



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EVALUACION BACTERIANA EN VEGETALES, IRRIGADOS  
CON AGUA NEGRA EN LA ZONA DE SAN GREGORIO,  
XOCHMILCO.**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

p r e s e n t a :

**MONICA COUTIÑO ALVARADO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION Y OBJETIVO	1
2. CONTAMINACION QUIMICA PROVOCADA POR EL USO DEL AGUA NEGRA EN LA AGRICULTURA.	
a. Composición de las aguas negras.	5
b. Aspectos de las aguas negras utilizadas en la irrigación.	5
c. Aspectos físico-químicos.	6
3. CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA PROVOCADA POR EL USO DEL AGUA NEGRA EN LA AGRICULTURA.	13
a. Microorganismos patógenos contenidos en el agua negra y enfermedades que producen al hombre.	14
b. Fitopatógenos contenidos en el agua negra y sus posibles efectos sobre los vegetales.	21
4. CONTAMINACION DE LOS VEGETALES DURANTE LA COSECHA Y TRANSPORTE A LOS CENTROS DE DISTRIBUCION.	
a. Fuentes de contaminación fecal, en los vegetales durante su cultivo.	24
b. Factores que influyen en la sobrevivencia y distribución vertical de los microorganismos patógenos en el suelo.	27
c. Sobrevivencia de bacterias y virus en los vegetales.	31

5.	IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES MICROBIANOS EN LA EVALUACION SANITARIA DEL AGUA Y DE LOS ALIMENTOS.	
a.	Elección de las bacterias coliformes totales y fecales, como indicadoras de contaminación en agua y alimentos.	34
b.	Definición de los grupos coliformes totales y fecales.	39
c.	Ventajas y desventajas que ofrecen las bacterias coliformes totales y fecales al ser utilizadas como indicadoras en la evaluación de la calidad del agua.	40
d.	Empleo de otros indicadores diferentes a las coliformes totales y fecales.	43
e.	Coliformes totales como indicadores de la calidad del agua - que se utiliza para irrigación.	46
6.	AREA DE ESTUDIO.	
a.	Descripción del área de estudio.	49
b.	Descripción del sistema de chinampas.	50
c.	Sistema de cultivo en las chinampas.	50
7.	MATERIAL Y METODO	53
8.	RESULTADOS	58
9.	DISCUSION	61
10.	BIBLIOGRAFIA	69
	TABLAS Y FIGURAS	75

## 1. INTRODUCCION Y OBJETIVO.

El hombre requiere inevitablemente del agua para subsistir y mejorar su nivel de vida; recurre a su empleo para obtener productos alimenticios necesarios para su supervivencia, manejandola como un factor de producción.

Asi mismo, por cientos de años el hombre ha tenido conciencia del valor potencial, que representa la utilización del agua residual en la agricultura, y ello le ha permitido incrementar la producción del material alimenticio. Además de que esta práctica es una forma de deshacerse del agua negra, evitando asi la contaminación de ríos, lagos y mares (Kowal et al., 1980).

Las primeras técnicas de irrigación se aplicaron en zonas en las cuales se utilizó el agua de los ríos tomando solo una pequeña parte del flujo total anual. En esa época, tales ríos mostraban pequeños rasgos de contaminación debido al crecimiento de las ciudades y de la población en general, el agua fue perdiendo calidad como consecuencia de su gran demanda para diferentes usos, que le fueron adicionando cantidades considerables de sólidos disueltos, sales, elementos tóxicos, microorganismos patógenos, etc. (U.S. Environmental Protection Agency, 1973; Green, 1974). Debido a esto durante los primeros años del siglo **XI**, se consideró la posibilidad de que el agua proveniente de efluentes contaminados fuera sometida a algún proceso de tratamiento antes de ser vertida en los cuerpos de agua o bien en los campos agrícolas, de tal forma que se pudieran minimizar los efectos dañinos que pudiera ocasionar su aplicación tanto a los elementos bióticos como abióticos del sistema en cuestión. (Sheikh-Ol-Eslami, et al., 1979)

La mayoría de los vegetales que son consumidos tanto por el hombre como por los animales, se han desarrollado bajo condiciones de irrigación con agua negra no tratada, lo que ha provocado serios problemas a la salud.

Entre los estudios que se han realizado, desde el punto de vista microbilógico para evaluar el impacto de tal aplicación están los de Tanner, 1944 ; Rudolfs, et al., 1950 (citados por Dunlop y Lou, 1961). Estos investigadores determinaron la frecuencia y sobrevivencia de los microorganismos patógenos entéricos en el suelo, agua negra, desechos fecales y lodo, así como en los cultivos irrigados o fertilizados con estos materiales. Concluyeron que las frutas y vegetales que crecían en suelos infectados, podían llegar a ser contaminados con microorganismos patógenos, los cuales presentaban tiempos de sobrevivencia en el suelo y vegetales desde algunos días hasta semanas, y aún meses (Dunlop y Lou, 1961).

Rudolfs, llevó a cabo experimentos en donde cultivaron jitomates y lechuga, que fueron irrigados con suspensiones de Salmonella, Shigella, Ascaris y quistes de Entamoeba histolytica. Salmonella y Shigella después de una semana de aplicación, no fue posible detectarlas; los quistes de Entamoeba, murieron al cabo de algunos días, particularmente en tiempo seco. Los huevos de Ascaris fueron encontrados en la superficie de los vegetales, aun un mes después, pero en número reducido, con la característica de que no podían desarrollarse a un estado infectivo. Este investigador y sus colaboradores llegaron a la conclusión, de que si la irrigación con agua negra era interrumpida un mes antes de la cosecha, los frutos y vegetales, no serían vectores de enfermedades entéricas humanas.

Estas evidencias indican que a pesar de que el agua es un elemento necesario para la producción agrícola, esta debe conservar una cierta calidad, ya que entre otros, puede provocar una contaminación biológica de los productos.

Esta problemática, en general se presenta en la mayoría de los países en vías de desarrollo, que utilizan para su irrigación agua negra no tratada.

En México esta vigente la contaminación agrícola en diversas zonas, entre ellas se encuentra Xochimilco. La cual presenta este problema desde principios de siglo, como consecuencia de la escasez de agua potable; hecho que tuvo lugar en la ciudad de México debido al incremento poblacional sucedido en los años 1900-1950, al grado de - casi duplicarse (Casanova, 1980). Ante esta situación, desde 1913, - el gobierno se vió en la necesidad de tomar agua potable de los manantiales de Xochimilco para abastecer a la ciudad de México. Creandose para esto un sistema de captación para aprovisionamiento de agua potable, el Acueducto México-Xochimilco, cuyo caudal de  $2.4\text{m}^3/\text{seg}$  era suficiente para una población de 600,000 habitantes. En el año de 1953, se presentó una disminución en los caudales, por lo que hubo necesidad de reducir el bombeo hacia la ciudad a solo  $1.6\text{m}^3/\text{seg}$ . Sin embargo, al no encontrar nuevas fuentes de abastecimiento, se volvió a extraer agua de los manantiales de Xochimilco (Baez et al., 1975). Este hecho determinó el proceso de decadencia en el que se encuentra actualmente, la chinampería; ya que en algunas épocas llegaron a secarse totalmente algunos canales. Ante las fuertes protestas de los chinamperos, el gobierno tuvo que hacer frente al problema, pero en lugar de liberar los manantiales como pedían los campesinos; en el

año 1958 se decidió introducir en los canales agua negra "tratada", con el objeto de restituir parte o el total del agua extraída.

Las consecuencias de la introducción de estas aguas, aunado a la falta de drenaje y planeación en la propia zona, fueron bastante graves. En primer lugar porque los desechos domésticos son vertidos tal cual a los canales y en segundo lugar, por la baja calidad del agua tratada. Todo ello ha provocado la muerte de numerosas especies animales y vegetales, que habitaban los canales, así mismo ha impedido el cultivo de ciertas hortalizas y flores que no soportan la mala calidad del agua; y ha favorecido el desarrollo de microorganismos patógenos los cuales contaminan a los vegetales.

Lo antes mencionado, ha ocasionado que los chinamperos - y/o sus hijos no quieran dedicarse a las labores agrícolas o lo hagan solo parcialmente. (Armilas, 1971).

Algunos de los elementos introducidos como consecuencia de las condiciones que creó la mala calidad del agua son el uso de fertilizantes y pesticidas, debido a la disminución de la fertilidad de los suelos y del aumento de plagas y enfermedades en las plantas. Todo esto, ha ocasionado un incremento en los costos de producción, haciendo incoesteable la agricultura en esta zona.

Por todo lo anterior, el presente estudio tuvo por objeto evaluar el grado de contaminación microbilógica que provoca la utilización del agua negra en los sistemas de cultivo de las chinampas, de San Gregorio, Xochimilco, tomando como referencia las recomendaciones extranjeras que existen en cuanto a la calidad que debe cumplir el agua para uso agrícola.



## 2. CONTAMINACION QUIMICA PROVOCADA POR EL USO DEL AGUA NEGRA EN LA AGRICULTURA.

### 2. a. Composición de las Aguas Negras.

El agua sin contaminación, solo contiene minerales y gases, que dependen de la geología y terreno en que se origina.

La utilización del agua por la población en una ciudad, adiciona gran variedad de materiales, como; microorganismos de diversos orígenes; desechos humanos (materia orgánica, microorganismos y sales); desechos de lavado de ropa (sales inorgánicas, fosfatos, sales, surfactantes); desechos industriales (calor, sales inorgánicas, color, metales, materiales tóxicos, aceites y el producto mismo). (Middleton 1977; citado por Shuval, 1977).

### 2. b. Aspectos de las Aguas Negras utilizadas en la Irrigación.

La utilización de las aguas negras en la agricultura, esta basada en el principio del reciclaje de los materiales de desecho a la tierra, de donde originalmente vinieron, en forma de alimento y otros productos útiles. Fué Justus Liebig, quién hace mas de 100 años, enfatizó la idea de que se requiere el mantenimiento del ciclo natural de los elementos para la conservación de la fertilidad del suelo.

El valor que tienen las aguas negras para la irrigación, reside en el contenido de sus sales, cuya acción es la de fertilizar.

Ahora bien, el efecto que estas aguas tengan al ser utilizadas en la agricultura, dependerá de muchos factores locales, como: características del suelo, uso que se le de al suelo, lluvia, evaporación, recarga de acuíferos y otras condiciones climáticas. Para que el uso de estas aguas, no traiga resultados negativos, deben de someterse antes de ser empleadas, a algún tratamiento y desinfección, el -

cual pueda remover sustancias y patógenos que pudieran llegar a ser perjudiciales al suelo, a los cultivos, a los animales que pastan y a la salud pública en general: El tratamiento biológico no afecta el valor fertilizante de estas aguas, ya que todavía se pueden encontrar cantidades considerables de los elementos que actúan como fertilizantes. Entre estos los más importantes son el nitrógeno y el fósforo, ya que están implicados en el desarrollo de los vegetales. Las sales metálicas presentes en las aguas negras en cantidades muy pequeñas también actúan como micronutrientes esenciales. (Krassilnikov, 1965., Müller, 1977; citado por Shurval, 1977).

## 2. c. Aspectos Físico-químicos.

Debido a que las aguas negras dan cabida a todo tipo de descargas (industriales y domésticas), y la mayoría de ellas pueden causar serios riesgos, se deben tomar ciertas medidas de seguridad en su aprovechamiento. Esta es una de las razones por las que se deben determinar-cuantificar e identificar- los parámetros físico-químicos del agua, evaluando con ello su calidad para fines de irrigación, basándose en los efectos adversos posibles que pudieran provocar a los cultivos irrigados, -considerando la relación suelo-metabolismo del vegetal-, a los sitios de aplicación -ya que estas aguas pueden alterar el intercambio de los iones en el suelo, modificando su estructura y en general a la salud pública, consideraciones respecto a si los vegetales irrigados serán consumidos por animales o el hombre.

Por lo tanto el objetivo de analizar los componentes físico-químicos de las aguas negras, será determinar la aceptabilidad de éstas aguas para su uso agrícola, o bien recomendar el grado y tipo de tratamiento a que deben ser sometidas, antes de su uso.

Uno de los estudios más completos, que se han efectuado,

con respecto a la calidad que debe cumplir el agua para fines de irrigación, es el realizado por la Universidad de California, Extensión Cooperativa y Comité de Consultores (University of California Extension, 1975). Los resultados de sus análisis están contenidos en la tabla 1. Estos datos pueden ser modificados de acuerdo a la experiencia local, tipo de cultivo, tipo de suelo y método de irrigación.

A continuación se mencionará brevemente, los efectos que puedan ocasionar en los vegetales y en la tierra, algunos constituyentes físicos y químicos contenidos en las aguas negras.

Salinidad.- El efecto de la salinidad o sólidos totales disueltos, es uno de los puntos más importantes que se deben considerar al evaluar la calidad del agua.

El efecto de la salinidad, es el cambio en la Presión Osmótica que se lleva a cabo en el agua contenida en el suelo, la cual está relacionada con la disponibilidad de ésta para el consumo de la planta.

En general el contenido salino del suelo, es el resultado de la disolución natural de los minerales presentes, principalmente de los que se vierten con el agua de irrigación o fertilizantes. Es por esto que se debe evaluar el nivel de salinidad del suelo. (EPA. 1973). Hayward Bernstein (1958), mencionan, que el contenido de sales en el agua de irrigación, ha limitado su aplicación en la agricultura, debido al efecto que ejerce sobre la sobrevivencia de las plantas. Generalmente hay un decremento progresivo en el crecimiento de los vegetales, conforme se va incrementando la concentración de sales, ya que el uso continuo de agua salina trastorna el balance nutricional de las plantas. El agua con un alto contenido de sales, puede producir efectos dañinos después de un tiempo

prolongado de aplicación.

Los efectos perjudiciales originados por la salinidad en las plantas, pueden ser modificados por factores como; nivel de - evapotranspiración, tipo de cultivo (algunas variedades de un cultivo particular, pueden ser inmunes a los disturbios nutriciona - les, mientras que otras variedades son severamente afectadas), ca rácter del suelo, condiciones de drenaje, iones predominantes, - clima y tipo de irrigación. (Everest y Paul, 1980).

Cloruros.- Estan considerados entre los aniones que mas problemas causan en el agua de irrigación. Cuando hay acumulación de cloruros en los tejidos de las plantas, se produce amarillamiento de las hojas, seguido por un oscurecimiento en sus márgenes, - así como defoliación excesiva. (Everest y Paul, 1980). Los fruta les son los mas sensibles a los cloruros. (EPA, 1973).

Boro.- Es un elemento esencial para el crecimiento de - las plantas. Sin embargo hay variación en los requerimientos de ég te. En concentraciones de 1 mg/l puede ser tóxico para algunas - plantas. los daños que ocasionan son necrosis y clorosis. (EPA, 1973).

Sodio.- El agua de irrigación que presenta altas concentraciones de sodio, origina alteraciones en la estructura y per - meabilidad del suelo. (Lilleland et al., 1945). Ayers et al., - 1952) encontraron que el sodio quemaba las hojas de los almendros y aguacates. Bernstein (1967) sugirió que el agua que tiene valo res de 4 a 8 con respecto a la tasa de absorción del sodio, puede ocasionar daños en algunas plantas.

Bicarbonatos.- El agua que contiene altas concentraciones de bicarbonatos, impide que el hierro este disponible para -

las plantas provocando clorosis (Brown y Wadleigh, 1955). Concentraciones de 10 a 20 meq./l de bicarbonatos pueden causar clorosis en algunos cultivos.

**Nitratos.**- La presencia de nitratos en el agua de irrigación proporciona grandes ventajas, considerando que ayuda al crecimiento de las plantas. Es poco frecuente encontrar concentraciones que sean lo suficientemente altas para dañar el desarrollo de las plantas o su composición. Generalmente el manejo del suelo y del agua disminuye la concentración de las sales, lo cual también minimiza la acumulación de los nitratos. Los problemas surgen cuando el agua residual llega a contener grandes cantidades de materiales nitrogenados, ya que el nitrógeno contenido en esta forma, es lentamente convertido a nitratos. No existen recomendaciones en cuanto a límites de concentraciones de nitratos, ya que hay pocas evidencias de que estos se puedan concentrar en las plantas en niveles tóxicos.

**Elementos fitotóxicos.**- Estos elementos, son aquellos que normalmente se encuentran en el agua o en el suelo, en concentraciones menores de 100 g/l (ver tabla 2); tal es el caso de los metales pesados y de algunos iones como boro, litio y fluor. Algunos pueden ser esenciales para el crecimiento de las plantas. Se pueden alcanzar niveles tóxicos de estos elementos en el suelo, al disolverse en el agua que contiene este, cuando se hace uso de una irrigación continua con aguas negras. Sin embargo, para que esto suceda pueden pasar décadas, aún centurias, ya que ello depende de la composición, estructura, filtración y barbechado del suelo, así como de las características de los vegetales.

Las concentraciones máximas permisibles, para los elementos huella en el agua de irrigación, se muestran en la tabla 2.

**Demanda bioquímica del suelo y aereación del suelo.-** Es necesario mantener una cantidad de oxígeno adecuada en el suelo, para que se obtenga un crecimiento óptimo de las plantas. Cuando el agua utilizada, presenta valores altos de DBO o de demanda química de oxígeno (DQO), es mínimo el contenido de oxígeno, disponible para las plantas. Uno de los efectos que causa tal deficiencia, es la reducción de elementos como Fe y Mn a formas bivalentes mas solubles, creando condiciones tóxicas. La irrigación por aspersión reduce el valor DBO del agua.

**Pesticidas.-** Entre los pesticidas mas importantes que pueden encontrar en el agua de irrigación, están los insecticidas y los herbicidas. Los efectos que causan pueden ser directos o indirectos.

**Directos.-** Tienden a persistir en su forma original por largos periodos de tiempo.

**Indirectos.-** Se pueden acumular a lo largo de la cadena alimenticia del hombre. (EPA, 1973).

**Sólidos suspendidos.-** Cuando el agua que se utiliza para irrigación tiene un contenido alto de partículas, puede causar:

**En plantas.-** Cuando se irriga por aspersión, se pueden depositar capas coloidales, sobre la superficie foliar, reduciendo así la actividad fotosintética, deteriorando su crecimiento.

**En el suelo.-** La depositación de partículas coloidales en la superficie del suelo, puede originar costras, que inhiban la filtración del agua, emergencia de las semillas aereación del suelo, e impedir el desarrollo de las plantas.

**Acidez y alcalinidad.-** El agua por si misma, no es un sistema buffer, pero el suelo si lo es, -excepto los suelos que

son extremadamente arenosos o bajos en materia orgánica-. Así pues, el pH del suelo, no estará significativamente afectado, por la aplicación del agua de irrigación. Sin embargo, cuando se utiliza agua que presenta valores de pH por debajo de 4.8 y el suelo es ácido, posiblemente, se llegan a adicionar fierro, aluminio y magnesio solubles, en concentraciones suficientemente altas, que pueden llegar a ser tóxicas para los vegetales.

