

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BACTERIAS
DE IMPORTANCIA SANITARIA EN LA INFRAESTRUCTURA
HIDROAGRICOLA DEL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL 063
COMO POSIBLES INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Tesis Profesional

Que para obtener el Titulo de:
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA
p r e s e n t a

ANA MARIA SANDOVAL VILLASANA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
1 ANTECEDENTES	3
2 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3 FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINANTES	8
3.1 Fuentes de contaminantes	8
3.1.1 Fuentes urbanas	8
3.1.2 Fuentes industriales	8
3.1.3 Fuentes agrícolas	9
3.1.4 Fuentes naturales	9
3.2 Tipos de contaminantes	9
3.2.1 Contaminantes físicos	9
3.2.2 Contaminantes químicos	10
3.2.3 Contaminantes biológicos	10
3.2.4 Contaminantes radioactivos	13
4 INDICADORES BACTERIOLOGICOS	14
4.1 Indicadores microbiológicos	14
4.1.1 Coliformes totales	14
4.1.2 Coliformes fecales	15
4.1.3 <i>Streptococcus fecales</i>	17
4.1.4 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	19
4.2 Patógenos como indicadores	20
4.2.1 <i>Salmonella</i> spp.	20
4.2.2 <i>Shigella</i> spp.	22
5 ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS Y RIESGOS A LA SALUD ASOCIADOS AL USO DE AGUAS RESIDUALES	25
5.1 Epidemiología	25
5.1.1 Salmonellosis	29
5.1.2 Shigellosis	30
5.1.3 <i>Pseudomonas</i>	31
5.1.4 Parasitosis	31
5.1.5 Mejoramiento de los métodos epidemiológicos	32
5.2 Riesgos a la salud	33
5.2.1 Tipos de riesgos	33
5.2.2 Observaciones epidemiológicas	34

6	MATERIAL DE ANALISIS Y MUESTREO	42
6.1	Material de vidrio	42
6.2	Equipo de laboratorio	42
6.3	Material biológico	43
7	MUESTREO	44
7.1	Estaciones	44
7.2	Periodicidad	44
7.3	Material	44
7.4	Método de muestreo bacteriológico	45
8	METODOLOGIA DE ANALISIS DE LAS MUESTRAS	47
8.1	Preparación de diluciones	47
8.2	Método de análisis	47
8.2.1	Coliformes totales	47
8.2.2	Coliformes fecales	48
8.2.3	Streptococos fecales	48
8.2.4	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	48
8.2.5	Shigella spp y Salmonella spp.	49
8.2.5.1	Análisis cualitativo	49
8.2.5.2	Análisis semicuantitativo	52
9	EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA IRRIGACION.	58
10	NORMAS EXISTENTES PARA EL USO DE AGUA RESIDUAL	64
10.1	Principales instituciones involucradas	64
10.2	Reglamentos de calidad microbiológica	64
10.3	Cumplimiento de los reglamentos	65
11	RESULTADOS	66
12	DISCUSION	104
13	CONCLUSIONES	108
	BIBLIOGRAFIA	110

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura 1. Posibles rutas de transmisión de Salmonella.....	37
Figura 2. Prueba para la determinación de coliformes totales y fecales.....	54
Figura 3. Prueba para la determinación de estreptococos fecales.....	55
Figura 4. Prueba para la determinación de <u>Pseudomonas</u> <u>aeruginosa</u>	56
Figura 5. Recuperación e identificación de Salmonella y Shigella en aguas residuales.....	57

INDICE DE PLANOS

PAGINA

Plano 1. Sistema de infraestructura hidrológica del Distrito de Desarrollo Rural 063.....	46
--	-----------

INDICE DE CUADROS

PAGINA

Cuadro 1. Distribución de <u>Salmonella</u> en los estados de la República Mexicana.....	38
Cuadro 2. Riesgos para la salud que presenta la utilización de excretas y aguas residuales no tratadas en la agricultura.....	39
Cuadro 3. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de abril.....	77
Cuadro 4. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de mayo.....	78
Cuadro 5. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de junio.....	79
Cuadro 6. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de julio.....	80
Cuadro 7. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de agosto.....	81
Cuadro 8. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de septiembre.....	82
Cuadro 9. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de octubre.....	83
Cuadro 10. Presencia de bacterias patógenas, <u>Salmonella</u> spp. y <u>Shigella</u> spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de noviembre.....	84

