los usos urba-- nos, industriales y agrícolas. (9)

El aprovechamiento más importante de agua residual para-- riego, se tiene en las zonas agrícolas de los Valles Mez-- tal y México, captando el agua residual generada en el - área metropolitana de la Ciudad de México. (9)

Las investigaciones en el país sobre evaluación en cali-- dad de agua residual y sus efectos sobre suelos, culti-- vos y salud pública son incipientes por lo que no se tie-- nen conclusiones determinantes, sin embargo, en las cuen-- cas del Valle de México y Valle del Mezquital donde se - ha regado con agua residual sin tratar desde casi 90 - - años, se han encontrado problemas de contaminación de -- aguas subterráneas y contaminación de cultivos por subs-- tancias tóxicas y bacterias, con los riesgos asociados - en la afectación de la salud pública. (10)

2.3.- **GEHELMINTIASIS.** La mayoría de las enfermedades parasitarias de este tipo se contraen por ingestión de alimentos o aguas contaminadas. Beber agua no tratada resulta particularmente riesgoso. Asimismo, dado que la mayoría de los parásitos intestinales sobreviven al congelamiento, el agua de hielo contaminada es igualmente peligrosa. El agua corriente caliente es relativamente inocua, ya que las formas infectivas de la mayoría de los parásitos intestinales son termosensibles. Las hortalizas crudas son relativamente inocuas si se pelan antes de comer, sin embargo, la lechuga es particularmente difícil de liberar de huevos y quistes infecciosos. (6)

El síntoma más común de infección parasitaria intestinal es la diarrea, que puede ser sanguinolenta y/o purulenta. Los retortijones abdominales pueden constituir un rasgo prominente de las enfermedades parasitarias en las que hay invasión de la mucosa ó pared intestinal por gusanos intestinales. Las infecciones intestinales por Ascaris lumbricoides pueden producir obstrucción del intestino delgado. (5)

2.4.- PROTOZOARIOS INTESTINALES. Existen tres grandes grupos de protozoarios intestinales:

a) Las amibas, b) Los flagelados y c) Los ciliados.

La tarea de aprender las características de estos protozoarios suelen ser un tanto menoscabada, ya que existen sólo 5 especies de amibas, 3 de flagelados y un ciliado que tiene significancia práctica.

De estos, sólo la Entamoeba histolytica y la Giardia lamblia son patógenos para el hombre, si bien en raras ocasiones el Balantidium coli puede causar enteritis primaria en huéspedes debilitados. (5)

a) AMIBAS. Las 5 especies de amibas de importancia clínica son:

Entamoeba histolytica,

Entamoeba coli,

Iodamoeba bütschlii,

Endolimax nana y

Dientamoeba fragilis.

Es esencial que todo laboratorista involucrado en el estudio e identificación de parásitos en muestras clínicas sea capaz de identificar la Entamoeba histolytica que es la amiba de mayor interés clínico.

Existen sólo dos criterios absolutos por los cuales puede efectuarse la identificación definitiva de Entamoeba histolytica, es decir;

- 1) Demostración de la movilidad unidireccional y con -- propósito definido de los Trofozoítos y
- 2) Demostración de la presencia de eritrocitos ingeridos dentro del citoplasma de los trofozoítos.

El número de núcleos en los quistes nunca es mayor de cuatro. (6)

La Entamoeba histolytica se presenta en la forma vegetativa (Trofozoíto), prequistica y quística. Vive en el intestino grueso del hombre, desde la válvula ileocecal hasta el recto, pudiendo diseminarse por vía sanguínea al hígado, pulmones, cerebro, etc.

Estadísticamente las localizaciones aparte de la intestinal son excepcionales. La acción patógena está condicionada a factores ecológicos (clima) y generales (nutrición y flora intestinal).

b) FLAGELADOS INTESTINALES. Como su nombre lo indica, todos los flagelados poseen flagelos que sirven como medio de locomoción. Otras estructuras son parte integral del órgano locomotor, a saber, el cinetoplasto, al cual están adosados los flagelos, y el axóstilo y los cuerpos parabasales, que cumplen una función neuromuscular. (6)

La Giardia lamblia, el Chilomastix mesnili y la Trichomonas hominis son las únicas especies de flagelados que -

se observan comunmente en muestras de heces. La Giardia lamblia es la única de las tres conocidas como causante de enfermedad y también se distingue por residir en el intestino delgado en lugar del intestino grueso.

Por ello para hacer un diagnóstico de giardiasis puede requerirse un drenaje duodenal si las muestras fecales resultan negativas. La Giardia posee sistría bilateral y el típico trofozoíto con dos núcleos, uno a cada lado del axóstilo central, con aspecto de "cara de mono" es fácil de reconocer. (6)

Las Giardiasis es una enfermedad ocasionada por alimentos contaminados o por las manos sucias. Aún para esta protozoosis tienen importancia las moscas y las cucarachas, la higiene es la mejor profilaxis. (14)

c) CILIADOS. El Balantidium coli es el único miembro de los ciliados conocido como infeccioso para el hombre. - Es bastante fácil de reconocer debido a su gran tamaño (100 micras ó más de diámetro), su membrana externa cubierta de cilios cortos y su gran macronúcleo reuniforme. Cuando se observe en fresco, el trofozoíto posee una movilidad rotatoria de tipo taladro. (5)

Este ciliado intestinal es común en los cerdos, a los cuales se les ha considerado como el principal agente transmisor para el hombre. La balantidiasis puede ser asintomática, pero si la parasitosis se hace crónica la sintomatología puede tomar carácter grave y aun hasta mortal. (14)

## 2.5.- NEMATODOS.

Las especies de nematodos que infectan al hombre incluyen Ascaris lumbricoides, Trichuris trichiura, Enterobius vermicularis, los anquilostomas y el Strongyloides stercoralis.

Los ciclos vitales de este grupo de helmintos varía considerablemente en complejidad. Estos nematodos no poseen un huésped intermediario en su ciclo vital; sin embargo, la mayoría requiere una fase fuera del huésped humano para evolucionar hacia una forma infectiva. El Enterobius vermicularis es una excepción, ya que los huevos embrionarios que se escretan evolucionan hacia el estadio infectivo en unas 6 horas, permitiendo la ocurrencia de un ciclo infectivo de ano a boca. (6)

En contraste, los huevos de las especies de Trichuris requieren 3 semanas o más para madurar al estadio infeccioso, de acuerdo con la temperatura, humedad y condiciones del suelo hacia donde son evacuados. Los huevos de Ascaris lumbricoides requieren un tiempo intermedio de desarrollo en el medio externo de 14 días como promedio.

Los huevos del Strongyloides stercoralis maduran generalmente antes de ser eliminados con heces, de modo que las formas de importancia diagnóstica halladas en las muestras fecales son las larvas rhabditiformes. (6)

### 3.- FAMILIA ENTEROBACTERIACEAE

La familia Enterobacteriaceae, se caracteriza por estar constituida por bacilos gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados. Son catalasa positiva y oxidasa negativa, son inmóviles o móviles por flagelos peritricos, — pueden ser capsulados o no. Reducen los nitratos a nitritos, utilizan la glucosa por vía fermentativa con formación de ácidos y gas. (6)

3-1.-- CLASIFICACION. Ningún grupo de microorganismos ha sufrido tantas modificaciones últimamente, en cuanto a ubicación y nomenclatura se refiere, como los bacilos entéricos, según la sistemática dada en la 8a. edición 1975 — del Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, que la divide en 12 géneros como se muestra en el cuadro 1.

CUADRO I	GENERO	ESPECIE
Género I	<u>Escherichia</u>	<u>Escherichia coli</u>
Género II	<u>Edwardsiella</u>	<u>Edwardsiella tarda</u>
Género III	<u>Citrobacter</u>	<u>Citrobacter freundii</u>
Género IV	<u>Salmonella</u>	<u>Salmonella Choleraesuis</u> <u>Salmonella typhi</u> <u>Salmonella enteritidis</u> (numerosos serotipos)
Género V	<u>Shigella</u>	<u>Shigella dysenteriae</u> <u>Shigella flexneri</u> <u>Shigella boydii</u> <u>Shigella sonnei</u>
Género VI	<u>Klebsiella</u>	<u>Klebsiella pneumonise</u> <u>Klebsiella ozaenae</u> <u>Klebsiella rhinoscleromatis</u>

CUADRO I	GENERO	ESPECIE
Género VII	<u>Enterobacter</u>	<u>Enterobacter cloacae</u> <u>Enterobacter aerogenes</u>
Género VIII	<u>Hafnia</u>	<u>Hafnia alvei</u>
Género IX	<u>Serratia</u>	<u>Serratia marcescens</u>
Género X	<u>Proteus</u>	<u>Proteus vulgaris</u> <u>Proteus morganii</u> <u>Proteus mirabilis</u> <u>Proteus rettgeri</u> <u>Proteus inconstans</u>
Género XI	<u>Yersinia</u>	<u>Yersinia pestis</u> <u>Yersinia pseudotuberculosis</u> <u>Yersinia enterocolitica</u>
Género XII	<u>Erwinia</u>	<u>Erwinia amylovora</u> <u>Erwinia salicis</u> <u>Erwinia tracheiphila</u>

Las enterobacterias constituyen un grupo muy importante dentro de la microbiología médica, ya que se incluyen -- varias especies que forman parte de la flora normal, -- así como patógenos tales como Escherichia coli, Shigella y Salmonella, cuando cualquiera de estas especies de esta familia infecta a otros órganos o en condiciones predisponentes de parte del individuo, dan lugar a "infecciones oportunistas". (6)

Las infecciones entéricas constituyen un serio problema de salud pública en la mayor parte de América Latina, en los grupos de menor edad, particularmente durante el primer año de vida.

3.2.-- FIEBRE TIFOIDEA. Es una afección generalizada aguda -- con invasión de los tejidos linfoides y caracterizada-- por fiebre de varias semanas de duración, manchas rosadas en la piel, toxemia, signos abdominales y esplenomegalia. Su agente causal es Salmonella typhi o bacilo de la tifoidea descrito por Eberth en 1880.

PATOGENIA. El bacilo tífico una vez que llega al intestino, por su ingestión con alimentos y bebidas contaminadas, penetra a través de sus paredes atacando el tejido linfoides de la submucosa, siendo las placas de Peyer las que reciben el mayor peso del ataque. El germen se multiplica y pasa a los ganglios mesentéricos, ganando por la circulación linfática el torrente circulatorio donde crea un estado bacteriémico. Gran parte de los bacilos son destruidos en la sangre y sus toxinas liberadas provocan síntomas de la enfermedad.

Otro número de bacterias se localizan en vesícula biliar, bazo, hígado y médula ósea. Desde el principio el organismo empieza a producir anticuerpos, los cuales actúan sobre el germen por acción bacteriolítica o por sensibilización, para rendirlo al mecanismo de defensa celular; desapareciendo los bacilos de la sangre para quedar confinados a la pared intestinal, y son eliminados por las heces desde las ulceradas placas de Peyer.