Así mismo, cuando el agua presenta valores de pH por arriba de 8.3 (altamente alcalinas), puede contener altas concentraciones de sodio, carbonatos y bicarbonatos. Estos constituyentes afectan a los suelos y al crecimiento de los vegetales directa o indirectamente.

**Material Radiactivo.-** Los vegetales pueden absorber radionuclidos, contenidos en el agua de irrigación, de la siguiente manera:

- Contacto directo con el follaje a través de la irrigación por aspersión. Al ser contaminadas las plantas, el daño se puede transferir al hombre o animales.
- Contacto indirecto a través de la contaminación del suelo.

**Metales pesados.-** Algunos metales pesados se precipitan, durante el tratamiento del agua negra, por lo que se conservan fuera del efluente utilizado para irrigación. Sin embargo algunos quelatos solubles de metales pesados, pueden formarse por la combinación de metales pesados y materia orgánica, persistiendo en la planta de tratamiento. Los metales pesados no esenciales son acumulados por los vegetales principalmente a nivel de la raíz, dependiendo de la concentración a la cual se encuentran, pueden afectar diversos procesos metabólicos. Al llegar al suelo deterioran el proceso de intercambio normal de cationes. Una vez que los metales han alcanzado un nivel tóxico en él, es difícil removerlos. (Everest y Paul, 1980).

**Temperatura.**- La temperatura del agua de irrigación tiene - efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de los vegetales.

**Directos.**- Pueden dañar las funciones fisiológicas de los vegetales, ya sea con temperaturas excesivamente altas o demasiado bajas.

**Indirectos.**- Al afectar la temperatura del suelo, se altera la entrada del agua, toma de nutrientes, translocación de metabolitos -estos indirectamente determinan la apertura de los estomas, y como consecuencia la entrada de agua a los vegetales.

Todas las especies de vegetales presentan rangos de temperatura donde se desarrollan mejor, la temperatura va a depender también del tipo de irrigación. (EPA, 1973)



### 3. CONTAMINACION MICROBIOLOGICA PROVOCADA POR EL USO DEL AGUA NEGRA EN LA AGRICULTURA.

Uno de los problemas mas serios que se tiene, al utilizar agua negra para irrigación, es que lleva consigo gran diversidad de microorganismos patógenos, que pueden afectar seriamente - al hombre y a los animales. Estos microorganismos, provienen de - las comunidades, que contribuyen con desechos fecales, domésticos alimenticios, participando también las plantas procesadoras de alimento, rastros, hoteles, hospitales, restaurantes, etc. Estos - desechos llegan a formar parte del agua negra, la cual aporta un amplio espectro de bacterias patógenas, virus, protozoarios y hel - mintos. Estos microorganismos son excretados por casos clínicos y portadores asociados con enfermedades entéricas endémicas en la comunidad. Durante los periodos de epidemia por enfermedades enté - ricas las concentraciones de patógenos, pueden llegar a incremen - tarse.

Se han detectado en el agua negra, agentes que son los causantes de las siguientes enfermedades entéricas: Disenteria - amibiana y bacilar, cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, gas - troenteritis originada por Salmonella, infecciones provocadas por helmintos, protozoarios y virus, incluyendo el causante de la poli - mielitis. Estos organismos pueden ser excretados en altas con - centraciones por la comunidad en forma regular por portadores a - sintomáticos. Debido a esto, el agua negra, debe ser considerada como una fuente potencial de una amplia variedad de patógenos en - téricos.

La densidad de la población de los microorganismos, de - penderá en gran medida de la cantidad y calidad del alimento dis - ponible. La cantidad de materia orgánica en el agua, tendrá una

gran influencia en su multiplicación, así como en las especies que se desarrollen mejor. Los constituyentes inorgánicos y gaseosos - también podrán ejercer su influencia, algunas veces favorable, o - tras inhibidora (Shuval, 1977).

Es de vital importancia, considerar a los microorganismos patógenos que forman parte del agua negra, sobre todo, cuando esta agua, no recibe ninguna clase de tratamiento, antes de ser utilizada para irrigar cultivos de vegetales que son para consumo humano o animal. El problema de la presencia de estos organismos patógenos reside en su depositación sobre los vegetales, a través de la irrigación, donde pueden sobrevivir por largos períodos de tiempo, aún después del levantamiento de la cosecha, durante la cual, la contaminación generalmente aumenta, debido a la manipulación y al contacto con el suelo. Por lo tanto, cuando estos vegetales, llegan a ser consumidos tanto por los humanos como por los animales, les pueden ocasionar serias infecciones si no se toman las medidas adecuadas de higiene.

3. a. Microorganismos patógenos contenidos en el agua negra y enfermedades que producen al hombre.

Bacterias.- Las bacterias patógenas, más importantes, que están presentes en el agua negra (Kowal et al., 1980) son:

Nombre	Enfermedad
<u>Campylobacter fetus</u>	Gastroenteritis
<u>Escherichia coli</u> (Cépas patógenas)	Diarrea y gastroenteritis
<u>Leptospira</u> spp	Leptospirosis
<u>Salmonella</u> spp	Salmonelosis
<u>Salmonella paratyphi</u> (A,B,C)	Fiebre paratifoidea
<u>Salmonella typhi</u>	Fiebre tifoidea
<u>Shigella sonnei</u> , <u>S. flexneri</u> , <u>S. boydii</u> y <u>S. dysenteriae</u>	Shigelosis o Disenteria bacilar

Nombre	Enfermedad
<u>Vibrio cholerae</u>	Cólera
<u>Yersinia enterocolitica</u>	
<u>Y. pseudotuberculosis</u>	Yersiniosis

Todas las bacterias mencionadas, pueden producir infecciones asintomáticas, tienen portadores que pueden ser humanos, y muchas también presentan importantes reservorios, como mamíferos domésticos y silvestres, tales como pájaros, tortugas, entre otros.

En las aguas negras, también podemos encontrar otras bacterias patógenas de menor importancia como Bacillus cereus, Brucella sp, Citrobacter spp, Clostridium perfringens, Klebsiella spp, Mycobacterium tuberculosis, Proteus spp, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus y Streptococcus spp. Esta lista es arbitraria, ya que casi cualquier bacteria puede llegar a ser patógena bajo condiciones adecuadas -inmunológicas, cuando el estado de salud es muy débil-.

La mayoría de las bacterias que están presentes en el agua negra, llegan ahí, por las heces humanas, aunque algunas como Leptospira, llegan a través de la orina. Las heces humanas contienen alrededor de un 25-33% en peso de bacterias, la mayoría de éstas, están muertas. La composición exacta de bacterias viables en las heces, depende de factores como la edad y hábitos nutricionales del individuo. Las bacterias de las heces son predominantemente anaerobias, las cuales al pasar al drenaje sufren un stress eliminándose algunas; es por ello que la composición bacteriana del agua negra es drásticamente diferente de la de las heces. La mayoría de los microorganismos del tracto gastrointestinal humano o animal, no se multiplican después de salir de él, ya que no encuentran condiciones favorables para su desarrollo y multiplicación. Así que el tiempo es uno de los factores esenciales que determina su presencia en el medio ambiente.

De acuerdo a Carnow et al (1979) citado por Kowal et al., 1980, las bacterias más abundantes de origen humano en el agua negra son: Proteus, enterobacterias ( $10^5$ / ml), streptococos fecales ( $10^3$ - $10^4$ /ml) y Clostridium ( $10^2$ - $10^3$ ); en menor proporción se presentan Salmonella y Mycobacterium tuberculosis.

El contenido total de bacterias en el agua residual, que no presenta ninguna clase de tratamiento y desinfección, es cerca de  $10^7$  organismos/ ml (Carnow et al., 1980).

La presencia y nivel, de cualquiera de las bacterias patógenas, en el agua residual, depende de los niveles de infección a que esta sujeta la población contribuyente.

Virus.- Los virus humanos entéricos, que pueden estar presentes en el agua negra son (Melnick et al., 1978; Holmes, 1979; citados por Kowal et al., 1980):

Nombre	Enfermedad
<b>ENTEROVIRUS</b>	
Poliovirus	Poliomelitis
Coxsackievirus A (24 tipos) Tipo 7	Reumatismo muscular y herpangina
Coxsackievirus B (6 tipos) Tipos 2, 3 y 4	Miocarditis
Echovirus (32 tipos)	Meningitis aseptica, encefalitis, diarrea, pericarditis, infección del tracto respiratorio, reumatismo, miocarditis

Nombre	Enfermedad
Virus A de la hepatitis	Hepatitis infecciosa
Rotavirus	Gastroenteritis aguda
Adenovirus (28 tipos)	Infecciones respiratorias y de los ojos.

La transmisión de los virus por las heces, es la 2a vía más frecuente en cuanto a la dispersión de las infecciones virales, ya que la primera ruta es la respiración. Ningún virus es un habitante normal del tracto gastrointestinal, ni son componentes regulares de las heces humanas. Todos los virus se pueden considerar como patógenos, aunque la mayoría pueden producir infecciones asintomáticas.

La concentración en la cual se encuentra un virus, en las heces de una persona no infectada, no se ha determinado exactamente; aunque algunos datos indican que se encuentran alrededor de  $10^6$ /g. Akin y Hoff (1978) citados por Kowal et al., 1980, concluyeron tomando en cuenta varios estudios de campo que el agua residual contiene menos de 1000 virus/l, pudiendo exceder las 10,000 unidades de virus por litro.

Protozoarios.- Los protozoarios más comunes que se pueden encontrar en el agua residual, son (Kowal et al., 1980):

#### Patógenos Humanos

Entamoeba histolytica

Giardia lamblia

Balantidium coli

Toxoplasma gondii

Isoospora belli, I. hominis

## Comensales Humanos

Dientamoeba fragilisEndolimax nanaEntamoeba coliIodamoeba butschlii

De estos, solo tres especies se consideran importantes, en cuanto a la transmisión de enfermedades a humanos por medio del agua negra; estas son: Entamoeba histolytica, Giardia lamblia y Balantidium coli. Toxoplasma gondii también causante de provocar enfermedades a humanos, pero la transmisión por el agua residual es poco común. Eimeria spp también se le puede identificar frecuentemente en muestras fecales de humanos, pero se consideran parásitos falsos, que entran al tracto gastrointestinal por el pescado que se ingiere.

Las enfermedades que pueden causar estos organismos son:

Nombre	Enfermedad
<u>Entamoeba histolytica</u>	Amibiasis o Disenteria amibiana
<u>Giardia lamblia</u>	Giardiasis
<u>Balantidium coli</u>	Balantidiasis
<u>Toxoplasma gondii</u>	Toxoplasmosis

Los tipos y niveles de quistes de protozoarios presentes, en el agua residual, depende del grado de enfermedad en que se encuentre la población contribuyente y del grado de contribución por parte de los animales al sistema. Por ejemplo, el número de quistes excretados por un portador de Entamoeba histolytica, se ha estimado que es de  $1.5 \times 10^7$ / día (Chang y Kabler, 1965; citados por Kowal et al., 1980).

Un adulto infectado con Giardia lamblia excreta  $2.1 - 7.1 \times 10^8$  / día (Jakubowski y Ericksen, 1979; citados por Kowal et al., 1980).

Las concentraciones de quistes de protozoarios, que podemos encontrar en el agua negra (Kowal et al., 1980) son:

Organismo	Tipo de agua de desecho	Concentración (quistes)
<u>Entamoeba histolytica</u>	Agua negra no tratada	4.0
	Efluente municipal	2.2
	Durante una epidemia	5,000
<u>Giardia lamblia</u>	Agua negra no tratada	$9.6 \times 10^3$ - $2.4 \times 10^5$

Helmintos.- Los huevos de helmintos patógenos, que se pueden encontrar en el agua negra (Kowal et al., 1980) son:

Patógeno	Enfermedad
NEMATODOS	
<u>Enterobius vermicularis</u>	Enterobiasis
<u>Ascaris lumbricoides</u>	Ascariasis
<u>A. sumu</u>	Ascariasis
<u>Trichuris trichiura</u>	Trichuriasis
<u>Necator americanus</u>	Uncinariasis
<u>Ancylostoma duodenale</u>	Uncinariasis

Patógeno	Enfermedad
NEMATODOS	
<u>A. braziliense</u>	Dermatitis verminosa reptante 6 larva cutánea emigrante
<u>A. caninum</u>	Dermatitis verminosa reptante 6 larva cutánea emigrante
<u>Strongyloides stercoralis</u>	Estrengiloidiasis
<u>Toxocara canis</u>	Larva visceral emigrante
<u>T. cati</u>	Larva visceral emigrante
CESTODOS	
<u>Taenia saginata</u>	Teniasis
<u>T. solium</u>	Teniasis
Fase larvaria de <u>T. solium</u> o cisticerco	Cisticercosis
<u>Hymenolepis nana</u>	Teniasis
Fase larvaria de <u>Echinococcus granulosus</u>	Quiste hidatídico o enfermedad unilocular hidatídica
Fase larvaria de <u>E. multilocularis</u>	Quiste hidatídico o enfermedad alveolar hitatídica

Ningún helminto es un habitante normal del tracto gastrointestinal, por lo que no hay niveles normales de huevos de helmintos en las heces. Algunos niveles sugeridos por Feacem et al., (1978) citados por Kowal et al., 1980; de huevos de helmintos que están presentes en las heces de personas infectadas, son (huevos/g):



Organismo	Concentración (huevos/g)
<u>Enterobius</u>	0
<u>Ascaris</u>	10,000
<u>Trichuris</u>	1,000
<u>Necator y Ancylostoma</u>	800
<u>Taenia</u>	10,000

Estos valores dependeran de la intensidad de la infección.

En cuanto a los niveles de quistes de helmintos que se puedan encontrar en el agua negra, Foster y Engelbrecht, 1973 (citados por Kowal, et al., 1980), sugieren que se encuentran 66 huevos de helmintos/l de agua negra no tratada, y Larkin et al., 1978 (citados por Kowal et al., 1980) citan valores de 15 a 27 huevos de Ascaris en un litro de agua de un efluente primario.

### 3. b. Fitopatógenos contenidos en el agua negra y sus posibles efectos sobre los vegetales.

El peligro de utilizar agua negra para la irrigación, estriba en que los fitopatógenos puedan ser esparcidos en un área no infectada, de donde pueden llegar a difundirse por otros medios y entonces causar epidemias importantes ya que los fitopatógenos tienen la capacidad de sobrevivir en el agua por largos períodos de tiempo (Shokes y Mc Carter, 1978; citado por Fowler, 1979). Esto se presente si el agua residual agrícola se vierte en los canales donde se almacena y de donde se le esta sacando continuamente para regar otros cultivos.

Los fitopatógenos tienen muchos métodos de diseminación, además del agua, estos incluyen lluvia, semillas, vientos, hombre y animales. Por lo tanto es difícil determinar experimentalmente

las pérdidas económicas que pueden resultar del reuso del agua residual contaminada por la agricultura. Las infecciones de las plantas no se consideran serias, a menos que un porcentaje económicamente importante de las cosechas esta afectada (U.S. Environmental Protection Agency, 1973).

**Bacterias.**- Pocos datos se han publicado con respecto a estos patógenos. Kelman (1953) (citado por Steadman, et al., 1979) reporta la dispersión por el agua residual de bacterias que ocasionaban la marchitez del tabaco.

Debido a que hay millones de microorganismos causantes de enfermedades en las plantas, se utilizan principalmente algunos nemátodos en ciertos hongos, que se pueden indentificar facilmente como indicadores de contaminación. (Klotz et al., 1959; citados por Steadman, et al., 1979).

**Virus.**- La mayoría de los virus patógenos de plantas no se mantienen en estado infectivo, fuera del hospedero vector; - dos excepciones son: Virus del Mosaico del Tabaco (VMT) y el virus que produce necrosis al tabaco (VNT).

Hay evidencias de que persisten en asociación con los coloides del suelo, pudiendo entrar a las raíces de la planta por medio de las rajaduras.

Se conoce que algunos virus infectivos, persisten en el vector nemátodos por meses an la ausencia de una planta hospedera (Faulkner y Bolander, 1970; citados por U.S. Environmental Protection Agency, 1973). Asi estos pueden ser distribuidos por el agua de irrigación. Otro vehículo de dispersión de los virus es por medio de zoosporas de hongos, que son facilmente acarreadas por el agua (Grogan et al., 1962; citados por Steadman et al., 1979).

El vehículo más común para su distribución en el agua de irrigación es por medio de los esporangios acarreados por el agua. Los cuales son liberados al suelo por las raíces podridas de las plantas hospederas.

Hongos.- Solo algunos estudios han demostrado la presencia de hongos patógenos de plantas en el agua negra. Unicamente se han reportado en el agua que se utiliza para irrigación los hongos fitopatógenos siguientes: Verticillium albo-atrum, Sclerotinia sclerotiorum, Rhizoctonia solani y Sclerotium sp (Steadman, et al., 1975 citado por Steadman et al., 1979).

Phytophthora spp, patógeno de cítricos, se encontró en canales de irrigación y reservorios de 5 ciudades del Sur de California (Klotz et al., 1959; citados por U.S. Environmental Protection Agency, 1973).

Hay un gran número de hongos fitopatógenos que pueden ser fácilmente diseminados por el agua de irrigación.

Nemátodos.- De todos los fitopatógenos, los nemátodos son los que presentan la distribución mas amplia en el agua de irrigación. Cuando el drenaje superficial de los campos de agricultura es colectado y reintroducido a los sistemas de irrigación, sin ser primero retenidos en tanques de sedimentación; gran número de nemátodos pueden ser transferidos. Datos de Faulkner y Bolander, 1970; citados por U.S. Environmental Protection Agency, 1973, indicaron que un acre de tierra en el Valle Inferior de Yakima, puede recibir de 4 millones a 10 millones de nemátodos parásitos de plantas en cada irrigación. Algunos de los nemátodos detectados fueron: Meloidogyne hapla, Heterodera schachtii, Pratylenchus spp y Tylenchorhynchus sp y Tylenchulus semipenetrans - nemátodo de cítricos-.

#### 4. CONTAMINACION DE LOS VEGETALES DURANTE LA COSECHA Y TRANSPORTE A LOS CENTROS DE DISTRIBUCION.

Anteriormente, se discutió el papel que juegan las aguas negras cuando son utilizadas en la irrigación de los vegetales. Mencionando que el efecto primario que trae como consecuencia, esta práctica, es el contaminar a los vegetales con organismos patógenos entéricos, provenientes la mayoría del material fecal. Sin embargo, esta no es la única fuente de contaminación, también tiene lugar una serie de eventos importantes que contribuyen a su contaminación, antes de que estos productos lleguen a manos del consumidor. Estos eventos generalmente son: Fertilización de los suelos con desechos animales o humanos, manipulación durante y después del levantamiento de la cosecha, transportación de los vegetales hacia los centros de distribución y el manejo inadecuado de estos en los establecimientos donde son ofrecidos al público en general.