- Cuadro 11. Presencia de bacterias patógenas, Salmonella spp. y Shigella spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de diciembre.....85
- Cuadro 12. Número de muestras en las cuales se presenta Salmonella spp. y Shigella spp. en cada uno de los meses analizados.....86
- Cuadro 13. Número de muestras en las cuales se presenta Salmonella spp. y Shigella spp. con relación a la concentración de Coliformes fecales.....87

INDICE DE TABLAS

PAGINA

Tabla 1. Características epidemiológicas de los principales agentes patógenos en aguas residuales.....	40
Tabla 2. Lineamientos tentativos de calidad microbiológica para el reuso de aguas residuales en la agricultura.....	41
Tabla 3. Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según la EPA.....	60
Tabla 4. Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según su reutilización.....	62
Tabla 5. Concentraciones máximas y mínimas de indicadores bacteriológicos (CT, CF, EF y <u>Pseudomonas aeruginosa</u>) de el agua residual del sistema de presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.....	73
Tabla 6. Concentraciones máximas y mínimas de indicadores bacteriológicos (CT, CF, EF y <u>Pseudomonas aeruginosa</u>) de el agua residual del canal principal Requena, distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.....	74
Tabla 7. Remoción de indicadores bacteriológicos en el sistema de presas de el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.....	75
Tabla 8. Remoción de indicadores bacteriológicos en el canal principal Requena, de el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.....	76

INDICE DE LAMINAS

PAGINA

Lamina 1. Comportamiento de las bacterias indicadoras en la presa Requena, periodo marzo-noviembre 1987.....	88
Lamina 2. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Emisor Central, periodo marzo-noviembre 1987.....	89
Lamina 3. Comportamiento de las bacterias indicadoras en la presa Endhó, periodo marzo-noviembre 1987.....	90
Lamina 4. Comportamiento de las bacterias indicadoras en la presa Javier Rojo Gomez, periodo marzo-noviembre 1987.....	91
Lamina 5. Comportamiento de las bacterias indicadoras en la presa Vicente Aguirre, periodo marzo-noviembre 1987.....	92
Lamina 6. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Km 21+474 (Licuadora), periodo marzo-noviembre 1987.....	93
Lamina 7. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Km 30+209 (La Virgen), periodo marzo-noviembre 1987.....	94
Lamina 8. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Km 45+000 (El Tarhe), periodo marzo-noviembre 1987.....	95
Lamina 9. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Km 60+000 (El Mexhe), periodo marzo-noviembre 1987.....	96
Lamina 10. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Km 92+000 (Lagunilla), periodo marzo-noviembre 1987.....	97
Lamina 11. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el sistema de presas periodo marzo-noviembre 1987.....	98
Lamina 12. Comportamiento de las bacterias indicadoras en el Canal Principal Requena, periodo marzo-noviembre 1987.....	99

Lamina 13. Comportamiento de <u>Salmonella</u> spp. en el sistema de presas y Canal Principal Requena septiembre 1987.....	100
Lamina 14. Comportamiento de <u>Salmonella</u> spp. en el sistema de presas y Canal Principal Requena octubre 1987.....	101
Lamina 15. Comportamiento de <u>Salmonella</u> spp. en el sistema de presas y Canal Principal Requena noviembre 1987.....	102
Lamina 16. Comportamiento de <u>Salmonella</u> spp. en el sistema de presas y Canal Principal Requena diciembre 1987.....	103

RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante un periodo aproximado de diez meses en el Departamento de Microbiología del Centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua (CIECCA-SARH), tomando como zona de estudio el sistema de infraestructura hidroagrícola del Distrito de Desarrollo Rural 063 (DDR-063), localizado en el estado de Hidalgo.