Modo y origen de la infección. El hombre es el reservorio, ya que la tifoidea no es una enfermedad natural de los animales, y son las heces de pacientes y portadores -- la fuente de infección. Los portadores pueden eliminar el germen por las heces o la orina, siendo la más común por las primeras. En el portador fecal, los bacilos tíficos se multiplican en la vesícula biliar saliendo al conducto intestinal con la bilis, y en el porta--

por urinario el bacilo se desarrolla en la pelvis renal y se excreta con la orina.

El período de incubación es de 7 a 21 días; el promedio de 14. Los alimentos y bebidas contaminadas por las excretas de pacientes y portadores sirven de vehículo de entrada del germen al organismo; entre estos tenemos en importancia el agua, especialmente en el medio rural; - las frutas y legumbres frescas, la leche y sus derivados, las ostras y diversos mariscos. Una vía de introducción distinta a la oral no causa infección.

Diagnóstico de Laboratorio. Se puede decir que desde la primera semana puede aislarse el bacilo tífico de la sangre en un 75% a 85% de los casos y que las probabilidades de un hemocultivo positivo disminuyen a partir de ese momento, siendo de un 50% en la tercera semana y un 10% en la cuarta. La presencia de aglutininas en la sangre es positiva en un 15% durante los días finales de la primera semana aumentando progresivamente hasta alcanzar un 90% o más en la tercera semana y permanece en nivel alto durante algunos meses. El cultivo del bacilo tífico de las heces empieza a ser positivo durante la primera semana llegando al máximo porcentaje, 50 a 80%, durante la tercera, luego va disminuyendo lentamente; por lo tanto, el diagnóstico de laboratorio de la tifoidea puede realizarse por:

- 1) Hemocultivo;
- 2) Reacción de aglutinación;
- 3) Coprocultivo y
- 4) Urocultivo.

La interpretación de la reacción de aglutinación o prueba de Widal se resume así: Un título positivo en personas no vacunadas que va en aumento hasta la tercera a cuarta semana indica infección. Si el paciente ha sido vacunado, un incremento del título de las aglutininas "H" no tiene valor, ya que aumenta por causas inespecíficas, en cambio una variación en el aumento del título de aglutininas "O", después de los seis meses de la vacunación, se considera como sugestivo de infección activa, ya que ésta solo reaparece por un estímulo específico. En general, las pruebas en personas que nunca han tenido historia de tifoidea ni han sido vacunadas y muestran un título de 1/80 de aglutininas "O" se toman como positivas de infección. Las medidas de control estarán dirigidas al aislamiento del enfermo y a la desinfección y esterilización de las excreciones y objetos que tuvieron contacto con él. Debe colocarse al paciente en cuarto que sea a prueba de las moscas. Las medidas preventivas generales recomiendan la purificación y cloración del agua destinada al consumo, sistema de drenaje adecuado, pasteurización de la leche, control sanitario en el manejo y preparación de alimentos, destrucción de las moscas, identificación de los portadores. La vacuna actualmente en uso es la triple - - - (T.A.B.). Para el tratamiento se recomienda el cloranfenicol como medicamento de elección o tetraciclina por vía oral.

3.3.- SHIGELOSIS O DESINTERIA BACILAR. La enfermedad en el hombre es una afección intestinal caracterizada por evacuaciones diarreicas profusas mucosanguinolentas con pus, acompañadas de dolores abdominales y tenesmo. Estos síntomas también pueden ser ocasionados por un protozoo, Entamoeba histolytica (disentería amibiana), y -

según algunos también puede ser de origen virósico. La disentería por Sh. dysenterias es la mas grave debido a la toxina por ella producida, la cual actúa no solo en el aparato intestinal, sino también en el sistema nervioso. La enfermedad es común y ocurre en individuos de todas las edades, siendo su acción mayor en niños menores de 2 años. El proceso patológico corresponde a una inflamación de mucosa del intestino grueso, ulceración superficial, necrosis, hemorragias y formación de un exudado fibrinoso rico en neutrófilos en las zonas lesionadas.

Modo y origen de la infección. El reservorio es el hombre enfermo, el portador convalesciente, el portador sano y la fuente de infección las heces que contaminan los alimentos, bebidas u objetos. El germen entra en la boca con la ingestión de agua, leche, alimentos y objetos contaminados por las manos, excreciones. Las moscas constituyen un importante factor mecánico de difusión. El período de incubación suele ser de 24 a 48 horas, y puede durar hasta 7 días.

Diagnóstico de laboratorio. El diagnóstico clínico se confirma por el aislamiento del germen de las heces o material tomado con hisopo directamente de la mucosa rectal, solo en los primeros cinco días de la enfermedad.

Se siembra el moco de las heces en medios selectivos como agar S S y agar citrato-desoxicolato. Las colonias aisladas se someten a identificación con sueros monoespecíficos.

Las medidas de control a seguir con las personas afectadas serán las siguientes: Sus ropas y excreciones deben ser, rigurosamente desinfectadas. Como medidas generales se recomienda la protección y tratamiento del agua de consumo, pasteurización o ebullición de la leche, -- preparación higiénica de los alimentos, control de las moscas por telas metálicas. En el tratamiento de la enfermedad, así como de los portadores la ampicilina, el cloranfenicol y las tetraciclinas ha probado ser de gran valor.

#### 4.- MOVIMIENTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL SUELO.

##### 4.1.- CONTAMINANTES BACTERIOLÓGICOS Y OTROS MICROORGANISMOS. -

La mayoría de los factores limitantes en el transporte de bacterias, huevos de parásitos intestinales y quistes de protozoarios a través del perfil del suelo son: Sedimentación, adsorción y tamizado. La remoción de bacterias, huevos y quistes del agua residual a través del suelo hacia una determinada profundidad, es inversamente -- proporcional al tamaño de las partículas del suelo. (11)

Las tasas de infiltración del agua residual en el suelo influyen en la eficiencia de remoción de las bacterias, por lo que a tasas de infiltración lenta se favorece la retención en el suelo. Asimismo, la remoción de bacterias del líquido infiltrado a través del suelo se efectúa por el mecanismo de la percolación en la superficie del suelo y por adsorción en las partículas del mismo. (11)

##### 4.2.- FACTORES QUE AFECTAN LA SOBREVIVENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN EL SUELO. Los factores más importantes que afectan la sobrevivencia de los microorganismos en el suelo son de tipo físico y climatológico, aunque también se incluyen los químicos y biológicos.

Físicos

Contenido de humedad, temperatura, incidencia de la luz solar, capacidad de retención de humedad

y

Climatológicos

p<sup>H</sup>

Químicos

Contenido de materia orgánica.

Biológicos

Microflora antagónica del suelo.

Fauna autóctona del suelo.

En términos generales, de 2 a 3 meses son suficientes para que el número de patógenos en el agua residual no tratada decline hacia niveles poco significativos en el suelo después de su aplicación. En el suelo la sobrevivencia de parásitos, quistes y bacterias, está influenciada por los factores arriba mencionados. Sin embargo, de todos los parásitos, los huevos de Ascaris son más reacios a los tratamientos y a condiciones adversas. (11)

4.3.- FACTORES FISICOS Y CLIMATOLOGICOS. La sobrevivencia de bacterias en el suelo se ve favorecida por temperaturas frías y las condiciones extremas de acidez o alcalinidad (PH mayor a 8.0) afectan adversamente a la mayoría de las bacterias, en cambio el PH de 7 favorece el crecimiento de las mismas. (11)

La tasa de sobrevivencia está asociada con las fluctuaciones en humedad y temperatura.

Estudios recientes demuestran que Salmonella Typhi se puede recuperar de suelos fangosos por períodos hasta de 85 días, mientras que en suelos arenosos secos sobreviven únicamente de 4-7 días, adicionalmente puede sobrevivir por largos períodos de tiempo. (11)

La luz solar no merece confianza como bactericida, a menos que actúe al aire libre, en un día claro, y aún así sólo destruirá los germenos directamente expuestos a la

misma, es decir, sobre bacterias y parásitos que se encuentran en la parte más superficial del suelo agrícola y pueden ser destruidos por los rayos del sol, acompañando a éste fenómeno un proceso de evaporación y por consiguiente una desecación. (11)

Las bacterias y parásitos patógenos son muy exigentes en cuanto al PH, ya que por ejemplo, Shigella sp. crece a PH alcalino y no soporta PH ácido, en general los microorganismos patógenos requieren de PH de 6.5 a 7.0 (11)

La evaporación es un factor muy importante, ya que está en función de la pérdida de agua; los parásitos en forma de quistes o huevecillos como Entamoeba histolytica y -- Ascaris lumbricoides, respectivamente, pueden sobrevivir hasta períodos de 1 semana a 1 mes en estado latente; -- sin embargo, al aumentar el tiempo comienza a deteriorarse (destruirse) y por lo tanto, muere su forma de resistencia. (11)

4.4.-- FACTORES QUÍMICOS. El número de bacterias está asociado con el contenido de materia orgánica en el suelo. Las bacterias son heterótrofas, por lo que pueden utilizar los nutrientes orgánicos presentes en el suelo y la materia orgánica adicionada con las aguas residuales, como fuentes de carbono. Shigella y Salmonella son capaces de utilizar de manera limitada los materiales carbonáceos del suelo, pero no son capaces de competir con la fauna y la flora autóctona del mismo.

Hay poca información disponible sobre la sobrevivencia de helmintos y protozoarios en el suelo. Los huevos de helmintos pueden aparecer en lodos, desechos y aguas residuales y aún después de que se aplicó tratamiento de desecho.

4.5.- FACTORES BIOLÓGICOS. Los huevecillos de Ascaris lumbricoides pueden sobrevivir hasta por 7 años en el suelo. La sobrevivencia y persistencia de protozoarios - en las aguas residuales y en el suelo se atribuyen generalmente a su habilidad para formar quistes (estado con metabolismo inactivo que puede sobrevivir en condiciones extremas, tales como: temperaturas bajas, PH al revés, bajas concentraciones de oxígeno). Los quistes de protozoarios en el suelo, son altamente sensibles a la desecación. Rudolfs, (1951), registró tiempos de sobrevivencia de 18-24 horas en suelo seco y de 42-72 horas en suelo húmedo.