Así pues cuando se adquieren vegetales manejados bajo esas condiciones, se tiene la posibilidad de adquirir ciertas enfermedades a través de ellos -principalmente cuando se consumen crudos-, debido a la presencia de microorganismos patógenos. Por consiguiente es necesario tomar, varias medidas higiénicas antes de su ingestión, para poder prevenir tal efecto.

##### 4. a. Fuentes de contaminación fecal, en los vegetales durante su cultivo.

Los vegetales, que se encuentran bajo condiciones de cultivo, siempre llevan consigo en su parte superficial una flora típica de microorganismos, cuyo número va a depender, del tipo de vegetal y del medio ambiente en que se encuentre -se pueden encontrar microorganismos en un intervalo de cientos, miles o millones/cm<sup>2</sup> de superficie. La flora típica general esta constituida: Pseudomonas,

Alcaligenes, Flavo-bacterium, Streptococcus faecium y faecalis, coliformes y bacterias de ácido láctico. Esta flora puede ser modificada, por microorganismos provenientes del suelo, agua, desecho, -aire y animales. Si estos microorganismos encuentran condiciones adecuadas para su crecimiento, su número aumenta considerablemente, y clases especiales de microorganismos se desarrollaran. Es por esto que siempre se deben de considerar todas las fuentes posibles de contaminación fecal que puedan afectar a los vegetales durante su desarrollo, antes de aplicar las recomendaciones bacteriológicas. (Frazier, 1970).

En general la contaminación, tiene principalmente orígenes uno a través de fuentes naturales y el otro por la práctica de la irrigación con agua negra. (Marshall, 1978).

#### Fuentes Naturales.-

Contaminación por Insectos.- De todas las posibles fuentes de contaminación natural, los insectos son los que contribuyen con la parte más pequeña de coliformes fecales -la frecuencia de densidad de coliformes fecales aportada por ellos, dependerá de su actividad en los vegetales-. Los escarabajos, saltamontes y polinizadores son los mas importantes; estos durante su paso en los desechos fecales, se les pueden adicionar bacterias en las patas peludas, en pelos de su exoesqueleto o entrar al tracto digestivo cuando se alimentan de partículas de desechos de animales que pueden encontrarse en los vegetales.

Contaminación por animales silvestres.- La contaminación por defecación directa de animales silvestres o de granja, sobre los vegetales, es probablemente la mas significativa en cuanto a la transmisión de enfermedades. Los vegetales foliosos (como la lechuga o espinaca) y los que crecen embebidos en la tierra (como el rábano), son fuentes de alimento muy atractivos para la mayoría de los roedores y ratas. Esta clase de cultivos generalmente tie-

nen 100 o mas roedores/acre. Las poblaciones de conejo también abundan en los cultivos de vegetales.

Los animales de granja son particularmente peligrosos, - debido a que son fuente de bacterias y virus patógenos y de parásitos de origen **entérico**.

Generalmente la piel, pezuñas, y pelos de los animales silvestres y las plumas y patas de las aves portan un gran número de microorganismos que obtuvieron del suelo, forraje y agua. Son estas estructuras las que tambien pueden contaminar a los vegetales por contacto superficial con ellos -aparte de su contaminación por defecación directa-.

Contaminación por el suelo.- La contaminación fecal de la tierra donde se cultivan a los vegetales, generalmente es ocasionada por desechos domésticos no tratados y abono animal que se utilizan como fertilizante; por agua contaminada que esta llegando constantemente a través de la irrigación y por la visita esporádica de animales silvestres en busca de alimento, que dejan sus desechos fecales. Es por esto que el suelo contiene una gran variedad de microorganismos, los cuales contaminan a los vegetales que se desarrollan en ellos, como a los animales que los visitan, ejerciendo alguna actividad.

Contaminación por el aire.- El aire también es un factor importante que contribuye a la contaminación de los vegetales. Entre los organismos que puede adicionar, los mas importantes son los que causan infecciones respiratorias.

Cualquier tipo de bacteria puede estar suspendida en el aire, especialmente en las partículas de polvo o en gotas. Los sprays originados por la irrigación por aspersión, pueden ser transportados por el aire, pudiendo llevar consigo bacterias patógenas. (Frazier, 1967, Goldreich y Bordner, 1970).

4. b. Factores que influyen la sobrevivencia y distribución vertical de los microorganismos patógenos en el suelo.

Una vez que los microorganismos han sido depositados en el suelo y en los vegetales -principalmente en sus partes aéreas superficiales- se van a enfrentar a una etapa de adaptación y sobrevivencia, dada principalmente por el medio que los rodea.

Generalmente la acción que ejercen las condiciones ambientales sobre los microorganismos es alterar su fisiología, pudiendo -provocar su inactivación.

Es de vital importancia conocer el tiempo de sobrevivencia que tienen estos microorganismos en forma natural en el suelo y sobre los vegetales, sobre todo cuando se quiere saber: ¿ que tanto tiempo debe transcurrir, después de haber aplicado la última irrigación, antes de realizar el levantamiento de la cosecha ?; ya que con esto se pueden prevenir los efectos dañinos que pueden causar los organismos patógenos. El mecanismo de acción de este procedimiento es el siguiente: "Al no utilizar agua negra para irrigación, en el último período del desarrollo de los vegetales - 1 mes o más, antes del levantamiento de la cosecha se pueden inactivar los microorganismos presentes, debido a los efectos que los factores como radiación solar, temperatura, pH y humedad ejercen sobre ellos. Durante este lapso se deben irrigar con agua de mejor calidad.

Tiempo de sobrevivencia en el suelo.- La contaminación frecuente del suelo por las aplicaciones continuas de agua negra o de abono animal neutraliza las condiciones ambientales desfavorables para los organismos fecales y mantiene los grupos de indicadores bacterianos y patógenos por 2 meses o más. Las condiciones ambientales que afectan a los microorganismos en el suelo son: (Beard, 1940; Maddadock, 1933; Fair, 1960; Thomas, 1967 y Wiley, 1962; citados por Geldreich y Borden, 1970).

- Contenido de humedad.- Los suelos húmedos y los períodos de lluvia, incrementan el tiempo de sobrevivencia, esto ha sido demostrado para Escherichia coli, Salmonella typhi y Mycobacterium avium.

- Capacidad del suelo para retener humedad.- El tiempo de sobrevivencia es mayor en suelos que retienen humedad. Particularmente los quistes de protozoarios son muy sensibles a la sequía. Rudolfs et al (citado por Kowal et al, 1980) reportaron que el tiempo de sobrevivencia de Entamoeba histolytica en suelo seco es de 18-24 hrs. y en suelos húmedos de 42-72 Hrs.

- Temperatura.- El tiempo o sobrevivencia es mayor a bajas temperaturas. Los virus son los organismos mas afectados por la temperatura.

- pH.- El pH del suelo generalmente afecta a nivel de disponibilidad de nutrientes o agentes inhibitorios. El tiempo de sobrevivencia es más corto en suelos ácidos -pH 3-5 - que en suelos alcalinos.

- Materia orgánica.- La presencia de materia orgánica aumenta el tiempo de sobrevivencia, debido a la capacidad que tiene de retener la humedad. Suelos altamente orgánicos forman condiciones anaeróbicas, incrementando la sobrevivencia de E. coli. (Krassilnikov, 1965).

- Radiación Solar.- La radiación solar tiene sus efectos con mayor intensidad en la superficie del suelo provocando desecación y altas temperaturas, por lo que el tiempo de sobrevivencia disminuye grandemente en esta zona. Se han reportado grandes mortalidades de bacterias coliformes debido a la radiación solar. Parece ser que la longitud de onda corta es la mas letal, ya que la cantidad de energía que emite es mayor. (Gameson y Saxon, 1967).



- Microorganismos del suelo.- Los microorganismos endémicos del suelo, llevan a cabo competencia y de predación, por lo que disminuyen el tiempo de sobrevivencia. Los protozoarios son predadores importantes de las bacterias coliformes (Tate, 1978).

- Grado de adsorción de partículas en el suelo.- Esto es particularmente importante para los virus, ya que la adsorción de estos a las superficies inorgánicas prolonga su sobrevivencia. Aunque hay evidencias de que esta adsorción puede provocar su ruptura física. (Murray y Laband, 1978).

Se han reportado algunos datos sobre los tiempos de sobrevivencia de bacterias y virus en el suelo. (Bryan, 1977; Peachmen et al, 1978; citados por Kowal et al, 1980; Marshall, 1978).

Para Bacterias:

Microorganismos.	Tiempos de sobrevivencia (Días).
Bacterias coliformes.	4-77
Bacterias coliformes fecales.	8-55
Streptococcus fecales.	8-70
<u>Salmonella paratyphi</u> .	> 259
" <u>typhi</u> .	1-120
<u>Streptococcus faecalis</u> .	26-77

Para virus:

Virus.	Tipo de suelo.	Humedad Temp. °C	Tiempo de sobrevivencia (Días).
Enterovirus.	Arenoso.	10-20	70-170
		3-10	
		10-20	25-110
		18-23	
		Aire seco	15-25
		18-23	

Virus.	Tipo de suelo.	Humedad; Temp. °C	Tiempo de sobrevivencia (Días).
Poliovirus.	Arenoso.	Húmedo.	91
		Seco.	<77
	Arena Fina.		
	Arena Fina margoso.	Húmedo. 4°C	84
		Húmedo. 20°C	84
	-----	14-27°C 15-33°C	89-96 < 11
	Campo azucarero.	Abierto, con luz solar directa.	7-9
Campo azucarero maduro.		≤ 60	

Parece ser que el tiempo máximo de sobrevivencia de los virus entéricos es de 100 días, a menos que estén sujetos a temperaturas muy bajas, lo cual puede prolongar su sobrevivencia.

**Infiltración de Virus y Bacterias en el suelo.**- En forma general cuando las bacterias y virus son depositados en la superficie del suelo, pueden suceder tres cosas: que no resistan el stress ambiental y mueran, que se adapten o sobrevivan o que sean removidos a estratos inferiores por medio de infiltración o percolación. El hecho de que se pueda encontrar a los virus y bacterias en estratos inferiores, va a depender en gran parte de las características del suelo y del método empleado en la irrigación.

Según Gerba et al, 1975 (citados por Shaub y Sorber, 1976) los mecanismos de remoción para bacterias son la filtración, seguido por la fijación o adsorción; y para los virus el factor más importante es la adsorción a los suelos, especialmente a las arcillas.

El suelo superficial generalmente es incapaz de realizar una

adsorción muy activa, debido a que en este estrato hay materia - cargada con electrones, los cuales compiten con los viriones o - sólidos por los sitios de adsorción del suelo. Estos sitios de adsorción, en su mayoría están saturados por la llegada continua del agua negra, ya que esta porta una gran cantidad de materia orgánica altamente soluble, arcillas, minerales inorgánicos, etc. Sin embargo, la capacidad de adsorción para los virus aumenta en estratos inferiores donde no hay tanta competencia por la adhesión de partículas.

Con respecto a las bacterias, estas son de mayor tamaño - con respecto a los virus, por lo que no son removidas tan fácilmente a los estratos inferiores. En forma general el suelo superficial retiene concentraciones muy grandes de bacterias como coliformes totales y fecales, así como streptococcus; disminuyendo ésta - conforme nos vamos alejando de la superficie. Otro factor importante que retiene a las bacterias en la superficie es que aquí se encuentran concentraciones más altas de nutrientes. (Shaub y Sorber, 1976). Se ha reportado que las bacterias coliformes totales pueden viajar a 1.2 mts. de profundidad por día en suelos de poca permeabilidad y hasta 71 mts. en suelos altamente permeables. (Reneau, et al., 1977).

#### 4. c. Sobrevivencia de bacterias y virus en los vegetales.

La sobrevivencia de bacterias sobre los vegetales, es muy - importante, ya que estas se pueden consumir crudos por el hombre o - animales; pueden contaminar manos de trabajadores - durante el levantamiento de la cosecha- o contaminar su equipo de trabajadores. (Steadman et al. 1979). Es vital considerar este punto, porque aunque estos vegetales no traigan consigo una dosis mínima infecciosa - de una bacteria patógena; si son procesados en los alimentos puede - haber recrecimiento de estas. -Es frecuente que Salmonella se repro

duzca en un material alimenticio que proporcione humedad adecuada nutrientes y temperatura. (Bryan, 1977).

Las bacterias patógenas, no penetran a los vegetales, a menos que presenten rajaduras o hendiduras. Ercolani (1976), realizó pruebas microscópicas e histológicas on lechuga y encontro - que la mayoría de las bacterias estaban localizadas en su parte - superficial estableciéndose generalmente en los pliegues de la ho- jas. Rudolf's et al (1951), realizaron un estudio con jitomates - irrigados con agua negra y encontré que las rajaduras y hendidu- ras de los extremos de los tallos proporcionan lugares de protec- ción y resguardo para las bacterias entéricas, pudiendo sobrevivir en estas partes por largos períodos de tiempo. Los vegetales del tipo frondoso, como la lechuga y espinaca debido a que son de cre- cimiento lento y presentan mucho contacto con el suelo y tienen u- na constitución particular, proveen mucho resguardo a los microor- ganismos en general, incrementando su sobrevivencia, por lo que se consideran los más peligrosos en cuanto a la posible transmisión - de enfermedades. Algunos tiempos de sobrevivencia reportados por Kowal et al, 1980 son:

Bacterias.	Tipo de cultivo.	Tiempo de sobre- vivencia.
Coliformes	Jitomates.	>1 mes
	Vegetales frondosos.	35 días
	Forraje.	6-34 días
<u>Escherichia coli.</u>	Vegetales.	>3 semanas
	Hierbas.	>8 días
<u>Mycobacterium</u> spp	Hierba.	10-14 días
	Lechuga.	>35 días
	Rábano.	>13 días
<u>Salmonella</u> spp	Jitomates.	3-7 días
	Vegetales frondosos.	7-40 días
	Hierbas.	>6 semanas
	Betabel.	3 semanas

Bacterias	Tipo de cultivo.	Tiempo de sobrevivencia.
<u>Salmonella typhi</u>	Vegetales.	10-51 días
	Rábanos.	24-55 días
	Lechuga.	18-21 días
<u>Shigella</u> spp	Jitomate.	2-5 días
	Vegetales frondosos.	2-7 días
	Forraje.	< 2 días
<u>Vibrio cholerae</u>	Vegetales.	5-7 días

En cuanto a los virus, los tiempos de sobrevivencia que presentan estos en los vegetales, son similares a los de las bacterias. Parece ser que pueden permanecer vivos solo un mes después de la última irrigación con agua negra.

Hay datos que muestran la absorción de virus entéricos por las raíces de los vegetales, pudiendo ser estos trasladados a las partes aéreas en algunos casos. Pero, la rápida absorción de los virus por las partículas del suelo, en condiciones naturales, los hace inaccesibles al proceso de absorción de las plantas.

## 5. IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES MICROBIANOS EN LA EVALUACION SANTARIA DEL AGUA Y DE LOS ALIMENTOS.

### 5. a. Elección de las bacterias coliformes totales y fecales, como indicadoras de contaminación en agua y alimento.

Desde que se iniciaron los estudios sobre bacteriología del agua, ha existido gran interés en demostrar directamente la presencia de microorganismos patógenos intestinales. Debido a esto se desarrollaron una serie de investigaciones, dirigidas a resolver este problema. Encontrándose que ningún método era adaptable para el laboratorio, ya que se buscaba que fuera accesible, productivo y rápido, para enumerar tales patógenos y que fuera válido en la evaluación de la calidad sanitaria del agua (Butterfield, 1948). Por lo tanto se sugirió, que el agua se debería de analizar por evidencia de contaminación de excretas ó de desecho, y si llegara a presentar contaminación de este tipo, se le consideraría como potencialmente dañina (Dutka, 1973).

Así pues, las bacterias coliformes fueron elegidas como indicadoras de la calidad del agua, primariamente, basandose en el trabajo de Escherich, quién en 1885, identificó el Bacillus coli (de donde se deriva el nombre de coliforme), como característico de las heces de animales de sangre caliente, presentandose en grandes cantidades. El sugirió, que la presencia de estas bacterias podría indicar la posibilidad de encontrar patógenos entéricos. Desde entonces se han realizado trabajos, tomando en cuenta a estas bacterias. Como consecuencia de estos estudios, la presencia de estos organismos en el agua, fué instituida como una evidencia de contaminación fecal, en U.S.A. en 1914 por Public Health Service (Chordash e Insalata, - 1976). Por lo tanto la presencia de las bacterias coliformes, se con

sidera como una indicación de los posibles daños a la salud, debido a su asociación en el intestino con una variedad de microorganismos patógenos como: salmonella, Shigella, Vibrio, Mycobacterium, Pasteurella, Leptospira y virus entéricos (Dutka, 1973).

Sin embargo, con el paso de los años muchos estudios mostraron que las bacterias coliformes, podían llegar a ser indicadores falsos en relación a los daños que pudieran ocasionar a la salud; debido a que tienen la capacidad de reproducirse fuera del animal, en agua enriquecida por materiales como: corteza de árbol, vegetación en estado de putrefacción, material celulósico, materia orgánica, etc. (Eliassen, 1967; Hendricks, 1972; citados por Holden, 1970; Dutka, 1973). Estas evidencias, estimularon las investigaciones del uso de una variedad de organismos indicadores como: Coliformes fecales (E. coli), sterptococos fecales y Clostridium, dándole énfasis, especialmente al grupo de las coliformes fecales (Dutka, 1979). Así pues, Escherichia coli, el cual pertenece al grupo de coliformes se le consideró como el indicador de la contaminación fecal, mas delicado y más certero. Según Houston (1925) (citado por Holden, 1970), lo consideró: "El examen de E. coli, es el más práctico y más delicado, para detectar excrementos, y debe ser tomado como el indicador más real, de un posible daño a la salud, esta prueba jamás se deberá omitir, y no se podrá dar ninguna evidencia de contaminación fecal, sin que se hayan evaluado estas bacterias en el agua".

**Características de Escherichia coli.**- Se conoce universalmente que los excrementos del hombre, mamíferos y aves, contienen E. coli en cantidades enormes de 100 a 1000 millones/g. Este organismo se encuentra en aguas que están expuestas a una contaminación directa o indirecta por materia de origen intestinal, tanto del hombre como de animales. E. coli se desarrolla bajo condiciones normales en

el agua, donde lentamente sucumbe desde que sale del intestino ya que es incapaz de resistir condiciones extraintestinales. Su presencia en número suficiente, demuestra que la contaminación es continua y excesivamente reciente. Las aguas que no están expuestas a fuentes contaminadas, están libres de E. coli.