Para la evaluación de la calidad de las aguas residuales se fijaron estaciones de muestreo en los afluentes y efluentes de las presas Requena, Endhó, Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre; y en el canal Principal Requena, se seleccionaron cinco puntos: Km 21+474 (La Licuadora), Km 30+209.8 (La Virgen), Km 45+000 (El Tarhe), Km 60+000 (El Mexhe) y el Km 92+000 (La Lagunilla) así como el efluente del Emisor Central.

En estas estaciones de muestreo se llevaron a cabo determinaciones de tipo cuantitativo de indicadores bacteriológicos (coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales y Pseudomonas aeruginosa); identificados por medio de la técnica de tubos de fermentación múltiple, la cual consiste en una prueba presuntiva y una prueba confirmativa, los resultados obtenidos fueron expresados en número más probable (NMP).

También se realizó un estudio de tipo cualitativo y semicuantitativo de bacterias patógenas, para ello se desarrolló la técnica de concentración con tierra de diatomeas. Los resultados fueron reportados como Número Más Probable (NMP).

En los análisis realizados a coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales, Pseudomonas aeruginosa y patógenos, los resultados obtenidos señalan que en el caso de coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales y Pseudomonas aeruginosa rebasan considerablemente los valores permisibles; en los patógenos, las especies predominantes en los puntos de muestreo fueron para Salmonella, la especie typhi, y en el de Shigella, la especie sonnei, con porcentajes de aislamiento de (83.72%) y (37.20%) respectivamente, siendo la frecuencia de aparición de Shigella significativamente menor que la de Salmonella.

Los resultados anteriormente señalados nos permiten concluir que Salmonella y Shigella no cumplen totalmente con los requisitos necesarios que un indicador bacteriológico debe reunir para servir de referencia, debido a que el método empleado en su determinación presenta limitaciones en el desarrollo experimental así como en la validación del mismo; sin embargo, se hace

necesario desarrollar de una forma más profunda su análisis debido a su mayor sensibilidad, de manera conjunta con los indicadores bacteriológicos tradicionales para proteger de esta forma la salud de los usuarios en las diversas actividades que desarrollen al emplear dichas aguas. Es decir, Salmonella y Shigella nos indican con mayor precisión el origen y el grado de contaminación del cuerpo en estudio y los riesgos potenciales a la salud pública que implica su reuso.

INTRODUCCION

Ante la necesidad de tomar medidas tales como el aprovechamiento de las aguas residuales como una fuente alternativa de abastecimiento y liberar volúmenes de agua de primer uso que presenten soluciones a los problemas generados por la escasez y contaminación de agua mediante el mejor y mayor aprovechamiento del recurso, se están realizando estudios sobre el reuso de agua en nuestro país, los cuales se encuentran actualmente en vías de desarrollo, por lo que es de esperarse que cualquier informe editado sobre esta situación, presente ciertas limitaciones sobre puntos específicos en etapa de confirmación.

Para llevar a cabo tales trabajos de investigación se requieren grandes inversiones, dentro de las cuales destaca el rubro referente a análisis; por lo cual, dichos análisis son canalizados a dependencias gubernamentales.

De esta forma en México se está tratando de desarrollar tecnología propia acorde a sus condiciones socioeconómicas, para evaluar la caracterización de las aguas residuales con técnicas que sean factibles de aplicar en cualquier laboratorio de control que cuente con el instrumental indispensable para tal efecto.

Ante tales condiciones, este trabajo trata de desarrollar la metodología necesaria para la evaluación bacteriológica de aguas residuales, por medio de la cuantificación de microorganismos patógenos y microorganismos que bajo ciertas condiciones particulares pueden ser patógenos. En el mismo se presentan metodologías que pueden proporcionar datos cuantitativos y semicuantitativos acerca de las densidades de población bacteriana en aguas residuales, de Pseudomonas aeruginosa, y datos semicuantitativos sobre Shigella y Salmonella; además de realizar determinaciones de indicadores bacteriológicos (coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales), con el objeto de llevar a cabo un estudio comparativo en estas bacterias indicadoras y bacterias patógenas.

OBJETIVOS

- Cuantificar indicadores bacteriológicos en aguas residuales, en el Distrito de Desarrollo Rural 063 (DDR-063).
- Designar el indicador bacteriológico más útil para evaluar la calidad microbilógica del agua residual.
- Determinar el comportamiento de las bacterias a través de la infraestructura hidroagrícola.