## 5.- RIESGOS A LA SALUD.

5.1.- MANEJO DE AGUAS RESIDUALES. El uso del agua residual, sin un control adecuado, puede causar efectos severos sobre el ambiente y la salud humana. Los habitantes de las zonas cercanas a las tierras de cultivo y los agricultores son los más expuestos ya sea por un contacto accidental con el agua residual o por el consumo de los cultivos irrigados. (9)

Cuando se presentan enfermedades gastrointestinales bacterianas los agentes etiológicos son expulsados en las heces en grandes cantidades diseminándose a través de las aguas de abastecimiento público. El riesgo de infección por Salmonella y Shigella es probablemente, mayor que por otras bacterias, ya que éstas son las patógenas más abundantes en aguas residuales; estas bacterias mantienen su viabilidad en aguas residuales y se han registrado densidades de 5,000 org/l en aguas crudas. En áreas donde la disposición de heces no se practica en forma sanitaria, las enfermedades comunes causadas por estos microorganismos son: fiebre tifoidea, disentería, hepatitis, poliomielitis, amibiasis, entre otras. (1)

Los patógenos en el agua y aguas residuales son relativamente pocos en número y difíciles de aislar. Finalmente los riesgos a la salud asociados con el uso de aguas residuales en la agricultura, pueden ser minimizados, si se conoce la composición biológica de estas aguas, así como el comportamiento de esos organismos en el suelo. (9)

5.2.-- CONSUMO DE PRODUCTOS AGRICOLAS. Algunos microorganismos que se depositan en los cultivos muestran tiempos de sobrevivencia de 3 días en el caso de Enterococcus histolytica y hasta 3 meses para Shigella. (13)

Debido a la desecación y exposición a la luz solar, los huevos de helmintos depositados sobre la superficie de las plantas mueren rápidamente. No obstante, se ha encontrado que los huevos de Ascaris rociados sobre cultivos de tomates y lechugas son completamente degradados después de un período de 27 a 35 días. (3)

Algunos quistes y huevos de parásitos han mostrado una persistencia en el suelo por períodos que exceden los 3 años, por lo que no deben ser utilizados para cultivo de alimentos los suelos tratados con agua residual hasta después de un período de 3 años. (3)

## 6.- FUNDAMENTACION.

El uso de aguas de desecho para riego agrícola es debido a la escasez de agua en muchas partes del mundo; en algunos países está regulada su aplicación para evitar riesgos a la salud, - sin embargo, la formulación de criterios microbiológicos para la evaluación de su uso potencial es debido a la carencia de datos sobre la diseminación y sobrevivencia de microorganismos a partir de la irrigación con agua contaminada. (9)

Las necesidades de agua y energía en el desarrollo de la humanidad ha hecho que las aguas residuales sean utilizadas como sistemas de tratamiento desde 1559 en Polonia y Alemania, posteriormente, extendiéndose por toda Europa, sin embargo, el número de granjas que utilizaban residuos disminuye a principios del presente siglo, debido principalmente a la urbanización y al costo en el transporte de aguas residuales (Iskander, et al. 1980). (9)

El principal interés en utilizar el suelo como sistema de tratamiento se debe al incremento en la contaminación de los cuerpos de aguas naturales (ríos, lagos, lagunas, etc.) como consecuencia de la descarga de las aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas. (5)

Entre los motivos que impulsan a utilizar aguas residuales en el riego de terrenos se mencionan: el uso de los nutrientes que contiene el agua residual; el tratamiento del agua residual con alta remoción de contaminantes antes de su descarga a los cuerpos receptores; la posibilidad de proveer de agua a regiones áridas y semiáridas. (5)

Los sistemas más utilizados de tratamientos de aguas residuales por aplicación al terreno son: infiltración lenta (irrigación), infiltración rápida y flujo superficial. Sin embargo, las restricciones que tiene la técnica de utilizar el suelo como sistema de tratamiento son las limitaciones sobre la disponibilidad de la información técnica y efectos a la salud; el suelo utilizado puede que no sea el adecuado para la remoción de elementos contaminantes; recirculación de compuestos tóxicos y de microorganismos patógenos contenidos en el agua residual; riesgos de contaminación de aguas subterráneas. (5)

En relación con las características biológicas, las aguas residuales pueden contener patógenos de origen fecal, entre los que se incluyen, bacterias, virus, protozoarios y helmintos parásitos. En áreas donde la disposición de heces no se practica en forma sanitaria, las enfermedades comúnmente causadas por estos microorganismos son: fiebre tifoidea, disentería, hepatitis, poliomielitis, amibiasis, entre otros. (1)

Lo cual representa un riesgo potencial a la salud pública pudiéndose minimizar si se conoce la composición biológica de estas aguas, así como el comportamiento de esos organismos en el suelo. Los patógenos en el agua y aguas residuales son relativamente pocos en número y difíciles de aislar. (11)

Además de algunas características que ya se han mencionado anteriormente, la microbiología del suelo está en función de sus constituyentes, tales como, partículas minerales, residuos orgánicos, agua, gases y el sistema biológico.

Las partículas minerales que predominan en la mayoría de los

suelos están formados de Sílice, Aluminio y Hierro; otros minerales en menor proporción, como Calcio, Magnesio, Potasio, Titanio, Manganeso, Sodio, Nitrógeno, Fósforo y Azufre; estos constituyentes minerales varían de tamaño desde pequeñas partículas de arcilla, hasta grandes guijarros y piedras. (11)

Todo lo anterior, le da las características de textura y estructura, así como la capacidad amortiguadora y de retención del agua. El sistema biológico del suelo es muy diverso, ya que le proporciona un habitat adecuado para el crecimiento y desarrollo de muchos microorganismos. (11)

Generalmente 2 ó 3 meses, son suficientes para que el número de patógenos en aguas residuales no tratadas declinen hacia niveles poco significativos en suelos después de su aplicación. Shigella y Salmonella son capaces de utilizar de manera limitada materiales carbónicos del suelo, pero no son capaces de competir con la fauna y flora autóctona del mismo -- (11).

Sobre la sobrevivencia de helmintos y protozoarios en el suelo hay poca información disponible, sin embargo, los huevos de helmintos pueden aparecer en lodos, desechos y aguas residuales y aún después de que se aplicó tratamiento al desecho. (4 y 7)

Los huevos de Ascaris lumbricoides pueden sobrevivir hasta por 7 años en el suelo. La sobrevivencia y persistencia de protozoarios en las aguas residuales y en el suelo se atribuyen generalmente a su habilidad para formar quistes (estado con metabolismo inactivo que puede sobrevivir en condiciones extremas, tales como: Temperatura baja, PH adverso, bajas concentraciones de oxígeno). (4)

Los quistes de protozoarios en el suelo, son altamente sensibles a la desecación. Rüdolfs (1951), registró tiempos de sobrevivencia de 18-24 horas en suelos secos y de 42-72 horas en suelos húmedos. Los factores limitantes en el transporte de bacterias, huevos de parásitos intestinales y quistes de protozoarios a través del perfil del suelo son: sedimentación, adsorción y tarizado. La remoción de bacterias, huevos y quistes del agua residual a través del suelo hacia una determinada profundidad, es inversamente proporcional al tamaño de las partículas del suelo (3,7,11)

Las tasas de infiltración del agua residual en el suelo influye en la eficiencia de remoción de las bacterias: las tasas de retención lenta favorecen la retención en suelos.

La tasa de flujo es dependiente de la textura y estructura del suelo, del tipo de arenas presentes y del tipo de nutrientes suministrados por el agua residual hacia la microflora del suelo. (11)

## 7.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de agua residual, sin un control adecuado, puede causar efectos severos sobre el ambiente y la salud humana.

Los mayores riesgos se presentan cuando el agua residual se trata para reuso, en áreas domésticas incluyendo el agua para beber o para la preparación de alimentos, porque los sistemas de tratamiento no son adecuados o no operan eficientemente.

El uso del agua residual en la agricultura puede afectar la estructura y permeabilidad del suelo.

Recientemente, la mayoría de las regulaciones de salud pública han sido concentradas primeramente con bacterias, virus, protozoarios y huevos de helmintos parásitos que pueden estar presentes en los efluentes.

El inadecuado control en el uso del agua residual para la irrigación de ciertos cultivos, puede ocasionar riesgos a la salud de los agricultores y de los habitantes de las zonas cercanas a las tierras de cultivo; éste incluye no sólo el consumo de los cultivos irrigados sino también la posibilidad de contacto accidental con el agua residual.

Las enfermedades gastrointestinales producidas por bacterias como Salmonella y Shigella es probablemente mayor que por otras bacterias, ya que estas son las patógenas más conocidas en aguas residuales; estas bacterias mantienen su visibilidad en aguas residuales y se han registrado densidades de 5,000 org/l en aguas crudas. La diseminación de --

agentes patógenos, básicamente de parásitos en suelo y en --  
alimentos irrigados es mayor debido a que tienen condiciones  
más favorables por lo que es de gran valor considerar la ca-  
pacidad de retención de estos microorganismos provenientes -  
de las aguas residuales, por lo tanto se hace necesario eva-  
luar el uso del agua residual en la agricultura, y evaluar -  
la capacidad de retención de bacterias y parásitos patógenos  
por el suelo.

## 8.- OBJETIVOS

- 1.- Determinar el grado de retención de bacterias enteropatógenas en modelos experimentales con condiciones controlables de riego.
- 2.- Determinar el grado de retención de parásitos patógenos en modelos experimentales con condiciones controlables de riego.
- 3.- Proponer un modelo experimental para evaluar la efectividad del suelo de tierras cultivables para eliminar microorganismos patógenos de agua residual.
- 4.- Determinar el grado potencial de contaminación de verduras y hortalizas irrigadas con agua residual.

## 9.- HIPOTESIS

Si la capacidad de retención de bacterias y parásitos patógenos por el suelo de tierras cultivables irrigadas con aguas residuales es alta bajo condiciones de lámina mínima en estratos intermedios entonces el suelo tiene capacidad de tratamiento.

## 10.- MATERIAL Y METODO

### 10.1.- MATERIAL DIVERSO:

- Asa bacteriológica
- Algodón
- Gasa
- Mecheros
- Papel filtro millipore

### 10.2.- MATERIAL DE VIDRIO

- Cubreobjetos
- Frascos de vidrio (gerber)
- Matraces erlenmeyer
- Matraces kitazato
- Pipetas graduadas
- Porta objetos
- Tubos de ensaye

### 10.3.- EQUIPO

- Equipo de filtración (millipore)

### 10.4.- APARATOS

- Autoclave
- Balanza analítica
- Balanza granataria
- Centrífuga
- Microscopio óptico

#### 10.5.- MEDIOS DE CULTIVO

- Agar citrato de Simmons
- Agar Lia (Agar Hierro Lisina)
- Agar Sim (Agar Azufre, Indol, Movilidad)
- Agar Sulfito de Bismuto
- Agar TSI (Triple azúcar hierro)
- Agar SS (Salmonella, Shigella)
- Agar verde brillante
- Caldo lactosado
- Caldo selenito
- Caldo tetratiónato
- Caldo urea

#### 10.6.- REACTIVOS

- Iodo metálico
- Sulfato de zinc heptahidratado
- Tierra de diatomeas
- Yoduro de potasio

#### 10.7.- SOLUCIONES

- Solución de lugol parasitológico
- Solución de sulfato de zinc con densidad de 1.180 g/ml
- Solución de tierra de diatomeas.

#### 10.8.- COLORANTES

- Rojo de fenol

## 11.- METODOLOGIA

11.1.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MODELO. El modelo piloto - que se construyó para este estudio se encuentra en - la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria.