Hay limitaciones, en cuanto al valor de demostrar si E. coli, presente en el agua, proviene de excrementos humanos, de animales silvestres o de aves, sin embargo la incapacidad de distinguir su origen es poco importante (Holden, 1970).

Ahora bien, tomando en cuenta, que E. coli no es el único organismo que forma parte de las bacterias coliformes fecales, sino que hay otros tipos, los cuales pueden predominar más que E. coli en algunos períodos; se consideró que era mejor medir todos los tipos de coliformes fecales comunes, que se encuentran en el tracto intestinal. Ya que el hombre en particular tiene una flora fecal muy diversa. Por lo tanto se determinó que la evaluación de las coliformes fecales, era la medida más adecuada para evaluarlos. En lugar de identificar a E. coli únicamente, utilizando esta última medida como suplementaria para aclaración de dudas, en cuanto a su presencia y número. Sin embargo posteriormente se consideró necesario la investigación de E. coli en cada análisis adicional a la prueba de coliformes fecales para realizar de esta manera una evaluación más certera, debido a la importancia de esta bacteria presenta como indicador de contaminación fecal. (Geldreich, 1976).

Los grupos de coliformes totales y fecales, no son los únicos organismos que se encuentran en las heces de los animales de san gre caliente. La flora microbiana fecal, incluye una variedad muy amplia de bacterias, virus, bacteriófagos, hongos, levaduras y protozoarios,



los cuales varían en frecuencia de aparición y densidad/g. Su frecuencia inconsistente, baja densidad y métodos de detección complicados, los han limitado para ser seleccionados como indicadores adecuados de contaminación fecal. Es por ello, que se ha restringido a las coliformes totales y fecales como candidatos para indicadores (Geldreich, 1970); debido a que las pruebas de obtención para estos organismos son simples y rápidas.

Algunas de las características que apoyan su uso como indicadores de contaminación fecal, emergen al compararlos con los métodos químicos o biológicos que evalúan la calidad del agua; siendo estos:

- 1.- Fácilmente se distingue la contaminación fecal de otras formas de contaminación.
- 2.- Las pruebas microbianas, en particular las bacteriológicas, que determinan la contaminación fecal, son extremadamente sensibles. El agua negra no tratada contiene aproximadamente  $10^7$  E. coli/100ml y es completamente posible detectar un organismo de E. coli/100ml; además de que estas aguas se pueden diluir más de una millonésima, detectándose todavía organismos. En la misma dilución, una evaluación química y aún biológica, no sería sensible.
- 3.- Muchas de las pruebas bacteriológicas, se han desarrollado de tal forma que es fácil obtener resultados reales, aun cuando estas sean ejecutadas por personal inexperto. Además, algunos de los medios complejos, que se utilizan, se pueden obtener en forma deshidratada, y algunos se encuentran disponibles pre-esterilizados.
- 4.- La evaluación bacteriana del agua, rápidamente proporciona un resultado cuantitativo, y es por esto que ha sido posible definir, estándares microbianos para la calidad del agua para diversos usos. Estos están generalmente relacionados con las infecciones que pudieran ocasionar los patógenos en los humanos y ocasional-

mente al riesgo de que los animales pudieran contraer alguna infección (Evison, 1979).

Indicadores microbiológicos de los alimentos.- En cuanto a los alimentos, se han tratado de adaptar los métodos microbiológicos, utilizados para el agua, en los alimentos, desde que se propusieron a las coliformes totales y fecales como indicadoras de contaminación en el agua.

Sin embargo, hay que considerar que los sistemas alimenticios, por sí mismos, contienen crecimiento de microorganismos, mientras que el agua no, por lo que se deben crear adaptaciones.

Las pruebas de indicadores más utilizadas son:

- Conteo de aerobios totales en placa
- Coliformes totales
- Coliformes fecales (Escherichia coli)

El significado que tienen estas pruebas al ser aplicadas a los alimentos es: un contenido alto de aerobios totales, indica alto riesgo de patógenos (Miskimin et al., 1976); en cuanto a las coliformes totales, como estas han sido aisladas de numerosas fuentes diferentes al material fecal, su presencia en algunos alimentos no necesariamente implica contaminación fecal, o estado antihigiénico (Chordash e Insalata, 1978), así que la ausencia de coliformes solo se asume como una indicación de buenas condiciones sanitarias (Buttiaux y Messel, 1961; citados por Chordash e Insalata, 1978). La prueba de coliformes fecales ha sido adoptada ampliamente como un método más preciso de indicación de contaminación fecal en alimentos crudos o procesados. En general se puede disponer de cualquiera de las tres pruebas para evaluar la sanidad que presentan los alimentos (Miskimin et al., 1976)

5. b. Definición de los grupos coliformes totales y fecales.

El grupo coliformes ó coliformes totales, incluye a todas las bacterias aerobicas y anaerobicas facultativas, gram-negativas, que no forman esporas, pueden ser cortas (casi todas cocales) ó muy largas (generalmente de dos a tres de long y 0.5 de ancho) pueden ser móviles (con flegelos) o inmóviles. Fermentan la lactosa en - 24/48 horas a 35°C con producción de gas. Dentro de este grupo se encuentran 4 géneros reconocidos por el Comité Internacional de Nomenclatura de la familia Enterobacteriaceae, siendo:

- Grupo Escherichia, (género), especies tipo E. coli.
- Grupo Enterobacter (género)
  - Sub-grupo A, especies tipo E. cloacae
  - Sub-grupo B, especies tipo E. aerogenes subespecie hafniae.
  - Sub-grupo C, especies tipo E. liquefaciens.
- Grupo Citrobacter (género), especies tipo C. freundii
- Grupo Klebsiella (género), especies tipo K. pneumoniae. Otras especies K. ozaenae y K. rhinoscleromatis.

En cuanto al grupo de las coliformes fecales, estas forman parte del grupo coliformes totales. Se definen como gram-negativas, no formadoras de esporas, fermentan la lactosa en  $24 \pm 3$  horas a  $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$  con la producción de gas, si se emplea la prueba de los tubos múltiples de fermentación; o pueden producir ácido con la formación de colonias azules si se utiliza la técnica de filtración por membrana. La especie principal que contiene el grupo coliforme fecal es Escherichia coli, la cual es indicadora de contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos entéricos (U.S. Environmental Protection Agency, 1978 y Holden, 1970).

5. c. Ventajas y desventajas que ofrecen las bacterias coliformes totales y fecales al ser utilizadas como indicadores en la evaluación de la calidad del agua.

Con el paso de los años, el número de bacteriólogos se ha incrementado, pero han dominado este campo médicos así como ingenieros, quienes han atacado vigorosamente el uso de coliformes como indicadores de la contaminación fecal del agua. Ellos se basan en el criterio de lo que significa un sistema indicador verdadero, el cual debe cumplir con lo siguiente:

1. Encontrarse en mayor cantidad que los patógenos.
2. No deben tener la capacidad de proliferar en el medio acuoso en un grado mayor que los patógenos entéricos.
3. Deben ser más resistentes a la desinfección y al medio acuoso que los patógenos.
4. Deben de producir reacciones características y simples, para poder identificarlos inequívocamente.

En los diez años pasados, varios investigadores han demostrado que las coliformes no satisfacen ninguno de los criterios mencionados. Hara (1977), citado por Geldreich, 1978, agregó que el uso corriente de coliformes como indicadores de contaminación o como indicadores en la eficiencia del tratamiento del agua, no proporciona seguridad contra todos los organismos patógenos potenciales presentes. Varios casos con respecto al punto 1, se han reportado; por ejemplo: se aislaron patógenos del agua que había sido evaluada con estándares para coliformes, en Riverside, California, durante una epidemia de gastroenteritis causada por Salomonella typhirium (1963-1965), la cual afectó a 18,000 personas. En este caso se encontró -

Salmonella en suministros de agua que contenían menos de 2.2 coliformes/100 ml (Dutka, 1973).

Seligman y Ritler (1965), op. cit., describieron una epidemia de salmonelosis en Galilea, de donde aislaron salmonelas que contenían 0, 2.2, 4, 9, 20 y 13000 coliformes. El virus de la polio melitis fué aislado de un restaurante en Michigan en el cual las cantidades de coliformes se encontraban en un rango de 0-15 (Mack et al., 1972; citado por Dutka, 1973).

Así pues, en muchas ocasiones, se han originado infecciones entéricas por ingerir agua con algunas coliformes fecales. Sin embargo, Geldreich (1970), al respecto, considerará que la incapacidad para detectar salmonela, en algunos casos, cuando las densidades de coliformes fecales son mayores de  $10^2$ - $10^3/100$  ml, demuestra que la presencia de salmonela en el agua contaminada es altamente variable y además esta condicionada a la incidencia de salmonelosis en una población dada. Se necesita una población mínima de salmonela para que esta pueda ser aislada. En U.S.A. la ausencia de epidemia, el valor de Salmonella se ha reportado ser menor de 1 % (Hall y Hausser, 1966; citado, por Geldreich, 1970), tomándose este índice como indicativo de la población en general. Por lo tanto se esperaría un resultado negativo de Salmonella en el desecho doméstico en una población pequeña, sin embargo niveles significativos de coliformes fecales y otros patógenos pueden en ese momento, prevalecer (Geldreich, 1970).

Referente a los puntos 2 y 3, Miller (1940), op. cit., aisló 16 salmonelas de agua libre de coliformes con una concentración de  $Cl^-$  residual de 0.2 mg/l.

Con respecto al punto 2, en 1967, Eliassen estudió el efecto de efluentes clorinados y no clorinados en las aguas. Observó que las cantidades de coliformes incrementaban de 10 a 40 veces en 30 horas

después de la descarga. Aún con clorinación de 15 min de duración había una producción de 1 a 12 veces del número original de bacterias. Dutka en 1970, encontró que las coliformes eran capaces de crecer y multiplicarse rápidamente bajo condiciones naturales. - También se ha reportado la habilidad de los organismos entéricos para crecer y multiplicarse en aguas que reciben nutrientes.

Considerando el punto 3, se tiene evidencia de que otros microorganismos como los poliovirus son más resistentes a la clorinación que las bacterias (Marais et al., 1966; Poymeter, 1966; - Sproul et al., 1967 y Warriner, 1967; citados por Holden, 1970). Coetzee y Fourie (1965) op. cit., encontraron que S. typhi fué mas resistente que las bacterias coliformes a la desinfección. Otros - estudios han demostrado que los factores ambientales que ocasionan grandes mortandades en las coliformes no siempre corresponden con las reducciones de salmonela (Dutka, 1973).

Todas estas evidencias indican, que las coliformes pueden ser útiles cuando se quiere evaluar nuevas fuentes de agua, pero se presentan problemas, cuando se monitorea agua que quiere ser reutilizada. (Macbe, 1977; citado por Geldreich, 1978).

Ahora bien, el principio de indicador, en la bacteriología de la contaminación es una necesidad y no se ha encontrado un organismo conocido específico del hombre que pueda ser utilizado para indicar todos los riesgos potenciales a la salud. Una solución a este problema, puede ser la utilización de dos ó más sistemas de organismos indicadores. Sin embargo, hay que considerar que están aumentando las evidencias de que las coliformes fecales son uno de los indicadores más importantes en cuanto al daño potencial que provocan a la salud debido a la contaminación fecal. Según Cooke et al., 1977, op. cit., reportaron que el Comité de la Sociedad Microbiológica de

bacterias coliformes de Nueva Zelanda, han recomendado un uso continuo de bacterias coliformes para evaluar la calidad sanitaria del agua, según sus diferentes usos y de bacterias coliformes fecales como indicadores primarios de contaminación fecal, hasta que organismos más específicos sean identificados y reconocidos internacionalmente como indicadores de este tipo de contaminación.

5. d. Empleo de otros indicadores diferentes a las coliformes totales y fecales

Como resultado de las deficiencias que presentan los sistemas indicadores bacterianos coliformes totales y fecales, se han venido realizando estudios, los cuales han empleado otros indicadores bacterianos, para evaluar en una forma más eficiente el deterioro del agua. Por otro lado, todo esto ha estimulado el desarrollo de mejores técnicas para la estimación de las bacterias coliformes fecales y de Escherichia coli.

Las investigaciones que se han realizado, con respecto a la posibilidad de emplear otros indicadores, se han centrado principalmente en dos puntos: bacteriológicas y bioquímicas. En cuanto a la rama bacteriológica, se han considerado a las bifidobacterias, streptococos fecales y a la familia Enterobacteriaceae. Con respecto a los indicadores bioquímicos, se han sugerido a los esteroides fecales como el coprostanol (colestan 5B-3B-01).

Bifidobacterias.- Forman parte de la flora intestinal tanto de humanos como de los animales. Lo que los hace indicadores ideales dado sus requerimientos anaerobios. Estos organismos deben ser evaluados ya que cumplen con la mayoría de los criterios que definen a un indicador de contaminación fecal:

- Estan asociados a las heces
- No se multiplican en la naturaleza
- Presentan características de sobrevivencia similares a los de los patógenos y otros indicadores fecales.

**Streptococos fecales.**- Se les puede encontrar en las descargas fecales de la mayoría de los animales de sangre caliente, - excepto en aquellos cuya flora intestinal ha sido alterada drásticamente debido a alguna enfermedad (Geldreich, 1976). Muchos estudios principalmente aquellos realizados por Geldreich han mostrado que los streptococos deben ser utilizados como indicadores de contaminación fecal, debido a las características que presentan:

- Generalmente su presencia indica contaminación fecal
- Normalmente no se multiplican en el agua contaminada y requieren de concentraciones de nutrientes mas altas que las que son requeridas por Escherichia coli (Allen et al., 1952); citados por Holden, 1970.
- Sobrevivencia prolongada en el agua
- Presentan una resistencia mayor a la clorinación, que las coliformes
- La presencia de streptococos en la ausencia total de Escherichia coli, es un arma útil sobre todo si se tiene la duda de si ha habido contaminación.
- La presencia de S. bovis y S. equinus indica contaminación animal de sangre caliente, no humana y además, son los indicadores mas sensibles ya que mueren rapidamente fuera del tracto intestinal
- La presencia de S. faecalis var. liquefaciens, aunque persiste más tiempo en el agua que las coliformes fecales, se consideran ubicuos, por lo que se reduce grandemente el significado de los streptococos fecales como indicadores de contaminación.



En cuanto a los alimentos, se ha demostrado que los *streptococos* fecales son más resistentes que las coliformes, y *E. coli* a la refrigeración, congelación, calentamiento y desecación, por lo que proporcionan una indicación más sensible (Deibel, 1964; Niven, 1963; Kereluk y Gunderson, 1965; Larkin *et al.*, 1955; Burton, 1949; citados por Chordash e Insalata, 1978).

Sin embargo Mundt, 1961; *op. cit.*, sugiere que el significado de la prueba de los estreptococos fecales para los vegetales es cuestionable ya que estos pueden presentarse comúnmente en las plantas.

Familia Enterobacteriaceae.- Los organismos que pertenecen a esta familia se pueden utilizar como indicadores de condiciones sanitarias insalubres en el alimento o para detectar la presencia de patógenos pudiendo provocar daños potenciales a la salud. El procedimiento empleado para su detección inhibe a todos los organismos gram positivos y cocos, mientras que permite el crecimiento de la mayoría de los gram-negativos; como la glucosa es empleada en este procedimiento, organismos como la *Salmonella*, *Shigella*, *E. coli* enteropatógena y enterotoxigenica, y otros fermentadores que utilizan poco o nada de lactosa se pueden detectar. *op. cit.*

Esteroles Fecales.- Su única fuente son las heces de los animales superiores o humanos (Murtaugh y Bunch, 1967; Smith y Gouron, 1969; citados por Dutka, 1979). El coprostanol es estable, no patógeno y se puede detectar en la presencia de otros compuestos como lípidos en el agua.

Se han encontrado concentraciones altas de este compuesto en el agua residual no tratada, con un decremento conforme el agua presenta algún tratamiento de desinfección. A diferencia de los in-

dicadores biológicos, los esteroides fecales no son afectados por desinfectantes químicos o descargas de desechos tóxicos. Sin embargo hay problemas para su detección, ya que el procedimiento que requiere cada muestra es muy laborioso (Dutka, et al., 1974; citados por Dutka, 1979); también hay poca información en cuanto a su relación con los patógenos.

En conclusión, en cuanto a la utilización de otros indicadores bacterianos que detecten contaminación fecal, diferentes a las coliformes totales y fecales, se puede decir que no hay un sistema bacteriano universal y debemos aprender de los limnólogos y de los químicos a usar mas variedad de pruebas de indicadores para evaluar de una forma adecuada, el agua que se quiere utilizar, así como las condiciones higiénicas en que se encuentra un alimento; por los daños potenciales que pudiera ocasionar a la salud humana como animal op. cit.

#### 5.0. Coliformes totales como indicadores de la calidad del agua que se utiliza para irrigación

El uso del agua negra para la irrigación de los cultivos, esta sujeta a reglamentaciones regulares que especifican el tipo de tratamiento, o las características que debe presentar el efluente antes de ser usado para irrigar ciertos cultivos. Debido a que es inherente que los vegetales pueden resultar contaminados por microorganismos patógenos.

Para proporcionar una medida de seguridad con respecto a esto, se han establecido límites permisibles de bacterias indicadoras de contaminación fecal, las cuales se encuentran presentes en el agua de desecho que se utiliza para irrigación. Las bacterias indicadoras de contaminación usadas para esta medida son las coliformes totales y las fecales. Se ha considerado a estas bacterias, tomando

en cuenta que el aislamiento directo de patógenos es demasiado lento y complicado para utilizarse como un análisis rutinario en la evaluación de la calidad del agua (Geldreich y Bordner, 1971). Además de que no se conoce cual debe ser el número mínimo de algún patógeno en el agua negra para así poder correlacionar su incidencia con la de otros patógenos.

Los estándares recomendados en cuanto a la calidad del agua de irrigación por The National Technical Advisory Committee on Water Quality Criteria (op. cit.), son de 5,000 bacterias/100 ml para coliformes totales y de 1000 bacterias / 100 ml para coliformes fecales. Estos niveles están basados en estudios realizados en cuanto a las concentraciones de coliformes fecales encontradas en el agua, donde no se han aislado patógenos; y que además se correlaciona su presencia con la frecuencia de Salmonella, lo cual proporciona una medida de seguridad. Según esto, las investigaciones realizadas, encontraron que Salmonella fué consistentemente registrada cuando los niveles de las coliformes fecales era de 1000/100 ml ó más altos, pero no fué detectada a niveles de 218 y 40 / 100 ml. Geldreich y Bordner presentaron datos que muestran claramente la relación entre la frecuencia de Salmonella y la densidad de coliformes fecales. Cuando la frecuencia de salmonela era de 53,5 % había menos de 1000 coliformes fecales/100ml y cuando era de 96.4 % las coliformes fecales estaban contenidas en más de 1000/100 ml. Así pues, de acuerdo a estos datos se debe utilizar como límite máximo permisible 1000 coliformes fecales/100 ml para el agua de irrigación utilizada en una forma no restringida, es decir para todo tipo de cultivos.