1 ANTECEDENTES

Nuestro país presenta diferentes características geográficas y climatológicas, lo que ha ocasionado que sus recursos naturales estén concentrados en áreas definidas.

La distribución irregular de los recursos hidráulicos, la sobreexplotación de los mismos, el excesivo crecimiento demográfico e industrial y las diferencias de altitud entre las regiones ha provocado serias restricciones de uso, reuso y calidad de agua.

Es por ello, que se han creado programas de desarrollo nacionales para el aprovechamiento de los recursos naturales y para el bienestar mismo de la población, estando ligados íntimamente a la disponibilidad en cantidad y calidad adecuada del agua necesaria. El requerimiento de agua en cantidades suficientes para permitir el desarrollo socioeconómico de las comunidades humanas ha sido reconocido desde tiempos remotos, pero la necesidad de prevenir su contaminación y defender su calidad es un concepto que se ha empezado a generalizar en las últimas décadas (47).

Sin embargo, no existe la menor duda de que los problemas de abastecimiento y disposición de las aguas residuales se han incrementado gravemente en los núcleos urbanos, rurales e industriales debido a la irregularidad en la distribución geográfica y al uso irracional de los recursos hidráulicos, comprometiendo de esta forma la salud y el bienestar de la población y deteniendo en forma drástica los planes de desarrollo industrial, comercial y agrícola, siendo este último el que presenta una gran demanda del recurso hidráulico, que debe ser de calidad microbiológica aceptable, y que no represente riesgos potenciales de afectación a la salud (47).

Los usos que el hombre ha dado al agua son múltiples: consumo humano, riego agrícola, generación de energía y uso industrial; en donde sobresalen los procesos de enfriamiento, los servicios generales, como medio de transporte, para fines piscícolas y como vehículo de disposición de sus residuos líquidos generados en las diversas actividades. Debido a esto la calidad de los diferentes cuerpos o cuerpos receptores de agua variará dependiendo del origen de las aguas residuales descargadas, las concentraciones de los contaminantes, de los volúmenes descargados y de las características de dichos cuerpos de agua (44).

De los usos anteriormente señalados, el riego agrícola puede aceptar agua residual cruda, siempre que se realice de manera controlada de tal forma, que haya reducción en el riesgo potencial de afectación a la salud pública y en el ambiente.

En lo que respecta al ambiente, los contaminantes que llegan a los cuerpos receptores son muy diversos y pueden alterar las características físicas, químicas y microbiológicas, así como a la ecología de los mismos. En algunos casos, los efectos producidos son limitados y sus alcances son mínimos, sin embargo, en otras ocasiones los efectos pueden ser letales.

Con relación a las implicaciones en la salud pública, afecta generalmente al hombre, produciendo infecciones gastrointestinales, las cuales son adquiridas por ingestión de agua contaminada. Las enfermedades transmitidas por este medio, se limitan, principalmente al grupo de los microorganismos entéricos, los cuales son eliminados en las heces del hombre y de los animales de sangre caliente. La contaminación fecal de este tipo es especialmente peligrosa cuando el material contaminado es ingerido por personas susceptibles, quienes resultan infectadas, siendo también portadores potenciales (12).

La infección no sólo se adquiere por ingestión de agua contaminada, también por contacto primario y secundario con aguas residuales principalmente en la agricultura, y también a través del consumo de hortalizas irrigadas con aguas de calidad microbiológica deficiente. Algunos investigadores afirman que esta contaminación se debe a las aguas residuales no tratadas y otros afirman que la contaminación se adquiere posteriormente, debido al mal manejo de los alimentos (46).

La utilización de aguas residuales crudas para riego, plantea dos problemas, los cuales deben ser analizados con el fin de llevar a cabo una evaluación del rendimiento que de dicho reuso se puede obtener.

El primero es el relativo a la contaminación de los suelos, ya que se están incorporando a ellos sales inorgánicas, sustancias tóxicas y metales pesados cuyas concentraciones dependen de las características del agua con que se está irrigando. En estas condiciones es posible suponer que la calidad del agua para riego influye determinadamente en las características de los suelos y cultivos, alterando de alguna manera la calidad de éstos y sus condiciones naturales, pudiendo llegar a ocasionar erosión y debilitamiento de los suelos agrícolas y bioacumulación de ciertos metales en los vegetales.