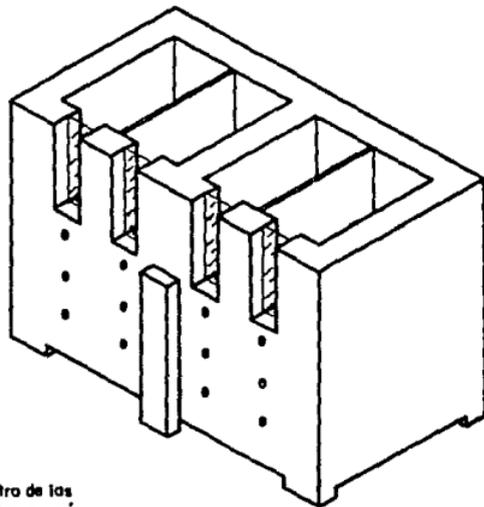
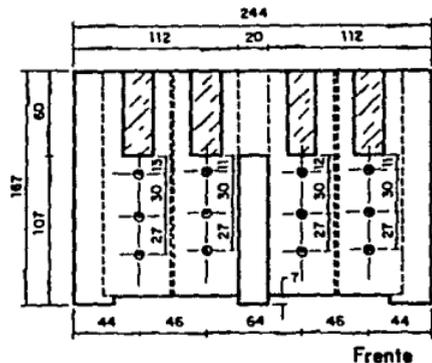
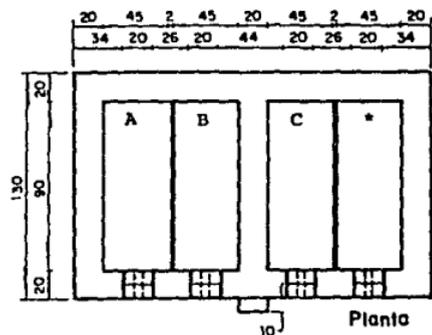
El modelo constó de tres cámaras de simulación de la filtración del agua residual, cuyas dimensiones se - aprecian en la fig. 11.1, y la nomenclatura utilizada a lo largo del experimento en la fig. 11.2, lo -- que permitió conocer la capacidad del terreno con -- respecto a los parámetros analizados, utilizando como influente la misma agua residual que alimenta la planta de tratamiento. A continuación se describe el modelo y cada parte que lo integró:

- a) Influyente. Como se mencionó anteriormente se usó el agua residual, procedente del desarenador que alimenta una de las líneas de la planta de tratamiento; con este fin se efectuó una derivación de la tubería que alimenta el biodisco.
- b) Tanque de almacenamiento. El tanque, construido con fibra de vidrio y con capacidad de 1,100 litros, se colocó de tal manera que gracias al desnivel del terreno se llenara sin necesidad de bombeo. Su función fue principalmente como regulador del influente, ya que dicho tanque permitió que se conozca su composición, y los parámetros que lo caracterizan (nitrógeno, fósforo, oxígeno biológico disuelto, etc.) se medirán en el tanque

cada vez que, por haberse agotado la capacidad del mismo se vuelve a llenar con agua residual.

- c) Bomba de alimentación . Bomba de 1/2 caballo de - poder (HP) que alimenta del tanque dosificador de almacenamiento a un tanque que se conecta con el - modelo.
- d) Tanque dosificador. Tuvo como finalidad mantener una carga hidráulica constante de alimentación a las cámaras del modelo. Tuvo una capacidad de - - 200 litros y constó de salida en el fondo que se encargó de suministrar el influente. Estuvo colocado sobre un soporte de 1.90 m. del nivel del piso.
- e) Tubería. Toda la tubería que se usó tanto en la - alimentación y en la toma de muestras, fué de material de PVC, y en algunas partes donde se requiere flexibilidad se usó manguera.
- f) Base de soporte del tanque dosificador. La estructura que compone la base del tanque, es de tubo de hierro galvanizado de 1 pulgada de diámetro, soldado entre sí para darle rigidez.
- g) Modelo. El modelo se construyó de material de - - construcción (tabique, varillas, cemento, etc.), - reforzándolo en los lados y esquinas con castillos y cadena de alambón.
- h) Varillas. Para poder apreciar las tasas de infiltración del influente, se optó por poner unas mirillas de vidrio de 0.3 X 0.5 m., empotradas a la mitad de una de las partes.

- 1) Chafalón o desnivel. El fondo de las 4 cámaras -- presentó una pendiente de 15% hacia el centro, cuya función fué permitir un mejor o mayor escurrimiento de agua hacia la salida de cada cámara.
- j) Rejilla. Para evitar que el material usado pueda llegar a tapar la salida de cada cámara, se dispuso en cada una de ellas una rejilla de acero inoxidable de 1½ pulgadas de diámetro, con perforación de 1/16 pulgadas.
- k) Soporte. Se utilizó a la base de cada cámara, una capa de tezontle en forma de grava, con la finalidad de soportar el empaque del modelo y de evitar el escurrimiento del suelo con el efluente; además, se simuló las condiciones naturales del suelo.
- l) Empaque. El empaque escogido para el modelo se -- dispuso en él, respetando la disposición natural -- de las capas del suelo de donde se trajo. Se colocaron 3 capas de aproximadamente 30 cm. cada una.
- m) Toma de muestra. Para la toma de muestra del -- efluente se colocaron válvulas de globo de 1/2" de diámetro en PVC (para evitar algún tipo de contaminación). Los muestreos en agua y suelo de los parámetros bacteriológicos y parasitológicos se les hizo a los 3 niveles de 30-60 y 90 cm. mediante perforaciones en el perfil horizontal de cada modelo.
- n) Efluente al cárcamo de desecho. Para controlar la salida del efluente, se colocaron válvulas de -- 1/2" de diámetro, las válvulas se dejaron abiertas



Nota:

El diámetro de las perforaciones será en todos los casos de 5 cm

Acatones, en cm  
Esc: 1:33 1/3

Las diferencias en la ubicación de las perforaciones de muestreo depende del diferente nivel de la tierra en cada cámara

\* Esta cámara permaneció vacía durante la presente experimentación

FIG II.1

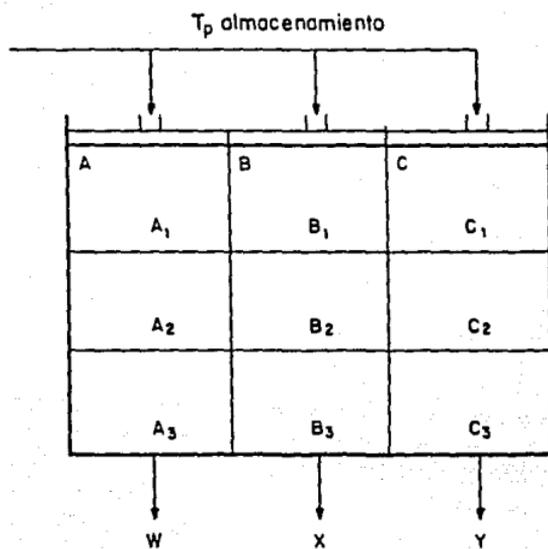


Fig 17.2. Nomenclatura utilizada en los modelos

con excepción de cuando se tuvo que tomar muestra, se cerraron y se tomó la muestra.

5) Régimen de riego y lámina aplicada. Para el modelo A el régimen de riego se realizó quincenalmente, aplicando una lámina de agua residual de 10-cm. de altura. El modelo B, inicialmente operó con el mismo régimen de riego, aplicando una lámina de 20 cm. de altura; sin embargo, a partir del tercer riego se aplicó en forma mensual.

El modelo C se inició junto con el del modelo A, aplicando una lámina de 20 cm. cada tercer día -- manteniendo saturado el suelo de agua.

11.2.- CONFORMACION DEL EXPERIMENTO. Las tres cámaras del modelo experimental se conformaron de acuerdo a la siguiente metodología. La tierra se colectó en campo, dividiendo el perfil en estratos de 30, 60 y 90-cm. cada uno de los estratos se encostaló y transportó a los modelos experimentales. Después de la capa de tezontle, el primer estrato colocado fué el de -- 90 cm. en cada una de las cámaras, posteriormente se aplicó agua de la red de abastecimiento con el fin de compactar el estrato y lavar el suelo. Este procedimiento se siguió en cada uno de los estratos correspondientes de 60 y 30 cm. en cada cámara. Después de conformados los modelos se llevaron a cabo pruebas de infiltración, se determinaron las condiciones iniciales y se dió inicio al programa experimental establecido.

11.3.-- PROGRAMA EXPERIMENTAL DE LOS MODELOS.-El trabajo experimental de este estudio consistió en la determinación de parámetros parasitológicos y microbiológicos en el agua residual aplicada y en el suelo que conforma a los modelos.

Los 3 modelos fueron operados bajo condiciones controladas de lámina y frecuencia de riego. Es importante señalar que a fin de tener un influente homogéneo común a los tres modelos, se empleó un tanque de almacenamiento donde se captó el agua residual para ser inmediatamente distribuida a los modelos. Al inicio de la experimentación, los riegos se aplicaron quincenalmente en los tres modelos y a partir del tercer riego se aplicó en forma mensual al modelo B, esta modificación se llevó a cabo por solicitud y acuerdo con los patrocinadores de la SARH.

El control del suelo se llevó a cabo, mediante el muestreo antes y después de cada riego. Así como análisis completos de los estratos de las condiciones iniciales, intermedias y finales de la experimentación. Los muestreos se efectuaron en forma manual y los riegos se realizaron de 9:00 a 11:00 a.m. en todos los casos. Los puntos de muestreo definidos en los tres modelos son; para agua residual:

Tanque de almacenamiento (influente), común a los tres modelos.

Salida de cada modelo (efluentes)

Para suelo:

De 0 a 30 cm. de profundidad,

De 30 a 60 cm. de profundidad,

De 60 a 90 cm. de profundidad.

Dichos puntos se construyeron en cada uno de los mode los consistiendo en perforaciones, con tapón roscado-removible.

En la tabla 11.3 se presenta los programas de mues- -  
treo de las pruebas parasitológicas y microbiológicas realizadas durante el período de experimentación en -  
los tres modelos. Cabe mencionar que se ilustra has-  
ta el segundo riego, pero se continúan los análisis -  
de suelo correspondientes a después y antes del rie--  
go.