Sin embargo, hay estándares establecidos para el uso del agua de irrigación, cuando se utiliza para el cultivo de vegetales que se consumen crudos y son más exigentes, como los dados por California. Su reglamentación establece que el efluente sea adecuadamente desinfectado - en promedio 7 días - presentando una concentración

de coliformes que no exceda de 2.2/100 ml y que en tres días la concentración máxima de coliformes no se exceda a 23 bacterias por 100 ml.(Fowler, 1979).

## 6. AREA DE ESTUDIO.

6. a. Descripción del área de estudio.

Localización.- El presente estudio, se llevó a cabo en el pueblo de San Gregorio, perteneciente a la Delegación de Xochimilco. El pueblo de San Gregorio, como Xochimilco en general, es una zona - tradicionalmente chinampera. Esta zona esta situada en lo que fué el Lago de Xochimilco-Chalco, a 21 km al sureste de la ciudad de México, a una altura de 2,274 m.s.n.m. Aunque hubo chinampas en otras partes de la cuenca, Xochimilco y Chalco ofrecieron las mejores condiciones para las chinampas por contar con manantiales y con desague natural-hacia la laguna de México. Originalmente la superficie de las chinampas dentro del lago era de 21,000 has, aunque en la actualidad solo - quedan 800 has, de las cuáles cerca de la mitad ya no se cultivan.

Frente al poblado de San Gregorio, se encuentra una zona de chinampas, rodeada por canales secundarios y terciarios. Las parcelas y canales, donde se llevó a cabo el muestreo, están localizados a los  $99^{\circ}05'40''$  y  $99^{\circ}03'30''$  de longitud occidental, así como entre los  $19^{\circ}14'55''$  y  $19^{\circ}17'30''$  de latitud norte. (Fig. I)

Clima.- El clima de Xochimilco, de acuerdo a la clasificación de Kopper modificado por E. García, se clasifica como C (WO) (W) b(1) o sea clima templado húmedo, considerado como el más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano. Las heladas comienzan normalmente en octubre y terminan en marzo, aunque a veces se extienden hasta mayo. La temperatura media anual de la zona es de  $12.7$  a  $13.6^{\circ}\text{C}$ , con máximas hasta de  $31^{\circ}\text{C}$ . La precipitación es de 891 mm anuales en promedio.

Suelos.- Los suelos en el Sur de la cuenca de México son de origen volcánico y se han clasificado fundamentalmente como *cherozems*, muy ricos en materia orgánica y con alto contenido de nitrógeno y fósforo. Presentan un drenaje particular que permite la gran infiltración de agua de lluvia, que luego aflora en copiosos manantiales. Antiguamente estos eran las fuentes más importantes de abastecimiento del lago.

6. b. Descripción del sistema de chinampas.

El aztequismo chinampa viene de chinampan; en el cercado; chinamitl quiere decir seto o cerca de cañas. Las chinampas son islotes rodeados por lo menos en tres lados por agua, que fueron construidos artificialmente por la mano del hombre en ciénegas y lagos poco profundos por la acumulación de espesos mantos o enfajados de plantas acuáticas y lodo extraído del fondo de la misma ciénega. Este tipo de uso de la tierra no requiere maquinaria, ni fertilizantes químicos o pesticidas; ya que estos han sido introducidos hasta fechas muy recientes. La base de este tipo de agricultura es la abundancia de agua, que se debe manejar en una forma muy eficiente en los canales construidos en forma artificial. En estos canales se produce buena parte de la materia orgánica utilizada para la fertilización de las chinampas. Los productos de esta materia orgánica son los vegetales y animales que viven en los canales. Sus desechos se acumulan en el fondo, formando parte del lodo o ciénega que es sacado de los canales para el cultivo. El mantenimiento de los canales permite la irrigación por infiltración, lo cual es muy eficiente.

6. c. Sistema de cultivo en las chinampas.

Preparación de almacigos.- La mayor parte de los vegetales cultivados, se siembran primero en almacigo. El almacigo, se hace ge-

neralmente en el extremo de la chinampa, junto al canal. Se forma una capa de vegetación acuática, sobre la cuál una vez que este seca, el chinampero forma otra capa de cieno de 6 u 8 cm de espesor. Se deja endurecer 2 o 3 días, posteriormente se corta en bloques - rectangulares pequeños llamados chapines; después con el dedo se hace un hoyo en cada chapin, donde se depositan las semillas cubriendo las con estiércol. Se riega el almácigo especialmente durante los meses de sequía. Una vez que se ha desarrollado la plántula, los chapines se desgajan fácilmente y son transportados al sitio donde serán plantados.

**Preparación del terreno.-** Antes de realizar cualquier trasplante el terreno debe estar debidamente preparado. Inmediatamente después de una cosecha se prepara el suelo para la siguiente siembra o transplante; esto implica barbecho, emparejado y surcado del terreno.

**Plantas cultivadas.-** Algunas de las plantas cultivadas comestibles en las chinampas desde la época prehispánica son: maíz, calabaza, tomate, jitomate, frijol canario, frijol de gufa, frijol negro, chile pasilla, chilacayote, quelites, huanzontles, etc. Después de la conquista se empezaron a cultivar las hortalizas europeas como col, lechuga, rábanos, nabos, zanahorias, etc. Actualmente se cultivan 25 verduras diferentes y varias flores originarias del viejo mundo. En cada época del año, en las diferentes parcelas, encontramos diversos cultivos que se van alternando; por lo que la producción es constante y abundante.

Riego.- Una chinampa en condiciones óptimas no requiere de ser irrigada, debido a las características de la rápida infiltración de agua a través del suelo poroso, manteniéndolo constantemente húmedo. Sin embargo hoy día no se tienen los niveles adecuados de agua, por lo que se requiere de la irrigación, sobretodo durante los meses de sequía. La intensidad y número de riego depende de factores como altura de la chinampa sobre el agua, edad, condiciones del suelo y nivel de precipitación. En la época de sequía se riega generalmente dos veces por semana. El riego se puede efectuar de varias maneras:

- Con cubeta.
- Con remo o pala, desde la canoa se salpica agua hacia la chinampa.
- Con bombas de gasolina.
- Con el cuero; el chinampero se coloca en la orilla de la chinampa, toma el palo del cuero por la parte media, mete la bolsa en el agua y riega cada planta individualmente. (Armillas, 1971)



## 7. MATERIAL Y METODO.

Para la realización de este estudio, se efectuó trabajo de campo y de laboratorio.

Trabajo de Campo.- El muestreo se realizó en las chinampas de San Gregorio, Xochimilco. Esta zona fue seleccionada debido a que emplea agua negra para la irrigación de los cultivos -lo cual es importante desde el punto de vista sanitario- y, además abastece con gran cantidad de verduras a mercados importantes en la ciudad de México.

Los sitios de muestreo se eligieron tomando en cuenta la accesibilidad a las parcelas, su uniformidad y tipo de cultivo -principalmente aquellos que se consumen crudos-. Se colectaron muestras de vegetal, agua y suelo en cada parcela.

Tipos de Cultivo.- Los cultivos que se seleccionaron para el estudio fueron: perejil, rábano, espinaca, lechuga, y apio.

Periodicidad.- El período de muestreo fue de enero de 1980 a marzo de 1981. Se muestreo cada 15 días un cultivo diferente, de tal forma que cada 75 días, se habían analizado los 5 cultivos. Se realizaron como mínimo, 4 muestreos por parcela.

Muestreo de los vegetales.- Los vegetales fueron colectados al azar, obteniéndose muestras de las 4 esquinas y del centro, dentro de la parcela en estudio., tomándose por lo menos 5 muestras por parcela. Los vegetales fueron colocados en frascos de vidrio de un litro de capacidad, de boca ancha y tapa de rosca, los cuales fueron previamente esterilizados a 15 atm de presión durante 15 minutos.

Muestreo de agua.- Las muestras de agua fueron tomadas de los canales que rodean a las parcelas en estudio y que son utilizadas para el riego de las mismas. Se utilizaron botellas de vidrio bo-

rosilicado con tapón esmerilado (DBO), tanto la boca como el tapón fueron ferrados con papel aluminio por separado y esterilizados. (APHA-AWWA-WPCF, 1976; U.S. Environmental Protection Agency, 1978).

La toma de la muestra se realizó, introduciendo la botella con la mano (con guantes) aproximadamente a 20cm de profundidad, tomándose dos muestras por canal.

**Muestreo de suelo.**- Las muestras de suelo fueron tomadas de los puntos donde se obtuvieron los vegetales. Para esto se utilizó un tubo de plástico de 5 cm de ancho y 30 de largo, por medio del cual se obtuvieron dos muestras: una siendo completamente superficial de 0-3 cm, y la otra a una profundidad de 12-15 cm. Al igual que con los vegetales las muestras de suelo fueron colectadas en frascos de vidrio estériles.

**Trabajo de Laboratorio.**- Se cuantificaron bacterias coliformes totales y fecales en:

- Agua.
- En los cinco vegetales muestreados, separando raíz, tallo y hoja; y formando dos lotes: uno que fué lavado con agua de la llave y otro que se analizó tal y como venía del campo.
- Suelo de las cinco parcelas: superficial y de fondo.

**Metodología para la determinación bacteriológica en vegetales y suelo.**-

El análisis bacteriológico de las muestras se realizó por el método de tubos múltiples de fermentación, obteniéndose el número mas probable de bacterias por cada 100 ml de muestra (NMP); de la siguiente forma: ( APHA-AWWA-WPCF, 1976; U.S. Environmental Protection Agency, 1978)

**Prueba de Coliformes totales.**- El método de tubos múltiples de fermentación puede detectar y estimar bacterias coliformes totales en muestras de material sólido, mediante dos pruebas: la prueba presumptiva y la confirmativa. En la prueba presumptiva se utilizó Caldo Lac-

tosado como medio de cultivo y en la confirmativa se empleo caldo de bilis verde brillante (BVB).

Prueba Presumptiva.- Las muestras de vegetal y suelo se analizaron dos horas después de haber sido colectadas. El procedimiento fué el siguiente:

- 1.- Se pesaron 10 gr en la balanza granataria, tanto de las diferentes partes del vegetal como del suelo en un vaso de precipitado estéril -se utilizó un vaso para cada muestra-. En el caso de los vegetales que se lavaron, se colocaron bajo el chorro de la llave por un minuto aproximadamente, se dejó escurrir el agua y se pesaron.
- 2.- Se licuaron los 10 gr de la muestra con 100 ml de agua de dilución.
- 3.- Del homogeneizado resultante se tomaron alicuotas para la inoculación del caldo lactosado con diluciones de 10 ml., 1.0 ml. y 0.1 ml. para hoja y tallo; de 1.0 ml., 0.1 ml. y 0.01 ml. para raíz y de 0.1 ml., 0.01 ml. y 0.001 ml. para suelo. Todas las diluciones fueron hechas volúmen a volúmen, utilizando agua de dilución (solución buffer). Para cada dilución se inocularon una serie de tres tubos (quedando 9 tubos en total por muestra).
- 4.- Después de la inoculación, los tubos fueron incubados a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  durante 48 hs; llevándose a cabo la primera lectura a las 24 hs anotando el número de tubos positivos por dilución. Los tubos positivos fueron los que mostraron producción de gas -esto debido a la multiplicación de bacterias-, quedando este atrapado en el tubo invertido, lo cual también se pudo comprobar por la producción característica de burbujas al rotar el tubo suavemente. Si estas condiciones no se presentaban, la lectura se consideraba negativa.

Prueba Confirmativa.- Esta prueba se efectuó tomando los tubos positivos de la prueba presumptiva e inoculando a los tubos que contenían medio de cultivo caldo de bilis verde brillante (BVB) por medio de un asa estéril de aproximadamente 3 mm de diámetro; las muestras positivas a las 24 hs. se inoculaban inmediatamente. Los tubos inoculados se incubaron a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y se efectuaron las lecturas a las 24 hs  $\pm$  2 y a las 48  $\pm$  3 hs. Las lecturas positivas y negativas se consideraron de acuerdo a la forma característica, mencionada anteriormente. La combinación de tubos positivos que resultaron de las 3 diluciones, se leyeron en la tabla dada por el Standar Methods, para obtener el número más probable en 100 ml. (MPN).

Prueba de Coliformes Fecales.- Para la realización de esta prueba, se utilizó como medio de cultivo el caldo Escherichia coli (EC).

El análisis de coliformes fecales se efectuó simultáneamente con la prueba confirmativa. Los tubos positivos resultantes de la prueba presumptiva se inocularon por medio de un asa estéril a tubos que contenían medio de cultivo caldo EC. Posteriormente se incubaron en baño maría a una temperatura de  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  durante 24 hs. Al término de este lapso, se leyeron los tubos positivos.

Para esta prueba se utilizaron diluciones menores en todas las muestras, siendo de 10 ml., 1.0 ml y 0.1 ml.; para poder detectar coliformes fecales, ya que estas se encuentran en menor cantidad con respecto a las coliformes totales.

Tomando tres asadas de cada tubo positivo con caldo, lactosado -prueba presumptiva-, se inoculó tanto a BVB como a EC, efectuándose de esta forma la prueba confirmativa. (APHA-AWWA-WPCF, 1976; U.S. Environmental Protection Agency, 1978)

Metodología para el análisis bacteriológico del agua.- La determinación de coliformes totales y fecales en el agua, que se describe a continuación, se hizo por el método de Membrana Millipore (APHA-AWWA-WPCF, Manual de Millipore, 1973 y U.S. Environmental Protection Agency, 1978).

Coliformes Totales.- Para la cuantificación de coliformes totales se utilizó el medio MF-Endo y filtros de membrana estériles de 47 mm de diámetro con un tamaño de poro de  $.45\mu\pm 0.02$ .

Las muestras antes de ser analizadas fueron agitadas durante 10 seg para homogeneizarlas. Se tomaron alicuotas con pipetas de 1 ml y se filtraron junto con 25 ml de agua de dilución para distribuir a las bacterias. Se llevaron a cabo diluciones de 0.1 ml., 0.01 ml. y 0.001 ml. para cada muestra. Posteriormente la membrana fué colocada en una caja de Petri (la cual contenía un cojinete absorbente con 2 ml de medio). Se incubaron a  $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y se contaron las colonias resultantes a las 24 hs.

Coliformes Fecales.- Para la determinación de bacterias coliformes fecales, se utilizó el medio Base de Caldo mFC y la membrana esteril de 47mm de diámetro, con un tamaño de poro de  $0.7\mu$ . Se siguió el método antes citado para coliformes totales, solo que las alicuotas filtradas fueron de 1.0 ml., y de 0.1 ml; encubandose a una temperatura de  $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  durante 24 hs.

## 8. RESULTADOS.

Los resultados del análisis bacteriológico realizado en agua, suelo y vegetal en el sistema de chinampas, están contenidos en las tablas I-VI, y en las figuras 1-5.

En la tabla I, se presentan los valores máximo, mínimo y promedio de coliformes totales y fecales en el agua utilizada para la irrigación de los diferentes vegetales. Se puede observar que el canal que presenta los valores más altos de coliformes totales y fecales, fué el que se utilizó para irrigar el cultivo del rábano. Los canales con menor grado de contaminación por bacterias, fueron los que se usaron para irrigar lechuga, perejil y espinaca.

En la figura 1, se comparan los valores de coliformes fecales del agua utilizada para la irrigación de los vegetales con el límite permisible establecido para agua de uso agrícola. Se aprecia que los canales utilizados para irrigar los cultivos de apio y rábano, rebasan el límite permisible de 1000 coliformes fecales/100 ml, establecido para agua de uso agrícola.

Las tablas IIa y IIb, presentan las concentraciones máxima, mínima y promedio de coliformes totales y fecales, contenidas en la superficie y a 20 cm de profundidad del suelo de las chinampas utilizadas para el cultivo de los diferentes vegetales. Se observa que los suelos utilizados para el cultivo de la lechuga y espinaca, presentan los valores más altos de bacterias. El suelo donde se desarrollaron el apio y el rábano, tienen las concentraciones más bajas de coliformes fecales.

En la figura 2, se observa la distribución vertical de las bacterias coliformes totales y fecales en el suelo de las chinampas. Esta figura nos indica en forma general, que las coliformes totales están concentradas en la superficie del suelo de las chinampas, con excepción del suelo utilizado para cultivar el perejil, donde hubo mayor número de coliformes totales a 20 cm de profundidad. En cuanto a las coliformes fecales, estas bacterias se presentaron casi en la misma proporción, en la superficie del suelo como a 20 cm.

Las tablas III y IV, muestran las concentraciones máxima, - mínima y promedio de coliformes totales y fecales contenidas en hoja, tallo y raíz, así como el total de bacterias presentes en todo el vegetal; apreciándose que los vegetales que resultaron más contaminados tanto por coliformes totales como por fecales, fueron la espinaca y la lechuga. El apio presentó los valores más bajos de bacterias.

En la figura 3, se observa la distribución de coliformes totales y fecales en hoja, tallo y raíz, de los vegetales irrigados con agua negra; pudiéndose observar claramente que la mayor parte de las bacterias -coliformes totales y fecales-, contenidas en el vegetal, están concentradas en la raíz, las hojas presentando la menor proporción.

En las tablas V y VI, se presentan los valores máximo, mínimo y promedio de coliformes totales y fecales, contenidos en la parte comestible de los vegetales lavados y no lavados, así como los resultados de la prueba estadística aplicada para determinar si existía verdaderamente diferencia significativa entre los valores de coliformes totales y fecales presentados por la parte comestible de vegetales lavados y no lavados. Para esto se aplicó una prueba estadística no paramétrica - prueba de Kruskal-Wallis- la cual nos permite rechazar la hipótesis nula de que no existe diferencia significativa entre vegetales lavados y no lavados con una probabilidad de error por decisión  $\leq 0.05$ . (Sokal y Rohlf, 1969.

En la tabla V, los resultados de la prueba estadística indican que la remoción de coliformes totales por lavado, fué significativa, a excepción de la espinaca.

En la tabla VI, se observa que la remoción de coliformes fecales por lavado, no fué significativa en la mayoría de los vegetales a excepción del perejil.

En la figura 4, se comparan las concentraciones de coliformes fecales contenidas en agua, suelo y vegetales del sistema de chinampas. La cual indica que la proporción mayor de bacterias coliformes fecales esta contenida en los vegetales, comparada con los valores encontrados en suelo y agua. Una excepción a esta tendencia la presentaron el apio y el rábano. El agua presentó los valores mas bajos de bacterias coliformes fecales.

En la figura 5, se muestra la comparación del contenido de coliformes totales y fecales en la parte comestible de los vegetales lavados y no lavados; observandose una disminución considerable de bacterias en el vegetal lavado.