Y el segundo es el sanitario, debido a que el reuso de aguas residuales en la agricultura plantea el problema de evaluar la calidad microbiológica del agua debido a que organismos patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* y otros oportunistas como *Pseudomona aeruginosa*, pueden encontrarse en concentraciones que representen un riesgo potencial para la salud de los usuarios. La investigación de este problema sanitario es de gran importancia en nuestro país, ya que las gastroenteritis ocupan un lugar muy importante como causa de

morbilidad y mortandad, que pueden ser atribuibles a prácticas de riego no controlados de frutas, legumbres y otros productos agrícolas, y al mal manejo de los productos irrigados.

Debido a estas condiciones en diversos centros de investigación se ha visto la necesidad de realizar proyectos y estudios para la conservación y protección del medio ambiente, a nivel de campo y laboratorio; así mismo deben evaluarse los riesgos y efectos de la aplicación de agua de diversas calidades en la agricultura, con el fin de reglamentar las concentraciones máximas permisibles de organismos, a efecto de que el riego de cultivos no presente riesgos a los productores y consumidores inmediatos de los productos agrícolas.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se consideró oportuno realizar un estudio específico sobre la calidad de las aguas residuales aplicadas en la agricultura, con el objeto de proponer lineamientos microbiológicos para la detección de contaminantes biológicos (bacterias) en el agua.

El presente estudio contempla la caracterización bacteriológica de las principales fuentes de agua residual cruda disponible en un Distrito de Desarrollo Rural.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el Distrito de Desarrollo Rural 063, (DDR-063), enclavado en el Valle del Mezquital, con una superficie mayor de 50 000 ha, situado en la parte suroeste del estado de Hidalgo. Las altitudes de esta zona varían de los 1 760 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) en las partes bajas hasta los 2 060 m.s.n.m. en las proximidades del Valle de México. Se encuentra dentro de la parte alta de la cuenca del río Pánuco, subcuenca hidrológica del río Tula, las principales corrientes superficiales que componen esta subcuenca son los ríos Tula y San Juan. Sus coordenadas geográficas son latitudes norte 19° 35' y 20° 10' y las longitudes 99° 12' y 99° 42' al oeste del meridiano de Greenwich (36).

La precipitación pluvial anual es de 630 mm, concentrándose en los meses de junio-septiembre, variando de 400 a 1 200 milímetros. La temperatura promedio anual es de 18 grados centígrados. Y el clima predominante, de acuerdo a la clasificación de Köppen, es el semicálido-semiseco (36).

Esta región está caracterizada por grandes contrastes. Por una parte se localizan grandes extensiones de suelos áridos y erosionados, en donde la actividad agrícola es escasa, aunque es el principal medio de subsistencia de la mayoría de la población, debido a que está habitada principalmente por núcleos indígenas; y por otra parte, existen pequeños valles fértiles, los cuales son auxiliados con riego de aguas residuales (11). En términos generales, los suelos son pobres en elementos nutritivos, poco profundos y tepetatosos.

De las 515 211 hectáreas con que cuenta el distrito, el 50% (257 605 ha) es de uso agrícola, el 47% ganadero y el 3% forestal. Como se señaló anteriormente, la agricultura es una de las actividades más importantes en este distrito; debido a que el 37% de su superficie agrícola es de riego y, dicho porcentaje, representa el 66% de la superficie de riego del estado de Hidalgo; así mismo, en esta zona se produce cerca del 75% del total de la producción agrícola estatal. El 63% de la superficie agrícola es de temporal (36).

De la superficie que actualmente beneficia al DDR-063, aproximadamente el 90% pertenecen al Estado de Hidalgo y un 10% corresponden a los municipios del Estado de México (Apaxco y Tequixquiac) (11).

Los cultivos que se producen en este distrito, en orden de importancia, son los siguientes: alfalfa, maíz, cebada, calabacita, frijol, chile, avena, jitomate, trigo, cebolla, ajo y haba. Cultivos frutales: nopal tunero, aguacate, higo, durazno y ciruela (11).