TABLA I. PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS BACTERIOLOGICO Y PARASITOLOGICO

CONDICIONES	18 MUESTRAS	9 muestras para SALMONELLA y SHIGELLA	Toma de muestra Homogenizar Enriquecer Aislar Identificar Confirmar	2 SEMANAS
1er. RIEGO ANALISIS DE AGUA	8 MUESTRAS 1 tanque distribuidor 3 efluentes	4 muestras para SALMONELLA y SHIGELLA  4 muestras para E. HISTOLYTICA y NEMATODOS	Toma de muestra Filtrar Enriquecer Aislar Identificar Confirmar  Toma de muestra Centrifugar Concentrar Observar Contar	2 SEMANAS
ANALISIS DE SUELO	24 MUESTRAS	12 muestras para SALMONELLA y SHIGELLA  12 muestras para E. HISTOLYTICA y NEMATODOS	Toma de muestra Homogenizar Enriquecer Aislar Identificar Confirmar  Toma de muestra Disolver Filtrar Centrifugar Observar Contar	2 SEMANAS
ANALISIS DE SUELO ANTES DEL SIGUIENTE RIEGO	18 MUESTRAS	9 muestras para SALMONELLA y SHIGELLA  9 muestras para E. HISTOLYTICA y NEMATODOS	Toma de muestra Homogenizar Enriquecer Aislar Identificar Confirmar  Toma de muestra Disolver Filtrar Centrifugar Observar Contar	2 SEMANAS
2do. RIEGO ANALISIS DE AGUA	8 MUESTRAS	4 muestras para SALMONELLA y SHIGELLA  4 muestras para E. HISTOLYTICA y NEMATODOS	Toma de muestra Filtrar Enriquecer Aislar Identificar Confirmar  Toma de muestra Centrifuga Concentrar Observar Contar	2 SEMANAS

12.- DETERMINACIONES MICROBIOLOGICAS Y  
PARASITOLOGICAS.

EN AGUA RESIDUAL.

BACTERIAS	Filtración en tierra de diatomeas.
PARASITOS	Flotación de Ritche y - Faust modificada.

EN SUELO.

BACTERIAS	Extracto de suelo, aislamiento y pruebas bioquímicas.
PARASITOS	Flotación de Ritche y - Faust modificada.

Ya que en la literatura se manejan técnicas generales para bacterias y parásitos, a continuación se detallan las técnicas utilizadas en este estudio y los diagramas de flujo de cada una de las técnicas utilizadas.

12.1.- ANALISIS CUALITATIVO DE SALMONELLA Y SHIGELLA. EN AGUAS RESIDUALES. El análisis cualitativo de bacterias patógenas implica proporcionarles las condiciones óptimas para su desarrollo en el laboratorio; dado que estas bacterias son menos resistentes a las -

condiciones ambientales que las bacterias no patógenas, suelen presentarse en cantidades menos que en las últimas, de ahí que el primer paso para su aislamiento sea un procedimiento de concentración, que puede ser por hisopo de Moore, por filtro de membrana o por filtro de tierra de diatomeas. En el caso del agua residual el procedimiento indicado es por filtración en tierra de diatomeas, ya que se pueden filtrar volúmenes grandes de muestra y se reduce la interferencia por la turbiedad del agua.

La técnica empleada para el aislamiento es la siguiente:

En aguas residuales, se filtró un litro de agua sobre un filtro de tierra de diatomeas, después se dividió el filtro a la mitad con pinzas y tijeras estériles; una mitad se enriqueció en 20 ml. de caldo Selenito; se incubó a 37°C durante 18-24 horas, y la otra mitad en 20 ml. de caldo Tetracionato.

- Se tomó una asada de caldo tetracionato y se sembró por agotamiento (se depositó el inóculo inicialmente en forma masiva, posteriormente se estrió en forma cruzada quemando el asa bacteriológica cada vez que se estrió, por lo cual se disminuyó el inóculo y se obtuvo un mejor aislamiento de colonias). Se siembra en tres medios de aislamiento: Agar verde brillante, Agar SS y Agar Sulfito de bismuto.
- Se incubaron todas las placas, boca abajo, a 37°C durante 24 horas.
- Se tomó una asada de caldo selenito y se siguió el procedimiento de siembra por agotamiento.

- A las colonias presuntivas de Salmonella y Shigella, se les efectuó las siguientes pruebas bioquímicas para identificarlas:

1a. Serie: Caldo urea.

2a. Serie: Los cultivos negativos de caldo urea.

Estas series corresponden presumiblemente a bacterias patógenas, y se continúan con:

- Medio LIA: Descarboxilación de la Lisina.
- Medio SIM: Indol, movilidad y producción de  $H_2S$
- Agar Citrato de Simmons: Utilización de Citrato como fuente de carbono.
- Agar TSI: Fermentación de azúcares,  $H_2S$
- Caldo Lactosado: Fermentación.

Al comparar las pruebas bioquímicas obtenidas con tablas estándares (12.5)

Aquellas cepas que dieron el código bioquímico para Salmonella y Shigella se consideraron positivas.

Los resultados se reportaron como positivos y negativos.

## 12.2.- ANÁLISIS CUALITATIVO DE SALMONELLA Y SHIGELLA.

### EN SUELOS:

- Se partió de una muestra homogénea de 10 g de suelo de los diferentes modelos de experimentación; se suspendieron y homogenizaron en 90 ml de caldo tetraciónato y se incubaron a 37° por 24 horas.

- Se tomó una asada y se sembró por agotamiento en forma de estría en tres medios de aislamiento selectivos: Agar verde brillante, Agar SS, Agar sulfito de bismuto, se incubaron a 37°C por 24 horas.
- A las colonias presuntivas de Salmonella y Shigella, se les efectuó las siguientes pruebas bioquímicas para la identificación:
  - 1a. Serie: Caldo Urea.
  - 2a. Serie: Medio LIA: Descarboxilación de la Lisina-  
Medio SIM: Indol, movilidad y producción de H<sub>2</sub>S
  - Agar Citrato de Simmons: Utilización del citrato como fuente de carbono.
  - Caldo Lactosado: Fermentación.

Los resultados se reportaron como positivos o negativos. En las figuras 12.1 y 12.2, se presentan los diagramas de las técnicas anteriores citadas. Al comparar las pruebas bioquímicas obtenidas, con las tablas estándares 12.5, aquellas cepas que dieron el código bioquímico para Salmonella y Shigella se consideraron positivos.

### 12.3.- ANÁLISIS CUALITATIVO DE PARASITOS INTESTINALES.

EN AGUAS RESIDUALES. Para el análisis de parásitos, existen innumerables técnicas parasitológicas en la literatura y la selección de alguna en especial, depende del tipo de muestra a analizar. En este caso se optó por una de las más generalizadas y empleadas en los laboratorios, denominada técnica de flotación de Ritchie y Faust modificada, en la cual se obtienen resultados confiables para la-

cuantificación de quistes de protozoarios y huevos de helminthos (Método Estándar, 1985 Environmental Canada)-dicha técnica consiste en:

- Se empleó 1000 ml. de muestra preservada con alcohol polivinílico al 1%, se centrifugó en una serie de tubos de ensayo a 1,500 RPM por un minuto.
- Se tiró el sobrenadante de los tubos y se juntó los sedimentos en una serie de 5 tubos, a los cuales se les agregó sulfato de Zinc con densidad de 1,180 g/ml, resuspendiendo el sedimento.
- Centrifugar los tubos a 1,500 RPM por un minuto.
- Dejar reposar los tubos aproximadamente 30 minutos.
- Levantar el menisco con sulfato de Zinc y esperar 15 minutos.
- Levantar el menisco con un cubreobjetos y colocarlo sobre un portaobjetos que contiene una gota de lugol parasitológico.
- Observar con objetivos 10X y 40X, contar todos los quistes y huevecillos de parásitos en las preparaciones

Los resultados se reportaron en número de quistes y huevecillos por litro de agua.

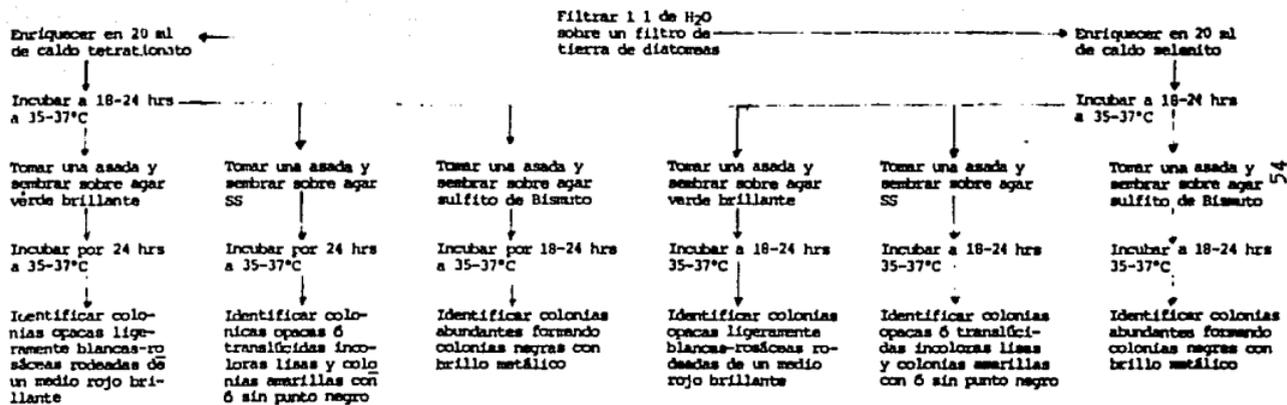
#### 12.4.- ANÁLISIS CUALITATIVO DE PARASITOS INTESTINALES.

##### EN SUELO:

- Se obtuvieron muestras homogéneas de 10 g de suelo de los diferentes modelos de experimentación; se suspendieron en 100 ml de agua destilada y se filtró sobre una gasa para eliminar la materia gruesa.
- Se pasó a una serie de tubos de ensaye y se centrifugó a 1,500 RPM por tres minutos y se tiró el sobrenadante.
- Se lavó con agua destilada hasta que el sobrenadante fué claro, aproximadamente dos veces, y se centrifugó a 1,500 RPM por un minuto.
- Resuspender el sedimento con sulfato de Zinc con densidad de 1,180 g/ml. y centrifugar a 1,500 RPM por un minuto.
- Dejar reposar los tubos aproximadamente 30 minutos.
- Levantar el menisco con sulfato de Zinc y esperar 15 minutos.
- Observar con objetos 10 X y 40 X, contar todos los quistes y huevecillos de parásitos en las preparaciones mencionadas; los resultados se reportaron en número de quistes y huevecillos por 10 g de suelo.

En las figuras 12.3 y 12.4 se presentan los diagramas de dichas técnicas.