## 9. DISCUSION

Esta ampliamente documentado el hecho, del peligro potencial que implica la utilización del agua negra en la agricultura, - de tal forma que la mayoría de los países han establecido una reglamentación que limita el uso del agua residual no tratada en el cultivo de los vegetales que son consumidos crudos, recomendando diferentes tipos de tratamiento a que debe ser sometida el agua, de acuerdo al tipo de cultivo en el que va a ser empleada. (U.S. Environmental Protection Agency, 1973; Geldreich y Bordner, 1970).

México cuenta solamente con un anteproyecto de reglamento; lo que obliga a los investigadores a emplear criterios vigentes en países extranjeros, tomando en cuenta que las condiciones climáticas y socioeconómicas pueden influir grandemente, de tal manera que no llegará a cumplirse el fin de dichos estandares, como seria el de -- proteger los recursos naturales así como la salud del hombre. Sin embargo es un punto de referencia, que se requiere en la evaluación de dicha práctica.

El agua es el principal agente de innumerables microorganismos, ya que el hombre la utiliza para vertir sus desechos, lo que provoca que pierda su calidad haciéndola inutilizable; tal es el caso del agua de los canales de Xochimilco, la cual es utilizada para irrigar diversos cultivos, entre ellos los de apio, espinaca, lechuga, perejil y rábano. Esta rebasa en forma considerable el límite -- máximo permisible establecido para coliformes totales, el cual es de 5,000 bacterias/100 ml. Incluso se llega a presentar un valor máximo de 1,500,000 bacterias/100 ml en una de las muestras provenientes de los canales donde se obtuvo el agua para irrigar el rábano; este alto contenido, probablemente se debió a la cercanía de una zona habitacional, la cual contaba además con diferentes animales de granja,-

que vierten sus desechos a dicho canal.

Solo se registró un valor mínimo de 2,000 coliformes totales/100 ml perteneciente al agua que se utilizó para irrigar la lechuga, siendo este el único valor que quedaría por debajo del límite permisible.

Al considerar a las coliformes fecales, las cuales en realidad son consideradas los indicadores mas importantes, ya que reflejan una contaminación más reciente en comparación a las coliformes totales; según los datos solo dos canales, los utilizados para irrigar el rábano y el apio rebasan el límite permisible de 1000 coliformes fecales/100 ml. De estos el más contaminado resultó ser el que se utilizó para irrigar el rábano, con un promedio de 3,177 coliformes fecales/100 ml; el agua para el riego de ambos se obtuvo de canales de tipo terciario, con poco movimiento y gran aporte de materia orgánica. El efluente menos contaminado, fué el que se utilizó para irrigar el cultivo del perejil, este presentó sólo 545 coliformes fecales/100 ml, siguiéndole en orden ascendente el canal de donde se tomo el agua para irrigar a la espinaca, presentando 679 coliformes fecales en 100 ml y el de la lechuga con 812/100 ml. Esto probablemente se debió a que el agua se obtuvo de canales de tipo secundario, que tienen conexión directa con un canal primario "Canal del Bordo", lo que permite un mayor grado de dilución, y menos alteración por el turismo. Es posible que en estos canales, no exista Salmonella ya que según Cherg et al., 1975 (citados por U.S. Environmental Protection Agency, 1973), mencionan que a una concentración de coliformes fecales menor de 810/100 ml no fué posible detectarla.

Es importante considerar los niveles de bacterias presentes en el agua negra que se utiliza para irrigación, ya que ésta se está vertiendo ininterrumpidamente a los cultivos en el sistema de chinampas y además, de que hay una constante infiltración de esta a través del suelo. Lo cual implica la acumulación continua de bacterias en -

esta zona. Así pues el suelo es el elemento primario que contribuye a la contaminación de los vegetales, ya que se mantiene siempre en contacto, ya sea directo o indirecto con ellos.

En general, el suelo presenta un mayor contenido de bacterias en relación al agua y al vegetal, pudiéndose observar claramente en los resultados del análisis del suelo de las chinampas. En cuanto a los niveles de coliformes totales encontrados, en algunas ocasiones fueron más altos en el suelo que en el agua; como fue el caso de la chinampa donde se desarrolló la lechuga.

Al considerar el número de coliformes fecales, se puede decir en forma global, que hay mayor concentración de estas bacterias en el suelo que en el agua, con excepción del suelo utilizado para cultivar el rábano. Estos resultados se pueden deber a la utilización del estiércol como fertilizante en la preparación de almácigo el cual contiene un número considerable de estas bacterias. También contribuyen a la carga bacteriana algunos animales silvestres, ya que es frecuente que se encuentren donde hay cultivos (Prazier, 1970). Además se debe tomar en cuenta, que generalmente el suelo siempre está húmedo por el sistema de chinampas, el cual favorece la sobrevivencia de las bacterias; así como por la protección de los vegetales sobre todo cuando alcanzan un desarrollo considerable, evitando que la luz solar provoque la desecación de las bacterias, sin dejar de considerar que la materia orgánica estimula su crecimiento.

Al observar la distribución vertical, en cuanto al número de bacterias coliformes totales y fecales en el suelo se ve claramente que la mayor cantidad de bacterias se encuentra en la superficie, sin embargo existe un número considerable a 20 cm de profundidad, esta no es una distancia considerable, pero en el presente estudio se determinó que era importante analizar solo la zona donde se desarrolla el sistema radicular.

El hecho de que se haya encontrado un número importante de bacterias a 20 cm de profundidad, es debido a la constitución del suelo, el cual presenta gran porosidad, siendo esto característico de las chinampas, una excepción a esta tendencia, la presentó el suelo utilizado para cultivar el perejil, pero solo en cuanto al número de bacterias coliformes totales detectándose en la superficie 19,090 y a 20 cm 52,415 coliformes totales/100 ml. Así mismo las coliformes fecales se presentaron casi en la misma proporción tanto en la superficie (3,036/100 ml) como a 20 cm (3,000/100 ml)

Es adecuado considerar la distribución de bacterias en el vegetal proporcionadas tanto por el suelo, agua y otros factores naturales, al final de su desarrollo, para ver que estructura tiene más bacterias.

Al cuantificar el número de bacterias coliformes totales se encontró que en forma global más del 80 % de todas las bacterias presentes en el vegetal, están concentradas en la raíz, con excepción del apio, cuya raíz solo contuvo alrededor de un 55 %.

Los resultados indican claramente que las hojas contienen la menor proporción de bacterias totales, siendo esta aproximadamente del 15 %.

En cuanto a las coliformes fecales, estas presentaron un patrón de distribución semejante al de las coliformes totales.

Tomando en cuenta los resultados anteriores, se observa que la mayor concentración tanto de coliformes totales como de fecales se encuentra en la raíz, lo cual es natural, ya que esta mantiene un contacto directo con el suelo, proporcionándole gran cantidad de bacterias, además de que la misma constitución de la raíz les es benéfica a las bacterias para su resguardo y crecimiento. El hecho de que la mayor concentración de bacterias se encuentre en la raíz

es sumamente importante, ya que durante la colecta y selección de los vegetales en el levantamiento de la cosecha, este órgano no es separado de ellos, lo que proporciona una fuente de contaminación en el proceso de manipulación. Esto es característico de la espinaca, ya que son dispuestas en racimos con todo y raíz, llevándose en esta forma a los centros de distribución. Así pues, -- aunque la parte comestible no contenga gran número de bacterias, estas pueden ser adicionadas tanto por la raíz como por el suelo donde son colocadas inmediatamente después de que son cosechadas.

En cuanto a las hojas, debido a que se encuentran a la intemperie y están expuestas a la radiación solar, viento y lluvia, ello provoca la inactivación de las bacterias, por lo que es factible que se presente una gran mortalidad.

En el caso del apio, el tallo muestra una cantidad mayor de bacterias que en la hoja, esto puede deberse a que las hojas -- protegen al tallo de los factores adversos para las bacterias.

Ahora bien, el tubérculo del rábano, por desarrollarse en el suelo, casi enterrado en él, debería de contener más bacterias de lo que hay en las hojas y en proporción semejante a la del suelo. Sin embargo no fué así, sino que se encontró la proporción mas baja de bacterias en el tubérculo, posiblemente esto se deba a que el tubérculo tiene un cierto poder bactericida, proporcionado por el yodo; efecto bastante notorio que incluso se ve reflejado -- en el suelo que lo rodea, donde se detectaron concentraciones bajas de bacterias, y si a ello agregamos el alto contenido de bacterias en el agua que se utilizó para su irrigación, se determina -- que es un vegetal que no puede ser contaminado fácilmente.

Al considerar la contaminación del vegetal completo, se observó que los vegetales que resultaron más contaminados, como --

consecuencia del agua utilizada para su irrigación; fueron los que mantuvieron mayor contacto con el mismo, como la espinaca y la lechuga. El suelo donde se desarrollaron estos vegetales, presentaron los niveles mas altos de bacterias fecales, lo que aparentemente contribuyó en gran medida a su contaminación. La lechuga y la espinaca, pertenecen a los vegetales del tipo folioso, es decir que están constituidos principalmente por hojas, las cuáles presentan varios pliegues y hendiduras; estas características representan refugios para los microorganismos. Además de las hojas son muy frágiles por lo que están expuestas a laceraciones y cortaduras, hecho que proporciona una oportunidad ideal para la penetración, sobrevivencia y reproducción de los microorganismos en el vegetal, debido a que el tejido dañado se encuentra disponible para la degradación microbiana (Kowal *et al.*, 1980). Así pues, las partículas del suelo pueden llegar a contaminar fácilmente a estos vegetales mediante aire, lluvia o simplemente durante su cosecha.

En general las hojas externas tanto de la lechuga como de la espinaca son contaminadas con mayor frecuencia, y por lo tanto presentan un número más elevado de bacterias que las hojas del centro, las cuáles se encuentran más protegidas por la disposición que presentan.

En cuanto al rábano, este no mostró un nivel de contaminación demasiado alto, en comparación con la lechuga y espinaca, con excepción de las bacterias aportadas por la raíz, debido al poder bactericida antes mencionado.

Con respecto al apio y perejil, estos vegetales mantienen un contacto menor con el suelo, sobretodo el apio, lo cual impide su contaminación. El apio que resultó ser el vegetal con menor grado de contaminación por bacterias fecales, esta constituido

principalmente el tallo por un tejido muy resistente y difícil de dañar, evitando con esto el establecimiento y desarrollo de los microorganismos (Fripke et al., 1976).

No se puede dejar de considerar, que la representatividad de las coliformes totales como indicadoras de contaminación - en los vegetales puede ser incierta, ya que una vez que son depositados sobre ellos se reproducen y desarrollan rápidamente, a menos que sean inactivados por factores ambientales (Holden, 1970).

Los resultados anteriores, indican el grado de contaminación microbiana que sucede en el campo, durante el proceso activo de cultivo de los vegetales que son irrigados con agua negra. Sin embargo el número de bacterias que contiene el vegetal al ser cosechado, puede disminuir o aumentar, antes de que pueda ser consumido por el hombre, lo cual depende de las condiciones bajo las cuales se lleve a cabo la transportación hacia los centros de distribución, en el mercado mismo e incluso en el período de almacenamiento en el hogar. El número de organismos presentes en el vegetal, cuando llega a manos del consumidor, puede ser removido - por medio del lavado al chorro de la llave; esta práctica es comúnmente ejercida por la mayoría de las amas de casa o por todas aquellas personas que desean ingerir vegetales crudos, obviamente hay excepciones. (Ito et al., 1980; Hobbs, 1977). Es por esto que es importante considerar que sucede cuando los vegetales son sometidos a algún proceso de lavado simple. En los resultados obtenidos en este trabajo, se observa que la cantidad de bacterias coliformes totales removidas por el lavado, si fué significativa (apoyado por la aplicación de prueba estadística), o sea que este procedimiento resulta efectivo para la mayoría de los vegetales analizados, con excepción de la espinaca. Lo cual es de esperarse ya

que ella presentó los niveles más altos de contaminación, por lo que se sugiere que debe ser sometida a una lavado más intenso, incluyendo algún proceso de desinfección.

En cuanto a la remoción de bacterias fecales, esto resultó ser más difícil, porque no disminuyó la carga bacteriana efectivamente, a excepción del perejil. Este resultado es de considerarse si se toma en cuenta que las bacterias fecales indican la probable presencia de patógenos, y si estos se encontraran en condiciones adecuadas para su desarrollo, se podría alcanzar la dosis mínima infectiva y originar alguna enfermedad al ser ingerido el vegetal. Este acontecimiento se ha reportado sobretodo cuando los vegetales crudos se preparan en ensaladas (Priepke *et al.*, 1976; Terry y Overcast, 1976). Cuando los vegetales son sometidos a algún proceso de calentamiento como el cocimiento disminuye el peligro de adquirir algunas infecciones por estos microorganismos.

En la ciudad de México gran parte de los vegetales provienen de la zona de Xochimilco, la cual distribuye a los mercados de Jamaica, La Merced, mercados sobre ruedas, principalmente; por lo que deben tomarse las precauciones necesarias para minimizar la contaminación microbiana que sufren los vegetales, antes de que estos sean ingeridos por el hombre, ya que en México, la segunda causa de muerte sigue siendo la gastroenteritis, provocada por bacterias.



## 10. BIBLIOGRAFIA.

- American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, 1976. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th Ed. U.S.A. pp.1193.
- ANDREWS, W.J., C.R. Wilson., P.L. Foelma., A. Romero y P.B. Mislivec. 1979. Bacteriological survey of sixty health foods. Appl. Environ. Microbiol. 37 (3): 559-566.
- ALLEN, M.J. 1979. Microbiology of potable waters. J.WPCF 51 (6): 1747-1750.
- ARMILLAS, P. 1971. Gardens on swamps. Science. 174 (4010): 653-661.
- BABINCHAK, J.A., T. Gaikoski., S. Dudley y K.F. Witkowski. 1977. Distribution of faecal coliforms in bottom sediments from the New York Bight. Mar. Poll. Bull. 8 (7): 150-153.
- BAEZ, A.P., R. Belmont y O. González.. 1975. Modificación de la calidad de las aguas del Lago de Xochimilco por el uso de aguas negras en su recarga. En: I Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Madrid, España. pp. 1055-1070.
- BISSONNETTE, G.K., J.J. Jezeski., G.A. Mc Feters y D.G. Stuart. 1977. Evaluation of recovery methods to detect coliforms in water. Appl. Environ. Microbiol. 33 (3):590-595.
- BOHAC, Ch.E. 1979. Effect of water conservation on activated - sludge kinetics. J.WPCF 51 (10): 2537-2539.
- BOWER, H. 1979. Reuse of sewage effluent in urbanizing irrigated valleys Arizona's salt river valley. En: Water Reuse Symposium. Washington, D.C. pp. 2026-2039.
- BUTTERFIELD, C.T. 1948. Determining the bacterial quality of water. Inter-Am. Assoc. Sanitary Engineering 2 (1). pp. 93.
- CASANOVA, P. 1980. Desarrollo económico de México. Sci. Am. num. 50: 128-139.

- CHORDASH, R.A. y N.F. Insalata. 1978. Incidence and pathological significance of Escherichia coli and other sanitary indicator organisms in food and water. Food Tech. 32 (7): 54-63.
- CLARK, J.W., W. Viessman y J. Hammer. 1971. Water supply and pollution control. Ed. International Textbook Company. U.S.A.
- DUNLOP, S.G. y W.L. Wang 1961. Studies on the use of sewage effluent for irrigation of truck crops. J. Milk Food Technol. 24 (2): 44-47.
- DUTKA, B.J. 1973. Coliforms are an inadequate index of water quality. J. Environ. Hlth. 36 (1) 39-46.
- DUTKA, B.J. 1979. Microbiological indicators, problems and potential of new microbial indicators of water quality. En: Biological Indicators of water quality. James, A. y L. Evison. Ed. John Wiley and Sons. Chichester, Great Britain. pp. 18-1 - 18-24.
- ENGEL, R.E. 1978. Status of USDA microbiological criteria. Food Technol. 32 (1): 61-62.
- ERCOLANI, G.L. 1976. Bacteriological quality assessment of fresh marketed lettuce and fennel. Appl. Environ. Microbiol. 31 (6): 847-852.
- EVEREST, W.R. y R.A. Paul. 1979. Reclaimed wastewater as a feasible water resource for landscape and orchard irrigation. En: Water Reuse Symposium. Washington D.C. pp. 2083-2103.
- EVISON, L.M. 1979. Microbial parameters of raw water quality. En: Biological Indicators of water quality. James, A. y L. Evison. Ed. John Wiley and Sons. Chichester, Great Britain. pp. 16-1 - 16-19.
- FAO/OMS. 1975. La contaminación de los alimentos: programa mixto FAO/OMS de vigilancia. Alimentación y Nutrición 1 (2): 22-27.
- FIELDS, M.L., A.F. Zamora y Bradsher. 1977. Microbiological analysis of homecanned tomatoes and green beans. J. Food Sci. 42 (4): 931-934.

- POWLER, H.C. 1979 Water reuse for irrigation Gibroy, California. En: Water Reuse Symposium. Washington, D.C. pp. 2060-2067.
- FRAZIER, C.W. 1970. Food Microbiology. Ed. Mc Graw-Hill book Co. New York. pp. 62-495.
- GALBSON, A.L. y J.R. Saxon. 1967. Field studies on effect of daylight on mortality of coliform bacteria. Wat. Res. 1: 279-295.
- GELDREICH, E.E., P.W. Kabler., H.L. Jeter y H.F. Clark. 1955. A delayed incubation membrane filter test for coliform bacteria in water. Am. J. Publ. Hlth. 45 (11):1462-1474.
- GELDREICH, E.E. 1970. Applying bacteriological parameters to recreational water quality. J. Am. Wat. Ass. 62:113-120.
- GELDREICH, E.E. y R.H. Bordner. 1971. Pascal contamination of fruits and vegetables during cultivation and processing for market. J. Milk. Food. Technol. 34 (4): 184-195.
- GELDREICH, E.E. 1976. Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters. Critical Rev. Environ. Control. 5 (4):349-369.
- GELDREICH, E.E. 1978. Microbiology of water. J. WPCF. 49 (6): 1222-1244.
- GELDREICH, E.E. 1978. Microbiology of water. J. WPCF. 50 (6): 1319-1343.
- GREEN, A.M. 1974. Scientific principles for water utilization in the U.S.S.R. Water, Air and Soil Pollut. 3:237-248.
- HARDY, D., S.J. Kraeger, S.W. Dufour y P. Cady. 1977. Rapid detection of microbial contamination in frozen vegetables by automated impedance measurements. Appl. Environ. Microbiol. 34 (1): 14-17.
- HOBBS, B.C. 1977. Problems and solutions in food microbiology. Food Technol. 31 (1): 90-96.