La infraestructura hidroagrícola está constituida por 17 presas, seis de las cuales son de almacenamiento: Taxhimay, Requena, Endhó, Javier Rojo Gómez, Vicente Aguirre y Deboche; las 11 restantes son presas derivadoras. Cuenta además, con una red de canales, siendo la extensión total de los mismos de 1 094 km; de los cuales 421 km son de canales principales y 673 km son de canales secundarios.

Las aguas captadas por las presas de almacenamiento, en su mayoría son enormes volúmenes de aguas residuales procedentes del Distrito Federal vía el interceptor del poniente que descarga en el río El Salto a través del tajo de Nochistongo, aportando un 12% del volumen; el gran canal del desagüe que descarga en el río Salado, aportando un 30% del volumen; y el Emisor Central que descarga en el río Tula, aportando un 55% del volumen total (36); y debido a las características climatológicas de la zona en que se localiza este Distrito, son utilizadas para irrigación, lo cual ha hecho posible la creación de zonas abiertas al cultivo.

Los agricultores de la región reconocen que los rendimientos de los cultivos son, por lo general, elevados; razón por la que muchos de ellos no se han preocupado por utilizar semilla mejorada o fertilizantes. Confiándose en que las aguas residuales fertilizan por naturaleza las tierras, no obstante, solamente aquellos agricultores que utilizan semilla mejorada y fertilizantes han logrado obtener rendimientos excepcionales (11).

3 FUENTES Y TIPOS DE CONTAMINANTES

3.1 Fuentes de contaminantes

Las principales fuentes de contaminación pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos: urbanas, industriales, agrícolas y naturales (43).

3.1.1 Fuentes urbanas

La mayor fuente de contaminación la constituye las concentraciones urbanas de población, debido a los grandes volúmenes producidos de aguas residuales domésticas e industriales, los cuales en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

Debido al rápido crecimiento de las ciudades, la mayoría de las áreas suburbanas no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado y disponen sus aguas residuales en fosas sépticas o directamente a los cuerpos de agua.

La facilidad del manejo de las aguas residuales dependerá del tipo de fuente de que se trate, considerándose controlables las conducidas por los sistemas de alcantarillado y no controlables a todas aquellas que no estén conectadas a dicho sistema (43).

3.1.2 Fuentes industriales

La actividad industrial nacional está integrada por una variedad muy amplia de procesos, principalmente de la industria química, petroquímica, metalúrgica, de la pulpa y el papel, textil, del azúcar y alimenticia.

Cada una de estas industrias descarga volúmenes considerables de aguas residuales, cuya naturaleza fisicoquímica dependerá del tipo de proceso a que se refiera; pudiendo ser por ejemplo, materia orgánica biodisponible, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, sustancias inorgánicas, grasas, aceites, temperaturas, tóxicos orgánicos y materia no biodegradable. En la actualidad, muchas de estas, descargan sus aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores; pero en virtud de lo establecido por las Leyes Mexicanas, todas ellas deberán de tratar en algún grado sus descargas para contribuir a el control de la contaminación de las aguas (37).

Por regla general, las industrias deberán tener un sistema de drenaje particular, lo que facilitaría el manejo y conducción de sus aguas residuales hasta los sistemas de tratamiento.

3.1.3 Fuentes agrícolas

Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran residuos de estos compuestos hasta los cuerpos receptores. Lo cual, unido a los arrastres de las excretas animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación, que altera los ecosistemas acuáticos receptores.

El control y manejo de las aguas de retorno agrícola es difícil, debido a que en las grandes áreas de riego existen aportaciones de agua no controladas, especialmente en época de lluvias (43).

3.1.4 Fuentes naturales

Asociada a la contaminación producida por las aguas residuales generadas por las diversas actividades del hombre, está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, tales como los arrastres de la materia orgánica por los escurrimientos pluviales, los productos inorgánicos producidos por la erosión de los suelos y la constitución geológica de los suelos, entre otros.

Así mismo, en épocas de lluvias los ríos crecidos pueden llegar a las zonas pantanosas y arrastrar a sus corrientes aguas de estos pantanos degradando su calidad (43).