FIG. 12. I. AISLAMIENTO DE SALMONELLA Y SHIGELLA DE AGUA RESIDUAL



PRUEBAS BIOQUIMICAS

FIG 12. 2. AISLAMIENTO DE SALMONELLA Y SHIGELLA EN SUELO

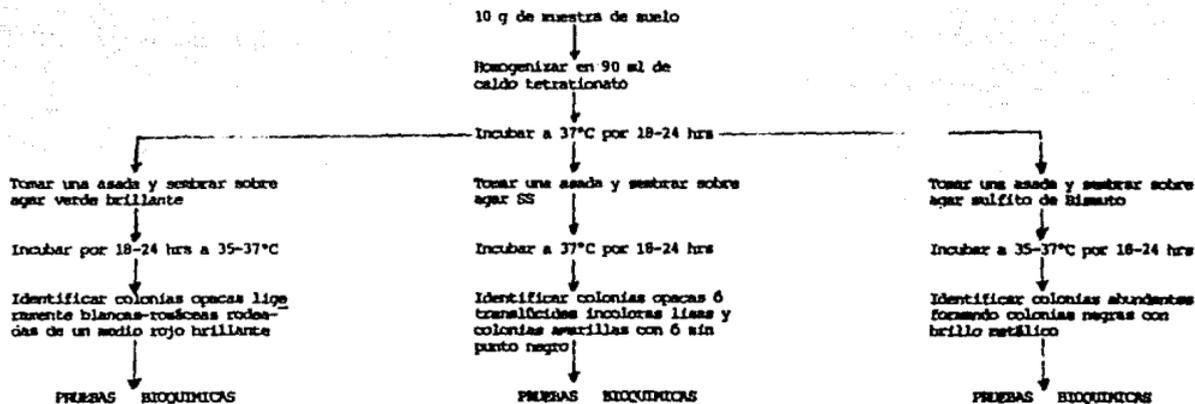
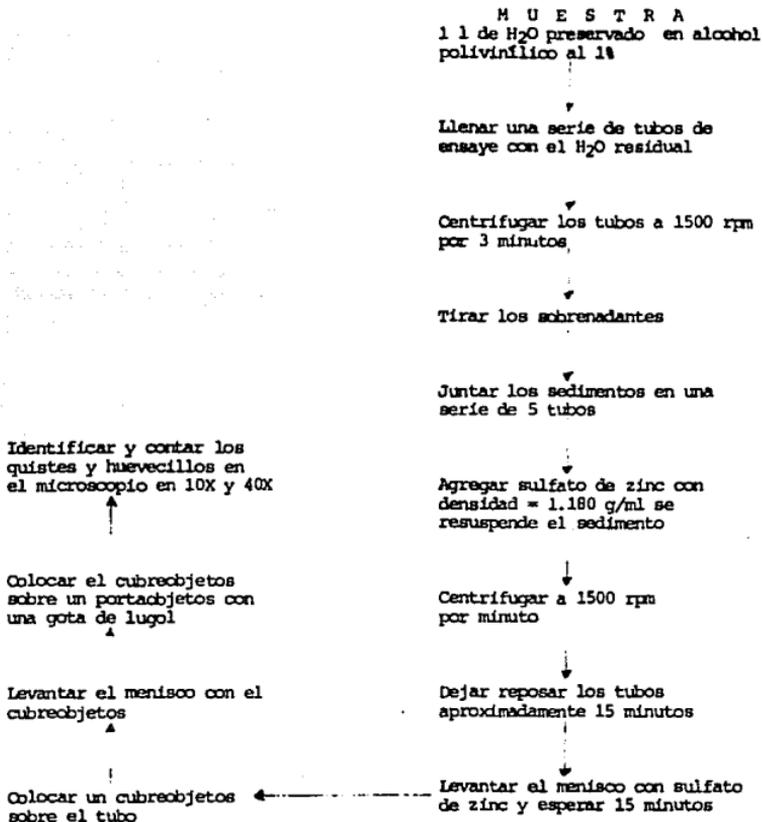
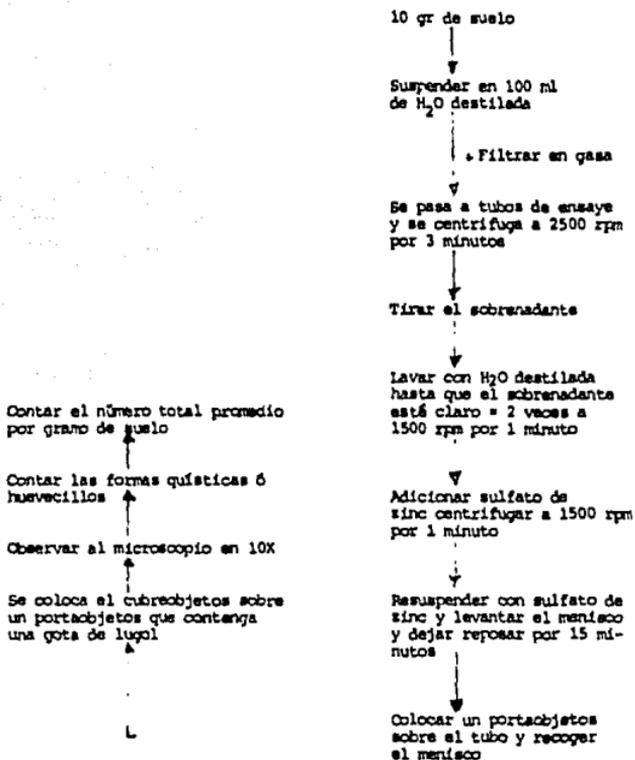


FIG 12.3 CUANTIFICACION E IDENTIFICACION DE QUISTES Y HUEVECILLOS DE HELMINTOS EN AGUA RESIDUAL



#### 19.1.4.4 CUANTIFICACION E IDENTIFICACION DE QUISTES Y HUEVECILLOS DE HELMINTOS EN SUELO





### 13.- RESULTADOS

Los parámetros microbiológicos determinados fueron:

- Análisis de enterobacterias patógenas, en suelo y agua residual.
- Análisis parasitológico, en suelo y agua residual.

En el análisis de enterobacterias, se determinó la presencia de Salmonella sp. y Shigella sp. que constituyen los organismos patógenos mas importantes en las aguas residuales y de importancia sanitaria.

Con respecto al análisis parasitológico, se determinó la presencia únicamente de los parásitos patógenos. A continuación, presentamos una explicación detallada de lo que se trata de ejemplificar en cada tabla.

La tabla 14.3 muestra la frecuencia de aparición de Salmonella sp. y Shigella sp. en el agua infiltrada por riego, relacionadas con coliformes totales.

La tabla 14.4 representa los promedios del número de tipos de parásitos patógenos en cada muestra de agua infiltrada durante los 9 riegos.

La tabla 14.5 denota la media muestral del número de tipos de parásitos patógenos en todos los riegos.

Las tablas 15.1 representan la frecuencia de aparición de patógenos en el perfil estratigráfico relacionandolos con coliformes totales, antes y después de cada riego.

Las tablas 15.2 denotan los promedios del número de tipos de -  
parásitos patógenos en cada muestra por riego.

Finalmente la tabla 15.3 representa la media muestral del núme  
ro de parásitos patógenos en todos los riegos.

TABLA 1.3. FRECUENCIA DE APARICION DE PATOGENOS EN EL AGUA INFILTRADA POR RIEGO. RELACION CON COLIFORMOS TOTALES

PRIMER RIEGO				SEGUNDO RIEGO				TERCER RIEGO*			
INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
T <sub>p</sub> almacen	21x10 <sup>4</sup>	66.6	50	T <sub>p</sub> almacen	280x10 <sup>4</sup>	66.6	0	T <sub>p</sub> almacen	79x10 <sup>4</sup>	50	0
EFLUENTES			EFLUENTES			EFLUENTES					
W	21x10 <sup>4</sup>	66.6	50	W	79x10 <sup>4</sup>	66.6	50	W	49x10 <sup>4</sup>	16.6	0
X	3.3x10 <sup>4</sup>	50	0	X	79x10 <sup>4</sup>	50	50	X	49x10 <sup>4</sup>	66.6	0
Y	23x10 <sup>4</sup>	83.3	50	Y	220x10 <sup>4</sup>	83.3	50	Y	33x10 <sup>4</sup>	50	50
CUARTO RIEGO				QUINTO RIEGO				SEXTO RIEGO			
INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
T <sub>p</sub> almacen	350x10 <sup>4</sup>	50	0	T <sub>p</sub> almacen	28x10 <sup>4</sup>	66.6	0	T <sub>p</sub> almacen	140x10 <sup>4</sup>	16.6	0
EFLUENTES			EFLUENTES			EFLUENTES					
W	200x10 <sup>4</sup>	0	0	W	79x10 <sup>4</sup>	50	0	W	79x10 <sup>4</sup>	0	0
X	240x10 <sup>4</sup>	50	0	X	79x10 <sup>4</sup>	50	0	X	79x10 <sup>4</sup>	0	0
Y	240x10 <sup>4</sup>	50	0	Y	130x10 <sup>4</sup>	83.3	0	Y	110x10 <sup>4</sup>	0	0
SEPTIMO RIEGO				OCTAVO RIEGO				NOVENO RIEGO			
INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	INFLUENTE	Coliformos Totales NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
T <sub>p</sub> almacen	17x10 <sup>4</sup>	66.6	0	T <sub>p</sub> almacen	79x10 <sup>4</sup>	66.6	0	T <sub>p</sub> almacen	13x10 <sup>4</sup>	66.6	0
EFLUENTES			EFLUENTES			EFLUENTES					
W	0.33x10 <sup>4</sup>	33.3	100	X	49x10 <sup>4</sup>	50	0	W	0.33x10 <sup>4</sup>	16.6	0
Y	13x10 <sup>4</sup>	66.6	0					Y	26x10 <sup>4</sup>	16.6	0

f<sub>SA</sub> = número de veces (en porcentaje) que se determina presencia de *Salmonella* sp.

f<sub>SH</sub> = número de veces (en porcentaje) que se determina presencia de *Shigella* sp.

\* A partir de este riego el modelo B se regó mensualmente.

NOTA: En el cuarto, sexto, séptimo y noveno riegos, no se presentan datos en el efluente X del modelo B, porque no corresponde riego de acuerdo al programa establecido. La misma situación se presenta en el octavo riego para los modelos A y C.

TABLA 14.4 PROMEDIOS DEL NUMERO DE TIPOS DE PARASITOS EN UNA MUESTRA OR RIEGO

	PRIMER RIEGO	SEGUNDO RIEGO	TERCER RIEGO*	CUARTO RIEGO	QUINTO RIEGO	
INFLUENTE	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$
T <sub>p</sub> almacén	8	1.6	7	1.4	13	2.6
EFLUENTES						
W	0	0.0-	3	0.6	12	2.4↑
X	0	0.0	0	0.0	1	0.2
Y	5	1.0	9	1.8	4	0.8↓
	SEXTO RIEGO	SEPTIMO RIEGO	OCTAVO RIEGO	NOVENO RIEGO		
INFLUENTE	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	X	$\bar{X}$
T <sub>o</sub> almacén	14	2.8	12	2.4	11	2.2-
EFLUENTES						
W	8	1.6	3	0.6	-	-
X	-	-	-	-	6	1.2↑
Y	11	2.2↑	10	2.0↑	-	-

2

X = número de parásitos encontrados en una muestra de 1 lt en 5 determinaciones

$\bar{X}$  = media del número de parásitos/lt.

\* A partir de este riego, el modelo B se regó mensualmente.

- No correspondió riego en el modelo.

TABLA 14.5 · MEDIA MUESTRAL DEL NUMERO DE TIPOS DE PARÁSITOS EN  
 TODO LOS RIEGOS.