- HOLDEN, W.S. 1970. Water Treatment and Examination. Ed. J.&A. Churchill Publ. London. pp. 513.
- ITO, K.A. y G.R. Bee. 1980. Microbiological hazards associated with new packaging techniques. Food Technol. 34 (10): 78-80.
- JIMENEZ, M.N. 1952. Analisis Químico y Bacteriológico de las Aguas de Riego de Xochimilco, D.F. Tesis (Licenciatura) Fac. de Ciencias Químicas. Univ. Nal. Auton. México.
- KABLER, P. 1959. Removal of pathogenic microorganisms by sewage treatment processes. Sewage & Ind. Wastes. 31 (12): 1373-1380.
- KAMPELMACHER, E.H., A.W. Pondst y N. Jansen. 1977. Reduction of Salmonella, E. coli, coliforms and fecal streptococci by chlorination of sewage treatment plant effluents. Water Research. 11:545-550.
- KIRNEY, E.C., D.W. Drummond y N.B. Hanes. 1978. Effects of chlorination on differentiated coliform groups. J. WPCF. 50: 2307-2309.
- KOWAL, N.E., H.R. Pahren y E. W. Akin. 1980. Microbiological Health Effects associated with the use of Municipal Wastewater for Irrigation. International Conference on Cooperative Research Needs for the Renovation and Reuse of Municipal Wastewater in Agriculture. México, D.F. pp.50
- KRASSIINIKOV, N.A. 1965. Microbial metabolites as factors of soil fertility. Ann. Inst. Pasteur. 109 (1): 191-206.
- LOPEZ, D.V. 1975. Estudio de la Calidad del Agua del Lago de Xochimilco para fines de Irrigación y Recreacionales. Tesis (Licenciatura) Fac. Ciencias Químicas. Univ. Nal. Auton. México.
- MARSHALL, K.C. 1978. Water Pollution Microbiology. Mitchell, R. Ed. Wiley-Interscience Publ. U.S.A. pp. 51-70.
- MILLIPORÉ Corp. 1973. Biological Analysis of Water and Waste Water. Application Manual AM302. Bedford. 3a ed. pp.84.

- MISKIMIN, D.K., K.A. Berkowitz., M. Solberg., W.E. Riha Jr., W.C. Franke., R.L. Buchanan y V.O. Leary. 1976. Relationships between indicator organisms and specific pathogens in potentially hazardous foods. J. Food Sci. 41: 1001-1006.
- PATTERSON, J.E. y M.J. Woodburn. 1980. Klebsiella and other bacteria on alfalfa and bean sprouts at the retail level. J. Food Sci. 45 (3): 492-495.
- PIPES, W.O. 1979. Microbiology of wastewater treatment. J.WPCF 51 (6):1778-1783.
- PRIEFKE, P.E., L.S. Wei y A.I. Nilson. 1976. Refrigerated storage salad vegetables. J. Food Sci. 41:379-382.
- REASONER, J.D. 1979. Microbiology:detection of bacterial pathogens and their occurrence. J.WPCF 51 (6): 1760-1777.
- RENEAU, R.B., D.E. Pettry., M.I. Shanholtz., S.A. Graham y C.W. Weston. 1977. Distribution of total and fecal coliform organisms from septic effluent in selected coastal plain soils. Publ. Hlth. Rep. 92 (3):251-259.
- REYNOLDS, H.J., M.O. Campbell., W.F. Miller. y R.W. Anderson. 1980. Long-term effects of irrigation with wastewater. J.WPCF 52 (4):672-687.
- SCHAUB, S.A. y CH.A. Sorber. 1977. Virus and bacteria removal from wastewater by rapid infiltration through soil. Appl. Environ. Microbiol. 33 (3):609-619.
- SHEIKH-OL-ESLAMI, B., W.R. Kirkpatrick y R.S. Jaques. 1979. Food crop irrigation with reclaimed municipal wastewater. En: Water Reuse Symposium. Washington, D.C. pp. 2009-2025.
- SHUVAL, H.I. 1977. Water Renovation and Reuse. Ed. Academic Press Inc. New York, N.Y. pp. 3-427.
- SMITH, R.J., R.H. Twedt y L.K. Flanigan. 1973. Relationships of indicator and pathogenic bacteria in stream waters. J.WPCF 45 (8): 1736-1745.

- SOKAL, R y Rohlf. 1969. Biometry. Ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco, U.S.A. pp. 380-400.
- STEADMAN, J.R., R.W. Bay y M.J. Hammer. 1979. Plant pathogen contamination in reused irrigation waste water. En: Water Reuse Symposium. Washington, D.C. pp. 2038-2045.
- TATE III, R.L. 1978. Cultural and environmental factors affecting the longevity of Escherichia coli in histosols. Appl. Environ. Microbiol. 35 (5):925-929.
- TERRY, R.C. y W.W. Overcast. 1976. A microbiological profile of commercially prepared salads. J. Food Sci. 41: 211-213.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1973. Water Quality Criteria 1973. Ecological Research Series. Washington, D.C. pp. 594.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1978. Microbiological Methods for Monitoring the Environment. Bordner, R. and J., Winter Ed. Cincinnati Ohio. pp. 338.
- WANG, Wen-lan. L. y S.G. Dunlop. 1954. Animal parasites in sewage and irrigation water. S.I.W. 26 (8): 1020-1032.
- WEST, R. y P. Arnillas. 1960. Poesia y Realidad de los jardines flotantes. En: Las chinampas de México. Presencia del Pasado. pp.46.

Tabla 1. Criterios establecidos por la Extensión Cooperativa UC para la evaluación de la calidad del agua para irrigación.

CONSTITUYENTE	NO CAUSA PROBLEMA	LOS PROBLEMAS SE INCREMENTAN	SEVERO
Salinidad			
EC del agua de irrigación mho/cm	750	750-3000	3000
Permeabilidad			
EC del agua de irrigación mho/cm	500	500-2000	2000
SAR (a)			
Toxicidad de iones (b) específicos			
Absorción de la raíz			
Sodio (SAR)	3	3-9	9
Cloruros mg/l	142	142-355	355
me/l	4	4-10	10
Boro mg/l	0.5	0.5-2.0	2.0-10
Absorción foliar (por aspersión)			
Sodio mg/l	3.0	3.0	—
me/l	69	69	—
Cloruros mg/l	3.0	3.0	—
me/l	106	106	—
Miscelánea			
NH <sub>4</sub> -N mg/l para cultivos sensibles			
NO <sub>3</sub> -N	5	0.05-30	30
HCO <sub>3</sub> (solo con irrigación por aspersión)			
mg/l	90	90-520	520
me/l	1.5	1.5-8.5	8.5
pH	Rango Normal	6.5-8.4	—

(a) SAR tasa de absorción de sodio, incluye efectos adicionales de precipitación y disolución del Ca en el suelo y su relación  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$

(b) La mayoría de los cultivos anuales no son sensibles.

Tabla 2. Concentración máxima recomendada de los elementos huella en el agua de irrigación.

Elemento	Todo tipo de suelos para utilizarse por un período menor de 20 años.	Suelos de textura fina, para utilizarse por un período mayor de - 20 años.
	mg/l	mg/l
Aluminio	5.0	20.0
Arsénico	0.10	2.0
Berilio	0.10	0.50
Boro	0.75	2.0
Cadmio	0.010	0.050
Cromo	0.10	1.0
Cobalto	0.050	5.0
Cobre	0.20	5.0
Fluor	1.0	15.0
Hierro	5.0	20.0
Plomo	5.0	10.0
Litio	2.5	2.5
Manganeso	0.20	10.0
Molibdeno	0.010	0.050
Niquel	0.20	2.0
Selenio	0.020	0.020
Vanadio	0.10	1.0
Zinc	2.0	10.0



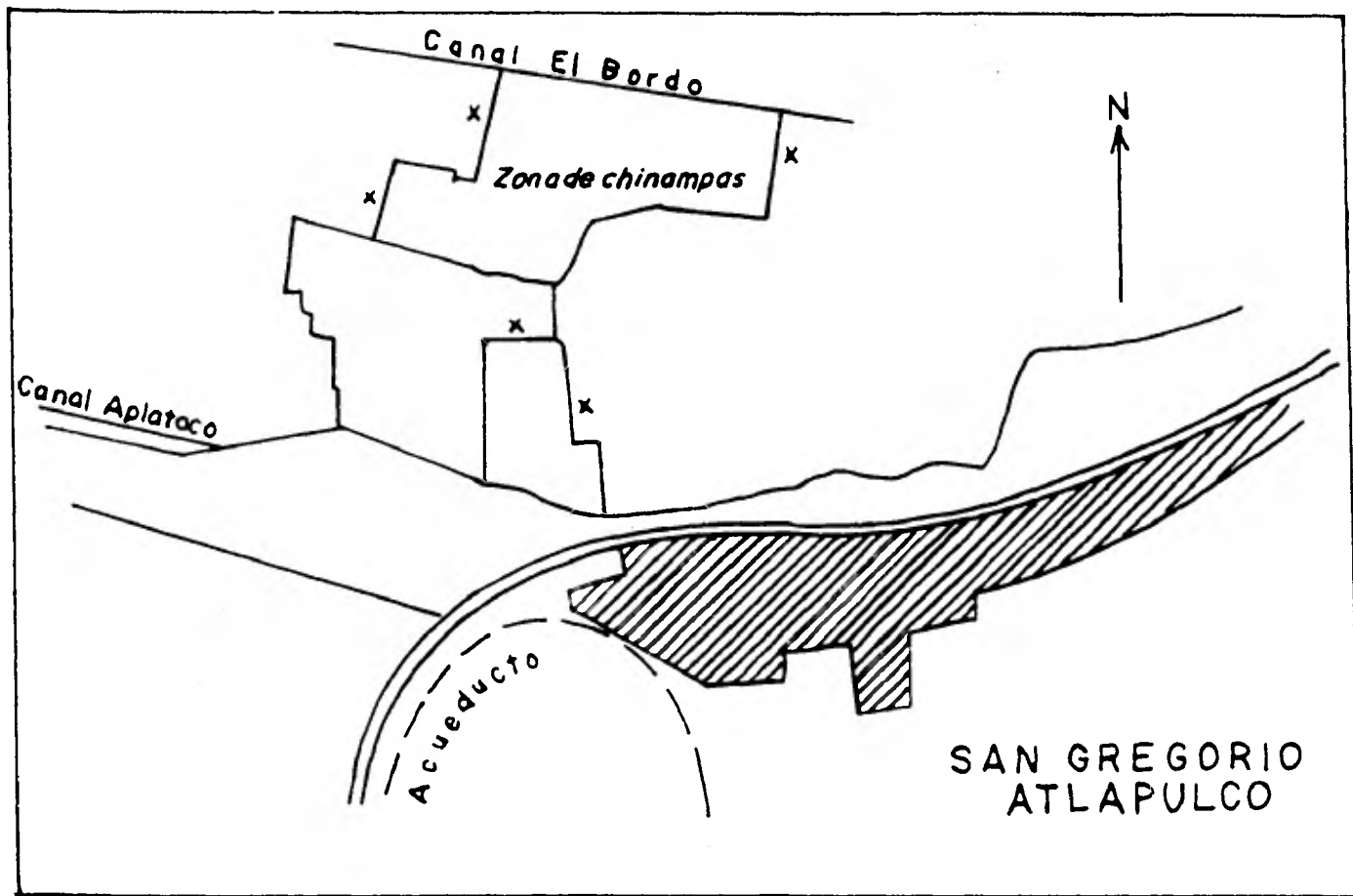


FIG. I.- LOCALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO.

TABLA I. CANTIDAD DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES CONTENIDAS EN EL AGUA UTILIZADA PARA LA IRRIGACION DE DIFERENTES VEGETALES.

Agua de riego	<u>Coliformes Totales</u> <sup>§</sup>			<u>Coliformes Fecales</u> <sup>§</sup>		
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$
Apio	66,000	20,000	40,944	3,000	800	1,533
Espinaca	800,000	90,000	200,384	3,000	100	679
Lechuga	250,000	2,000	36,727	4,500	0	812
Perejil	460,000	15,000	90,274	3,000	100	545
Rábano	1,500,000	19,000	289,776	49,000	200	3,177

§ Bacterias/ 100 ml

$\bar{g}$  Media geométrica

TABLA IIa. CANTIDAD DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES CONTENIDAS EN EL SUELO UTILIZADO PARA EL CULTIVO DE DIFERENTES VEGETALES.

Suelo de los cultivos	<u>SUELO SUPERFICIAL</u>					
	<u>Coliformes Totales</u> <sup>§</sup>			<u>Coliformes Fecales</u> <sup>§</sup>		
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$
Apio	2,400,000	14,000	105,950	3,000	3,000	3,000
Espinaca	460,000	2,700	104,076	240,000	400	10,194
Lechuga	2,400,000	40,000	322,371	4,000	3,000	3,464
Perejil	200,000	4,000	19,090	23,000	300	3,036
Rábano	1,500,000	1,500	68,204	46,000	70	2,148

§ Índice NMP/100 ml

$\bar{g}$  Media geométrica

TABLEA IIB. CANTIDAD DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES CONTENIDAS EN EL SUELO UTILIZADO PARA EL CULTIVO DE DIFERENTES VEGETALES.

Suelo de los cultivos	20 cm DE PROFUNDIDAD					
	Coliformes Totales <sup>§</sup>			Coliformes Fecales <sup>§</sup>		
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$
Apio	240,000	7,000	75,754	3,000	3,000	3,000
Espinaca	240,000	21,000	86,422	75,000	3,000	8,075
Lechuga	200,000	70,000	123,283	3,000	3,000	3,000
Perejil	90,000	40,000	52,415	3,000	3,000	3,000
Rábano	280,000	900	19,430	4,300	400	1,374

§ Indice NMP/100 ml

$\bar{g}$  Media geométrica

TABLA III. CANTIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN HOJA, TALLO Y RAIZ.

Vegetal analizado	<u>HOJA</u> <sup>§</sup>			<u>TALLO</u> <sup>§</sup>			<u>RAIZ</u> <sup>§</sup>			Total <sup>£</sup>
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$	
Apio	1,500	70	560	11,000	30	1,264	4,600	1,200	2,433	4,257
Espinaca $\geq 240,000$		900	8,699	-	-	-	$\geq 2,400,000$	1,100,000	1,769,869	1,778,568
Lechuga $\geq 240,000$		900	36,592	-	-	-	$\geq 2,400,000$	4,300	254,113	290,705
Perejil	9,300	700	3,051	-	-	-	110,000	9,000	40,406	43,457
Rábano	24,000	900	5,914	24,000	300	2,590	$\geq 2,400,000$	150,000	674,809	683,313

§ Índice NMP/100 ml

£ Contenido total de bacterias en el vegetal

$\bar{g}$  Media geométrica

TABLA IV. CANTIDAD DE COLIFORMES FECALES EN HOJA, TALLO Y RAIZ.

Vegetal analizado	<u>H O J A</u> <sup>§</sup>			<u>T A L L O</u> <sup>§</sup>			<u>R A I Z</u> <sup>§</sup>			Total
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$	
Apio	430	40	218	<300	<300	<300	1,500	90	475	1,093
Espinaca	≥240,000	<300	2,384	-	-	-	150,000	15,000	37,265	39,649
Lechuga	≥240,000	<300	3,604	-	-	-	≥240,000	900	9,273	12,877
Perejil	2,300	<300	662	-	-	-	93,000	4,000	6,315	6,977
Rábano	400	<300	326	900	300	357	3,200	<300	797	1,480

§ Índice NMP/100 ml

£ Contenido total de bacterias en el vegetal

g Media geométrica

TABLA V. CANTIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN LA PARTE COMESTIBLE DE VEGETALES LAVADOS Y NO LAVADOS.

Vegetal analizado	<u>VEGETAL NO LAVADO</u> <sup>§</sup>			<u>VEGETAL LAVADO</u> <sup>§</sup>			$\chi^2$	P
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$		
Apio	11,000	30	1,262	300	300	300	3.85	< 0.05
Espinaca	240,000	900	8,699	240,000	300	2,405	2.2	> 0.05
Lechuga	240,000	900	36,592	7,500	300	720	14.18	< 0.05
Perejil	9,300	700	3,051	400	300	372	10.13	< 0.05
Rábano	24,000	300	2,590	3,200	300	645	20.09	< 0.05

§ Índice NMP/100 ml

$\bar{g}$  Media geométrica

<sup>2</sup>

$\chi_{0.05}^2 = 3.84$

TABLA VI. CANTIDAD DE COLIFORMES FECALES EN LA PARTE COMESTIBLE DE VEGETALES LAVADOS Y NO LAVADOS.

Vegetal analizado	<u>VEGETAL NO LAVADO<sup>§</sup></u>			<u>VEGETAL LAVADO<sup>§</sup></u>			$\chi^2$	P
	máximo	mínimo	$\bar{g}$	máximo	mínimo	$\bar{g}$		
Apio	300	300	300	30	30	30	-	-
Espinaca	240,000	300	2,384	110,000	300	1,664	0.9132	> 0.05
Lechuga	240,000	300	3,604	2,300	300	512	2.28	> 0.05
Perejil	2,300	300	662	300	300	300	5.04	< 0.05
Rábano	900	300	357	300	300	300	1.70	> 0.05

§ Índice NMP/100 ml

$\bar{g}$  Media geométrica

$\chi^2_{0.05} = 3.84$



CANTIDAD DE BACTERIAS  
 $\text{Log}_{10}$  Bacterias/100 ml)

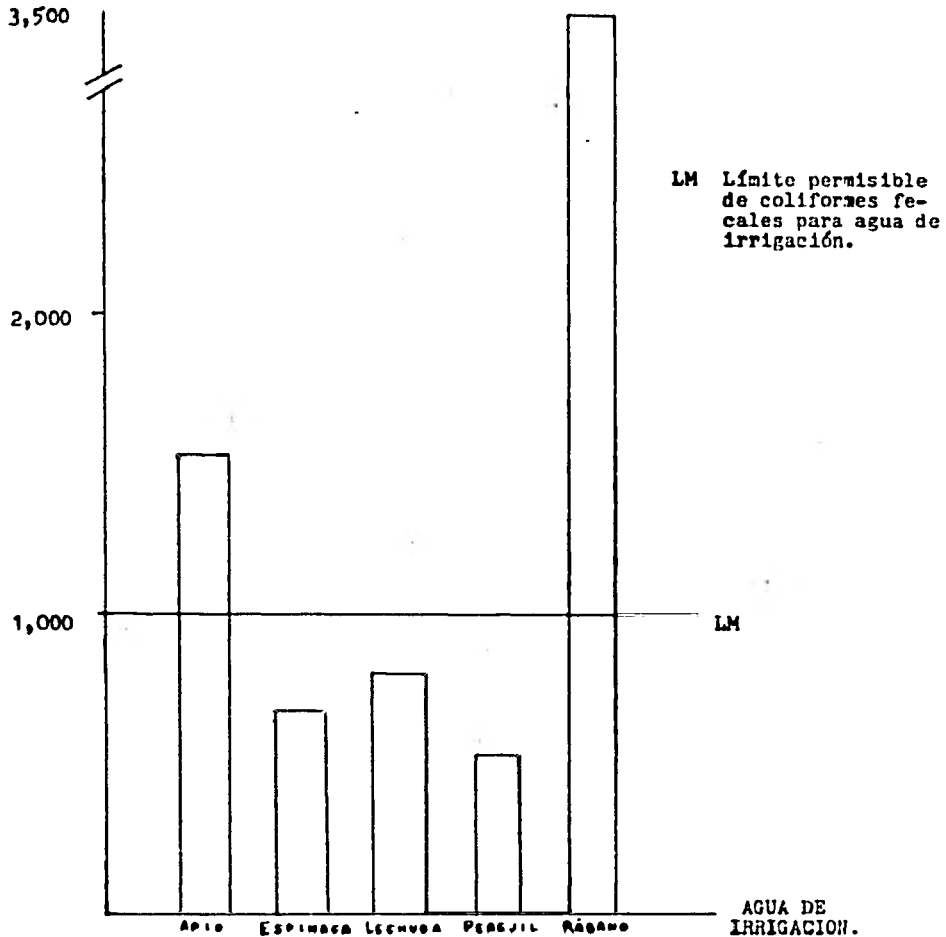


Fig. 1 RELACION DE LOS VALORES DE COLIFORMES FECALIS Y SU LIMITE PERMISIBLE PARA USO AGRICOLA.