3.2 Tipos de contaminantes

Después de ser descargadas las aguas residuales provenientes de fuentes urbanas, industriales, agrícolas ó naturales a un cuerpo de agua, los desechos pierden su identidad original debido a que se obtienen mezclas heterogéneas de contaminantes.

Los diferentes tipos de sustancias contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, pueden ser clasificadas como: físicos, químicos, biológicos y radioactivos (42).

3.2.1 Contaminantes físicos

Representan el tipo de contaminación más fácil de controlar mediante procesos y técnicas simples, debido a que no alteran las propiedades intrínsecas del agua, esta contaminación consiste en efectos producidos de contaminación térmica, viscosidad, etc.

a) Contaminación Térmica

La contaminación térmica de los cuerpos receptores, es debida a la descarga de aguas residuales con temperaturas mayores de las condiciones naturales; por ejemplo, las descargas de plantas generadoras de electricidad y aguas de enfriamiento y condensación industrial (43).

3.2.2 Contaminantes químicos

Este tipo de contaminantes presenta diversos aspectos regidos por la naturaleza y las reacciones propias de cada compuesto químico que se vierte, algunas sustancias químicas en el agua pueden ser benéficas para la salud humana, vegetal ó animal, otras pueden reaccionar para producir sustancias tóxicas ó ser tóxicas por sí mismas, y otras en el agua pueden causar condiciones organolépticas (olor, sabor) desagradables.

Estos contaminantes pueden ser clasificados en dos tipos de sustancias.

a) Sustancias Orgánicas

Dentro de éstas, los principales compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son: proteínas, carbohidratos, lípidos, plaguicidas y detergentes. La mayoría de estas sustancias son susceptibles de ser biodegradadas por poblaciones heterogéneas de microorganismos, mediante metabolismo aerobio ó anaerobio (10).

b) Sustancias Inorgánicas

La mayor parte de estas sustancias, son sales inorgánicas cuya estabilidad dependerá de su naturaleza (cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos y nitritos).

Estos compuestos inorgánicos en aguas residuales, provenientes de todas las fuentes de contaminación, se encuentran en forma de disoluciones y material suspendido.

El tipo de tratamiento que estas aguas requieren estará en función de la naturaleza de las sustancias en ellas contenidas (44).

3.2.3 Contaminantes biológicos

Indudablemente que es la contaminación biológica a la que tradicionalmente se ha dado mayor importancia, sin embargo, debido a que en las últimas décadas la producción de desechos se

ha multiplicado, originando serios problemas sanitarios, ecológicos y económicos, los investigadores en ingeniería sanitaria han puesto mayor atención en la contaminación química.

No obstante, cabe aclarar, que la contaminación de origen biológico no ha sido controlada, ya que se han hallado principalmente virus que resisten los procesos de tratamiento a que debe sujetarse el agua antes de ser utilizada, este tipo de contaminación juega un papel importante en la transmisión de enfermedades (42).

Las bacterias se encuentran de modo ubicuo en el ambiente. Las hay en el suelo, y otras que por medio del polvo están suspendidas en el aire; se localizan en el agua, como resultado del paso de las corrientes de agua a través y sobre el suelo.

La presencia de estos microorganismos, en los cuerpos de agua, indican la magnitud de la contaminación (44). Ya que ellos requieren, para su persistencia de nutrientes, cuya concentración indica otro tipo de contaminación. Dentro de los contaminantes biológicos se encuentran las bacterias saprófitas, bacterias patógenas, parásitos, virus y hongos; cuyas características principales son desarrolladas a continuación:

a) Bacterias saprófitas

Microorganismos que viven sobre o dentro de otro organismo vivo, en donde logran obtener el medio ambiente y los nutrientes necesarios para su crecimiento y reproducción.

Esto no implica que el microorganismo tenga que causar daño a su huésped. Por el contrario; aquellas que logran un equilibrio con el huésped, aseguran su sobrevivencia, su crecimiento y su propagación tanto del mismo microorganismo como del huésped. La mayoría de este tipo de interacciones no causan enfermedad, sino que la infección permanece latente o subclínica (10, 15).