INFLUENTE	$\bar{X}_M$
$T_p$ almacén	2.11
EFLUENTES	
W	0.90 ,
X	0.56 -
Y	1.52 †

$\bar{X}_M$  = media muestral del número de parásitos/lit.

TABLA 15.1 FRECUENCIA DE APARICION DE PATOGENOS EN EL PER  
FIL ESTRATIGRAFICO, ANTES Y DESPUES DE CADA RIE  
GO.

CONDICIONES INICIALES

MODELO	ANTES DEL 1er. RIEGO			DESPUES DEL 1er. RIEGO	
	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
A1	2.3x10 <sup>3</sup>	0	0	100 †	0
A2	7x10 <sup>3</sup>	0	0	66.6	100
A3	1.3x10 <sup>3</sup>	0	0	22.2	0
B1	2.3x10 <sup>3</sup>	0	0	33.3	0
B2	4.9x10 <sup>3</sup>	0	0	66.6 †	100
B3	2.3x10 <sup>3</sup>	0	0	0	0

MODELO	ANTES DEL 2o. RIEGO		DESPUES DEL 2o. RIEGO	
	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
A1	33.3	0	66.6 †	100
A2	66.6 †	0	66.6-	0
A3	0	0	33.3 †	0
B1	0	0	66.6 †	0
B2	33.3 †	0	33.3	100
B3	0	0	0	0
C1	0	100 †	100 †	0
C2	33.3-	0	33.3	100 †
C3	33.3-	0	0	0

f<sub>SA</sub> = número de veces (en porciento) que se determina pre-  
sencia de *Salmonella* sp.

f<sub>SH</sub> = número de veces (en porciento) que se determina pre-  
sencia de *Shigella* sp.

TABLA 15.1. (CONTINUACION)

MODELO	ANTES DEL 3er. RIEGO*		DESPUES DEL 3er. RIEGO*	
	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
A1	66.6	0	66.6	0
A2	66.6	0	33.3	0
A3	0	0	33.3	100†
B1	33.3†	0	0	0
B2	0	0	0	0
B3	0	0	0	0
C1	0	0	66.6†	100†
C2	66.6†	0	0	0
C3	33.3	0	33.3	0

CONDICIONES INTERMEDIAS

MODELO	ANTES DEL 4o. RIEGO		DESPUES DEL 4o. RIEGO		
	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>	f <sub>SA</sub>	f <sub>SH</sub>
A1	$1.3 \times 10^4$	0	100†	0	0
A2	$622 \times 10^4$	33.3†	0	0	0
A3	$0.02 \times 10^4$	0	0	66.6†	0
B1	$1.7 \times 10^4$	-	-	-	-
B2	$1.3 \times 10^4$	-	-	-	-
B3	$0.08 \times 10^4$	-	-	-	-
C1	$2.3 \times 10^4$	100†	0	33.3†	0
C2	$7 \times 10^4$	33.3	100†	0	0
C3	$0.14 \times 10^4$	0	0	0	0

\* A partir de este riego el modelo B se regó mensualmente

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

MODELO	ANTES DEL 5o. RIEGO		DESPUES DEL 5o. RIEGO	
	$f_{SA}$	$f_{SH}$	$f_{SA}$	$f_{SH}$
A1	33.3	0	0	0
A2	66.6†	0	66.6†	0
A3	33.3	0	0	0
B1	66.6†	0	0	0
B2	33.3	0	0	0
B3	0	0	66.6†	0
C1	0	0	0	0
C2	33.3	0	33.3	0
C3	33.3	0	0	0

MODELO	ANTES DEL 6o. RIEGO		DESPUES DEL 6o. RIEGO	
	$f_{SA}$	$f_{SH}$	$f_{SA}$	$f_{SH}$
A1	66.6	0	66.6†	100†
A2	66.6	0	33.3	0
A3	0	0	0	0
C1	0	0	100	0
C2	100	0	66.6	100
C3	66.6	0	0	0

TABLA 15.2 (CONTINUACION)

MODELO	ANTES DEL 7o. RIEGO		DESPUES DEL 7o. RIEGO	
	$f_{SA}$	$f_{SH}$	$f_{SA}$	$f_{SH}$
A1	0	0	66.6	100 <sup>f</sup>
A2	0	0	66.6	0
A3	33.3 <sup>f</sup>	0	33.3	0
C1	66.6 <sup>f</sup>	0	66.6	100 <sup>f</sup>
C2	0	0	100 <sup>f</sup>	0
C3	0	0	33.3	0

CONDICIONES FINALES

MODELO	ANTES DEL 9o. RIEGO		DESPUES DEL 9o. RIEGO		
	$f_{SA}$	$f_{SH}$	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml	$f_{SA}$	$f_{SH}$
A1	33.3	0	$2.3 \times 10^4$	0	0
A2	66.6 <sup>f</sup>	100 <sup>f</sup>	$0.33 \times 10^4$	0	0
A3	0	0	$1.7 \times 10^4$	0	0
B1	-	-	$0.8 \times 10^4$	0	0
B2	-	-	$0.13 \times 10^4$	0	0
B3	-	-	$0.22 \times 10^4$	0	0
C1	0	0	$1.7 \times 10^4$	0	0
C2	100 <sup>f</sup>	100 <sup>f</sup>	$0.08 \times 10^4$	0	0
C3	33.3	0	$0.63 \times 10^4$	0	0

NOTA: El cuarto, sexto, séptimo y noveno riegos no corresponden al modelo B de acuerdo a su régimen de riego, de acuerdo al programa establecido. El octavo riego no corresponde a los modelos A y C.

TABLA 15.1 PROPIEDADES DEL NÚMERO DE PARÁSITOS  
EN DETERMINACIONES POR RIEGO

MODELO	ANTES DEL RIEGO							
	1er. RIEGO		2o. RIEGO		3o. RIEGO*		4o. RIEGO	
	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A1	3	0.6	8	1.6	4	0.8	4	0.8
A2	1	0.2	7	0.4	1	0.2	2	0.4
A3	1	0.2	0	0.0	2	0.4	0	0.0
B1	0	0.0	16	3.2	1	0.2	-	-
B2	1	0.2	9	1.8	0	0.0	-	-
B3	1	0.2	0	0.0	0	0.0	-	-
C1	1	0.2	3	0.6	0	0.0	0	0.0
C2	0	0.0	2	0.4	0	0.0	0	0.0
C3	2	0.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0

MODELO	DESPUES DEL RIEGO							
	1er. RIEGO		2o. RIEGO		3o. RIEGO*		4o. RIEGO	
	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A1	3	0.6	2	0.4	4	0.8	9	1.8
A2	7	1.4	2	0.4	0	0.0	0	0.0
A3	7	1.4	0	0.0	1	0.2	0	0.0
B1	1	0.2	6	1.2	2	0.4	-	-
B2	6	1.2	0	0.0	2	0.4	-	-
B3	3	0.6	1	0.2	2	0.4	-	-
C1	7	1.4	2	0.4	0	0.0	20	4.0
C2	5	1.0	1	0.2	3	0.6	1	0.2
C3	8	1.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Y = número de parásitos encontrados en una muestra de 10 gr en 5 determinaciones.

Y = media del número de parásitos/10 g

\* A partir de este riego el modelo B se regó manualmente.

TABLA 15.2 (CONTINUACION)

MODELO	ANTES DEL RIEGO								DESPUES DEL RIEGO									
	5o. RIEGO		6o. RIEGO		7o. RIEGO		8o. RIEGO		5o. RIEGO		6o. RIEGO		7o. RIEGO		8o. RIEGO		9o. RIEGO	
	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A1	8	1.6	1	0.2	6	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	4	0.8	1	0.2	2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	8	0.8	0	0.0	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	14	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B2	5	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B3	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C1	1	0.2	1	0.2	2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	8	0.8	4	0.8	3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	0	0.0	0	0.0	6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- No corresponde riego

TABLA 25.2 MEDIA MUESTRAL DEL NUMERO DE PARASITOS EN TODOS LOS RIEGOS

ANTES DEL RIEGO		DESPUES DEL RIEGO	
MODELO	$\bar{X}_M$	MODELO	$\bar{X}_M$
A1	0.80 †	A1	0.78 †
A2	0.37	A2	0.65
A3	0.086	A3	0.225
B1	1.55 †	B1	0.37
B2	0.75	B2	0.70 †
B3	0.05	B3	<u>0.23</u>
C1	0.23	C1	1.175
C2	0.26 †	C2	1.325 †
C3	0.06	C3	0.30

$\bar{X}_M$  = Media muestral del número de parásitos/10 g

#### 14.- DISCUSION

- 14.1.- PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS. En el análisis de enterobacterias, se determinó la presencia de Salmonella sp. y Shigella sp., que constituyen los organismos patógenos más importantes en las aguas residuales. Dadas -- las dificultades para cuantificarlos, el análisis sólo es cualitativo y nos indica la presencia de tales bacterias; cabe aclarar, que los resultados negativos no implican necesariamente su ausencia, únicamente que su presencia no fué detectada. En este caso no es posible trabajar con medidas estadísticas, por lo que sólo se manejan frecuencias de aparición de los organismos, en comparación con el número de coliformes totales.

En el análisis parasitológico las medidas de tendencia central más adecuada son, la media poblacional para cada uno de los riegos y la media muestral de todos los riegos. En esta sección se presentan tablas que sintetizan los datos de cuantificación de parásitos, sin importar el tipo de ellos.

- 14.2.- EN AGUA INFILTRADA. En el análisis bacteriológico del agua, se hicieron las determinaciones de Shigella sp. en dos medios de enriquecimiento y un solo medio de aislamiento cada uno, y la de Salmonella sp. en los mismos medios de enriquecimiento, pero con tres medios de aislamiento cada uno. Esto se hizo con la finalidad de aumentar la probabilidad de que en las muestras positivas se aislaran salmonelas. En este apartado se presentan tablas de frecuencia en las que se comparan la contaminación del influente (agua residual), con la de los efluentes de los tres modelos.

Los resultados de los análisis parasitológicos se presentan primero riego por riego y después, una tabla que indica la media muestral de todos los riegos, de manera que se pueden comparar también, los datos de influente con los de los efluentes, y establecer la tendencia general a lo largo de todos los riegos.

14.3.-- ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. Relación con coliformes totales.

El análisis de la tabla 14.3 nos indica que el comportamiento de este parámetro presenta la tendencia general de disminución de la frecuencia de aparición de las bacterias enteropatógenas al hacer pasar el agua por el suelo. Esta disminución en algunos riegos es pequeña, nula, ó incluso la frecuencia aumenta, sobre todo en el caso de Salmonella sp.

El modelo en el que se distingue con más claridad el fenómeno de eliminación de bacterias es el modelo B. Sin embargo, en los efluentes de los tres modelos se sigue encontrando un alto nivel de contaminación bacteriológica. La presencia de bacterias enteropatógenas se puede relacionar directamente con el número de coliformes totales, aunque dicha relación no se puede establecer con precisión. En general, a mayor número de coliformes, - las frecuencias determinadas son mayores.