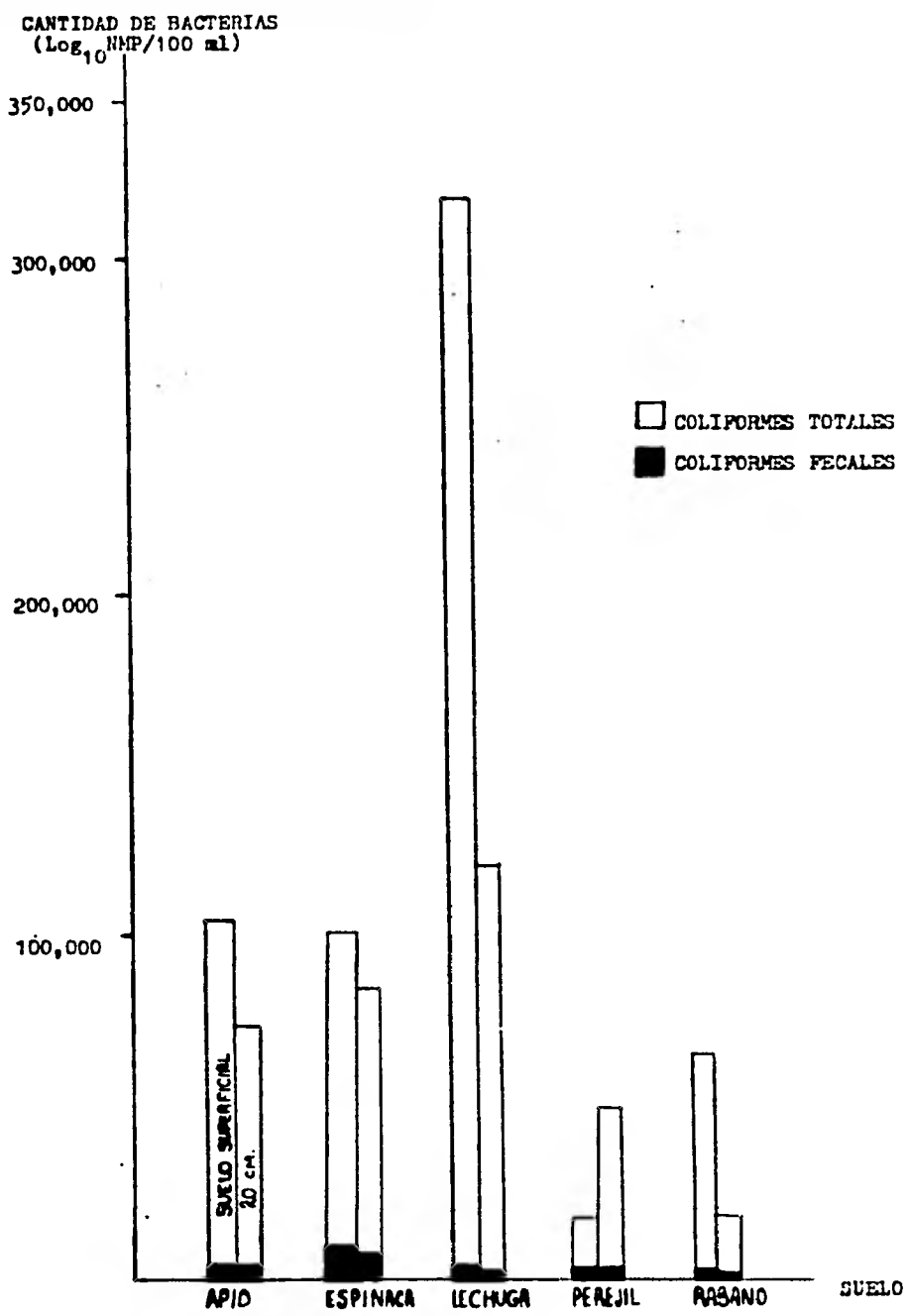


FIG. 2 DISTRIBUCION DE LAS BACTERIAS (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN EL SUELO DE LAS CHINAMPAS.

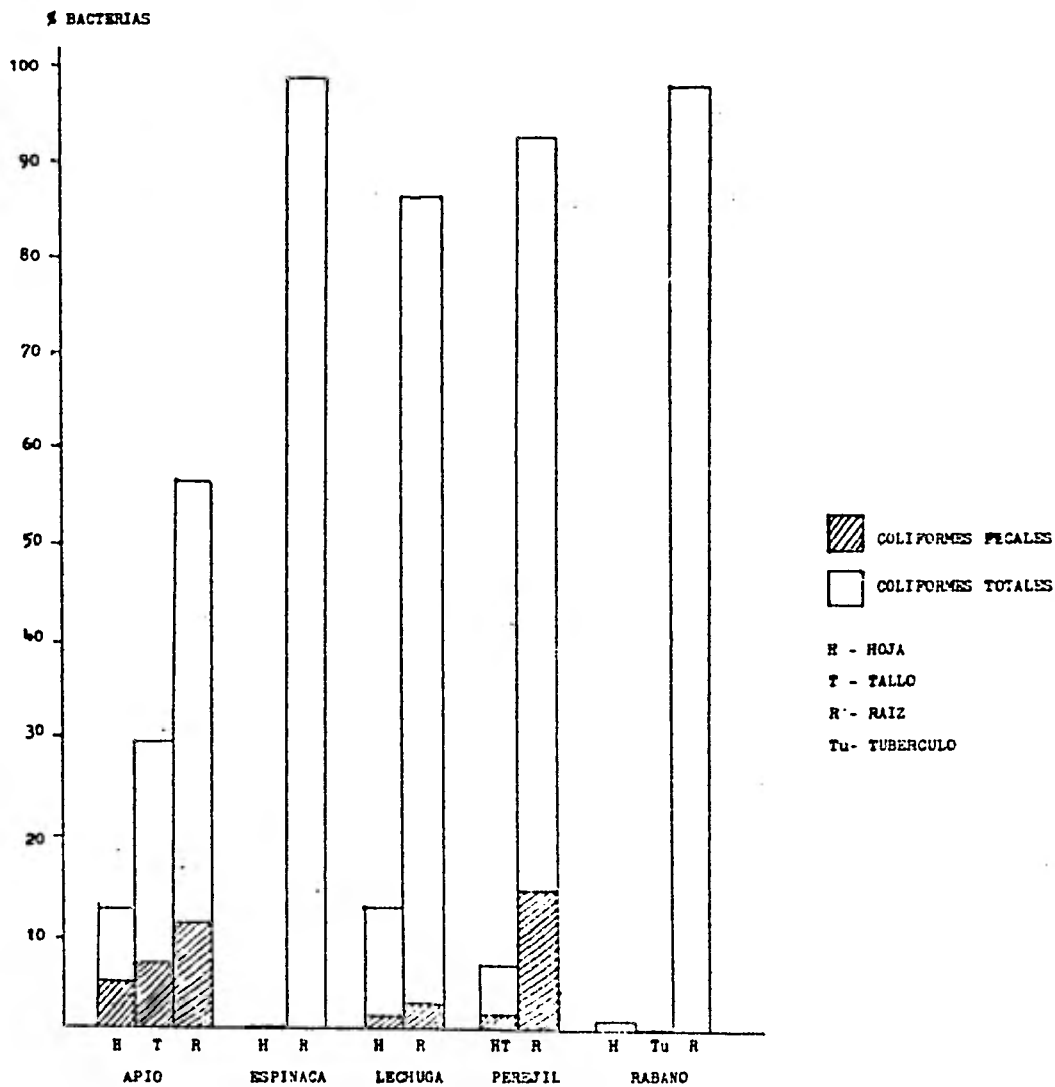
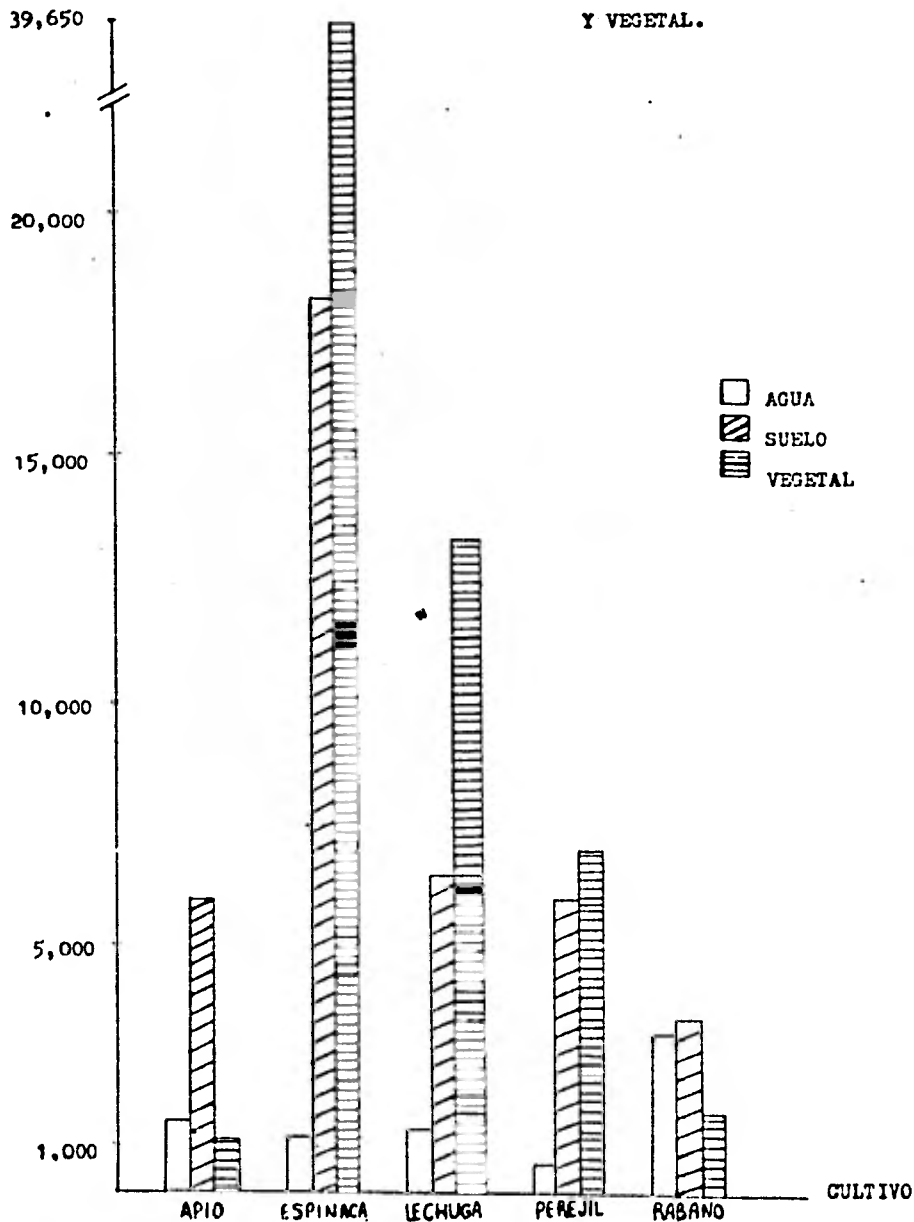


FIG. 3 DISTRIBUCION DE BACTERIAS EN LOS VEGETALES IRRIGADOS CON AGUAS NEGRAS.

CANTIDAD DE BACTERIAS  
Log<sub>10</sub> NMP/100 ml)

FIG. 4 COMPARACION DEL CONTENIDO DE  
COLIFORMES FECALIS EN AGUA, SUELO  
Y VEGETAL.



CANTIDAD DE BACTERIAS  
Log<sub>10</sub> NMP/100 ml)

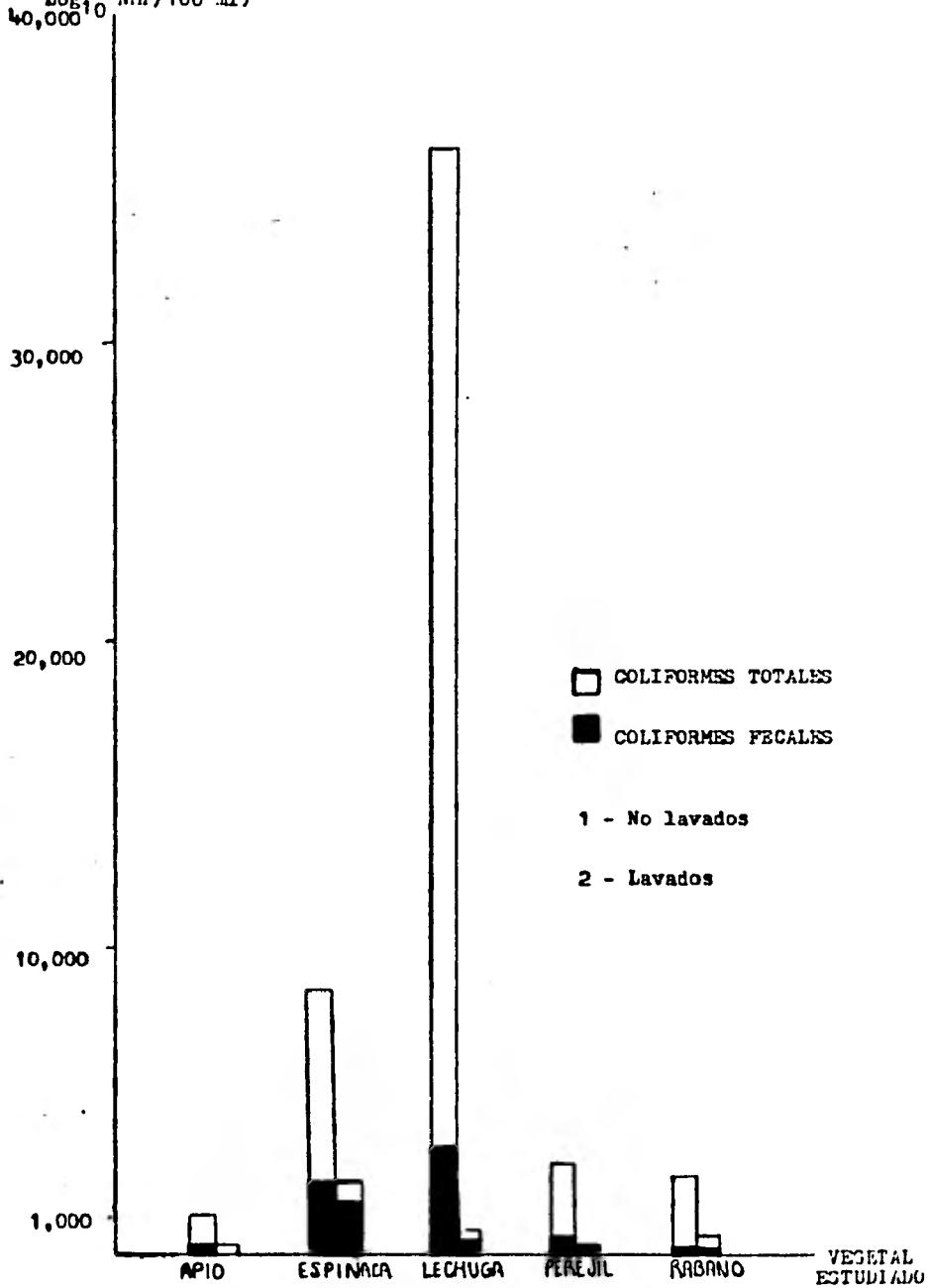


FIG. 5 COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES BACTERIANAS EN VEGETALES LAVADOS Y NO LAVADOS.



**Fig. 6. CULTIVO DE ESPINACA**



**Fig. 7. RELACION DEL SUELO Y ESPINACA**



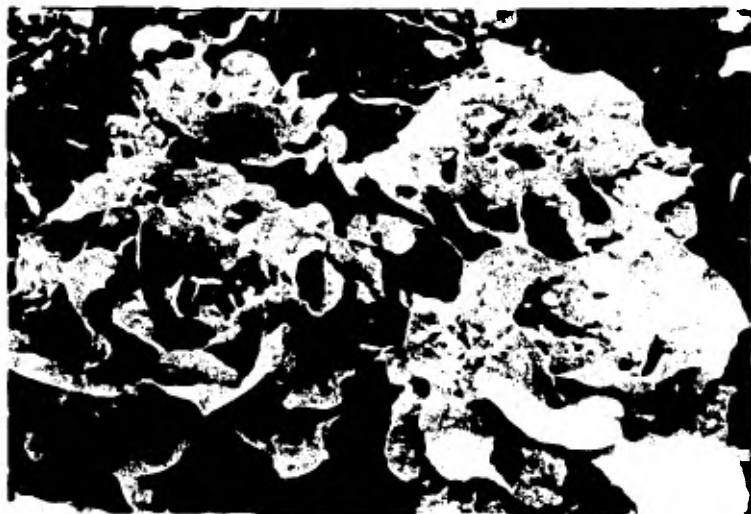
**Fig. 8. HOJAS DE RABANO EFECTADAS POR FITOPATOGENOS**



**Fig. 9. UNO DE LOS CANALES UTILIZADA PARA LA IRRIGACION DE LOS CULTIVOS,**



**Fig. 10. CANAL DE IRRIGACION DEL APIO**



**Fig. 11. RESIDUOS DE SUELO EN LAS HOJAS EXTERIORES DE LA LECHUGA.**