14.4.-- ANÁLISIS PARASITOLÓGICO. El nivel de contaminación por parásitos del agua residual, es considerable, sobre todo en los últimos riegos, en los que se nota un aumento en el número de parásitos encontrados (ver tabla 14.4).

En los tres modelos los resultados indican que en todos los riegos disminuyó el promedio de parásitos al pasar - por el suelo, excepto en un caso que se mantuvo constante.

En la mayoría de los riegos, la disminución fué considerable, en algunos casos la media disminuyó totalmente.-- La media muestral del efluente W (ver tabla 14.5), comparada con la del influente nos muestra claramente este fenómeno, en el que se nota una alta eficiencia del modelo A en la eliminación de parásitos.

En el modelo B se nota aún más la disminución de parásitos, por lo que, aunque las determinaciones se hicieron con menor número de riegos, resultó más eficiente. La tendencia general del tercer modelo es similar a las anteriores, pero en este caso es notorio que las disminuciones son mucho más ligeras. En algunos casos se registran aumentos en el número de parásitos encontrados.

## 15.- EN EL PERFIL ESTRATIFICADO.

En esta sección se presenta la discusión de los resultados que corresponden a los análisis de los tres modelos, antes y después de sus correspondientes riegos; de esta manera es posible visualizar con mayor facilidad el efecto del agua residual sobre el suelo y su capacidad de remoción de los microorganismos presentes en el agua residual.

El análisis de Salmonella sp. y Shigella sp., se realizó por el mismo método cualitativo que se aplicó para el agua, pero utilizando un solo medio de enriquecimiento con el fin de evitar la manipulación excesiva de la muestra.

Las determinaciones de bacterias patógenas y parásitos se realizaron en los tres estratos de tres modelos (A,B,C), dado que éstos dos últimos parámetros son de importancia capital en la evaluación de riesgos a la salud, y en México no se ha reportado información referente a su comportamiento en suelos regados con aguas residuales.

### 15.1.- ANÁLISIS BACTERIOLOGICO. Relación con coliformes totales.

Los resultados completos se resumen en la tabla 15.1. Desde el primer riego, se nota la influencia del agua en el suelo, puesto que en la determinación de las condiciones iniciales no se tienen resultados positivos para bacterias patógenas y después del riego se comienzan a determinar con frecuencias elevadas, principalmente Salmonella sp.

desos relacionar directamente la frecuencia de aparición de enterobacterias con el número de coliformes antes del primer riego, que corresponden a las condiciones iniciales intermedias y finales respectivamente.

15.2.- ANALISIS PARASITOLÓGICO. A diferencia del estudio bacteriológico, en condiciones iniciales del suelo, se detecta contaminación apreciable por parásitos. Después del primer riego, se manifiesta aumento en el promedio de parásitos, en todos los estratos de los tres modelos, aunque en el modelo C, el aument. es más considerable, lo que se explica por el mayor aporte debido al flujo de riego continuo. En el siguiente riego, los resultados promedio de parásitos disminuyeron considerablemente después del riego.

Después de este primer riego, los datos registran uniformidad a lo largo de los riegos restantes. La tendencia a aumentar el promedio de parásitos, después de ellos -- prevalece.

El modelo que presenta una tendencia predominante del fenómeno mencionado, es el modelo C, sobre todo en el nivel superficial. Las tablas 15.2 y 15.3, muestran la tendencia general del suelo. Si se espera que el suelo funcione como medio de retención de los parásitos que contienen el agua residual, los valores de las medias muestrales, después del riego, deberán ser mayores que antes del riego.

En la tabla 15.3 se observa que en el modelo A las medias muestrales en el primer nivel permanecen casi cons-

## 16.- CONCLUSIONES

- 1.- El suelo estudiado se comportó como un sistema de remoción de los coliformes totales, bacterias enteropatógenas y parásitos del agua residual que en él se infiltró, pero en ningún caso con el 100% de eficiencia.
- 2.- La mayor remoción de estos microorganismos se presenta -- cuando la lámina de agua aplicada fué de 20 cm. y el intervalo entre cada riego fué mensual, es decir, se trata del modelo B cuyo efluente es X.
- 3.- En el caso de los parásitos, la mayor eficiencia de remoción se presenta cuando el suelo fué sometido a riegos mensuales, correspondiendo al ámbito que se reporta para sistemas de sedimentación, de lagunas de estabilización y de todos activados.
- 4.- Las bacterias patógenas Salmonella sp. y Shigella sp. se detectaron en la mayoría de los efluentes y dado que su análisis fué cualitativo no es posible evaluar su remoción en términos de eficiencia.
- 5.- La capacidad de retención de los parásitos fué mayor en el estrato superficial del suelo cuando la lámina de agua y el intervalo entre cada riego fueron menores, en el modelo A, ya que se atenuó el efecto que se hizo evidente cuando se aplicó una lámina mayor y el intervalo entre cada riego fué mas amplio, lo que ocasionó la mayor acumulación de los parásitos en los estratos más profundos.

6.- El efecto de acumulación de los microorganismos patógenos en el suelo puede tener repercusiones serias en la salud, ya que éste se convierte en fuente de diseminación y contagio de enfermedades intestinales para los humanos y animales que tengan contacto con él.

7.- Finalmente, el modelo B no cumplió con lo que se planteó en nuestra hipótesis.

17.- RECOMENDACIONES O  
PROPUESTAS.

- 1.- Si se pretende utilizar un suelo (con características semejantes al estudiado) como sistema de tratamiento de aguas residuales, deberá restringirse el uso posterior de tal suelo, pues la acumulación de microorganismos patógenos en su superficie lo hacen inadecuado para aquellos usos en los que exista contacto primario con humanos y animales, tales como agrícola, para pastoreo y áreas de recreación.
- 2.- Al efluente que resulte de la infiltración, deberá aplicarse un tratamiento posterior de acuerdo con el uso que se pretenda darle a las aguas tratadas de esta manera.
- 3.- Cuando se requiera aprovechar las aguas residuales crudas para el riego, éstos deberán someterse a un tratamiento que elimine a la mayor parte de los huevos y quistes de los parásitos, por ejemplo una sedimentación adecuada a las características específicas de estos organismos.
- 4.- El problema de la acumulación de las bacterias entéricas patógenas en el suelo, no es tan significativo como el de los parásitos, puesto que su sobrevivencia en ese medio es de corta duración, debido a su sensibilidad a la luz y a la desecación; en este caso la recomendación es en sentido de permitir un intervalo entre riego que asegure la inactivación o muerte de tales bacterias; dicho intervalo deberá de terminarse con estudios de viabilidad.

- 5.- Como los resultados del presente estudio no son suficientes para proponer una reglamentación del uso de las aguas residuales en la agricultura, conviene en primera instancia tomar como base los límites máximos permisibles de bacterias coliformes y parásitos que se establecen en el informe Engelberg, a reserva de generar posteriormente la información complementaria que permitiera una reglamentación realista para abatir los riesgos para la salud que están implicados en las prácticas de riego con aguas residuales.
- 6.- Es necesario realizar estudios más amplios para determinar con precisión el comportamiento de los microorganismos del agua residual cuando se introducen en el suelo, tanto en profundidad como en extensión, así como sus condiciones de sobrevivencia; para generar esta información es imprescindible instrumentar las metodologías analíticas que se requieren para cuantificar las bacterias enteropatógenas, y probar su viabilidad y la de los parásitos, además de validar las metodologías para la concentración de parásitos de muestras de agua y suelo.
- 7.- La información que de estos estudios se obtenga, será de importancia relevante para establecer una metodología adecuada a las condiciones propias del país que permita el uso del suelo como sistema depurador de las aguas residuales, con el mínimo de riesgo para la salud pública.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

B I B L I O G R A F I A

- 1.-- Bernarde Melvin A. Land Diposal and Sewage Effluent: --  
Appraisal of Health Effects of Pathogenic Organisms. --  
Journal AWWA., Water Technology/Quality.  
Vol. 6        432-440        (1973)
- 2.-- Block J. C. and Rolland D. Method for Salmonella Concentra-  
tion form wather at PH 3.5, Using Micro-Fiber Glass filters.  
Applied and Environmental Microbiology.  
Vol. 38,        # I,        I-6        (1979)
- 3.-- Falk Lloyd L., Rudolfs Willer and Ragotzkie Robert A. Con-  
tamination of Vegetables Grown in polluted soil. II. -- --  
Field and Laboratory studies on Endamoeba Cysts. Sewage --  
and Industrial wastes.  
Vol. 23,        núm. 4, 478-485, April (1951).
- 4.-- Falk Lloyd L. Rudolfs Willer and Ragotzkie Robert A. Conta-  
mination of Vegetables grown in polluted soil. III. Field -  
studies on Ascaris Eggs. SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTES.  
VOL. 23.        núm. 5, 656-660, Mayo (1951)
- 5.-- Katzenelson E. and Teltsch B. Dispersion of enteric bacteria  
by Spray irrigation. Journal WPCF. Bacterial Dispersion.  
Vol. 48,        núm. 4, 108-1043, April (1976)
- 6.-- Koneman Elmer W. Diagnóstico microbiológico 1a. edición. --  
Editorial Médicos Panamericana, S.A. de C.V. México, D.F. --  
186-198 (1989)
- 7.-- Kott, Hand Kott, Y. Detection and Visibility of Endamoeba --  
histolytica Cysts in Sewage Effluents. Water and Sewage - -  
Works.        Vol. 5, 177-180 (1967)

- 8.- Linklater A. K. and GRAHAM M. Margaret. Salmonellae in - - Sewage Slud and abattoir effluent in South-east Scotland. Journal of Hygiene., Cam. Vol. 94, 301-307, (1985)
- 9.- Muñoz Cortéz J.E. Remoción de microorganismos en la infra estructura hidroagrícola del Distrito de Desarrollo rural 063. Instituto Mexicano de Tecnología del agua SARH. - - Vol. 3; I-8 (1985)
- 10.- Orta Ledesma M.T. Cristerios para el aprovechamiento de - aguas residuales en riego agrícola en México. Tesis Maestría, UNAM, DEPFI. 19-25 (1985)
- 11.- Pettygrove and sseno. Factores que afectan la sobrevivencia de los microorganismos en el suelo. Layout, Vol 3, -- 5-13 (1981)
- 12.- Tejeda González C. Uso de las aguas residuales en riego - agrícola en zonas con escasa disponibilidad de aguas. Tesis Maestría. UNAM. DEPFI. II-20 (1985)
- 13.- Telts Etal. Isolation and Identification of pathogenic  $M_1$  roorganisms at Waste-water-Irrigated Fields: Ration in - Air and Waste. Applied and Environmental Microbiology. - Vol. 39, núm. 6 1183-1190, June (1980).
- 14.- Zapater Ricardo C. Parasitosis intestinales., su diagnóstico tico y tratamiento. 1a. edición. editorial Ateneo 6-24 - (1977).