Estas bacterias se encuentran por lo general en el medio ambiente, obteniendo sus alimentos de la materia orgánica. Al mismo tiempo que obtienen su alimentación, la cual requieren para continuar su crecimiento, llevan a cabo la muy útil función de transformar la materia orgánica, a la que atacan y descomponen o desdoblan en sustancias más simples (10).

b) Bacterias patógenas

Son bacterias capaces de producir toxicidad en los tejidos del huésped, el cuál adquiere así un estado que se llama enfermedad.

Algunas de estas bacterias son patógenas solamente para ciertas especies de animales de sangre caliente, y otras lo son sólo para los vegetales. Existen algunas bacterias que se pueden encontrar en estado saprófito en una especie animal o vegetal, pero al establecerse en una especie diferente pueden causar enfermedad (44).

Con muy pocas excepciones las bacterias patógenas deben tener la capacidad de establecerse o colonizar en las membranas mucosas, y en la mayoría de los casos deben penetrar a las membranas y multiplicarse en los tejidos del huésped (12).

c) Parásitos,

Son aquellos que viven a expensas de un individuo de otra especie, estrechamente asociados en los aspectos biológico y ecológico durante una parte o la totalidad de sus ciclos vitales (10).

El parásito utiliza el organismo del huésped como su habitat, se sirve de él como fuente directa o indirecta de alimentos, ya sea utilizando los mismos tejidos del hospedero o bien aprovechando las sustancias que éste prepara para su propia nutrición (15).

d) Virus

Esta es otra forma de vida que se encuentra en las aguas residuales. Su importancia estriba en que ciertos virus tienen la capacidad de producir enfermedades al hombre, dentro de ellos podemos mencionar a los Enterovirus (polio, echo y coxsakie), Hepatitis A y Rotavirus.

Son excretados en grandes cantidades en las heces de los individuos, muchos de los cuales no están enfermos, cuyos desechos que llegan a los alcantarillados, a veces aumentan de manera aguda, en muchas secciones de la ciudad; por lo que el reuso de ésta agua, que es una práctica muy común, presenta problemas potenciales en la salud pública (44).

e) Hongos

Son importantes en las plantas de tratamiento por la capacidad que poseen para utilizar la materia orgánica.

3.2.4 Contaminantes radioactivos

La contaminación radioactiva del agua proviene principalmente del desecho del uranio y de isótopos radioactivos utilizados en la medicina, plantas industriales, y centros de investigación (42).

Actualmente se cuenta ya con formas y técnicas de dilución de los isótopos descargados, sin embargo, esta dilución no garantiza protección completa ya que la radioactividad puede concentrarse en la vida acuática hasta niveles peligrosos para su consumo por los humanos, debido a esto, los niveles o condiciones que se proponen para descargas de radioisótopos en el agua son continuamente revisados y modificados (42).

4 INDICADORES BACTERIOLOGICOS

Muchos microorganismos y virus que se encuentran en el agua, producen enfermedades en el hombre. El origen principal de estos patógenos son los desechos intestinales del hombre y de animales de sangre caliente.

Por lo anterior, es clara la necesidad de encontrar métodos económicos y rápidos para determinar la calidad de un cuerpo de agua, para lo cual se han realizado estudios tendientes a determinar especies de la comunidad microbiológica que puedan ser consideradas como indicadoras de contaminación.

Existen diversas aproximaciones para determinar la posible presencia de organismos patógenos en el agua, la más común es la detección de microorganismos indicadores de contaminación.

Las características deseables de un indicador bacteriológico de calidad del agua (4) son:

- Que su sola presencia indique que existe contaminación y sugiera el origen de la misma.
- Que su aislamiento en el laboratorio sea rápido y sencillo.
- Que se encuentren en mayor proporción que otras bacterias.
- Que el tiempo de sobrevivencia sea superior al de otros microorganismos.
- Que la presencia de estas bacterias se relacione con la probabilidad de encontrar otros microorganismos de importancia sanitaria.

4.1 Indicadores microbiológicos

Los grupos de bacterias tradicionalmente consideradas indicadores de calidad microbiológica del agua son los siguientes:

4.1.1 Coliformes totales

El grupo de bacterias coliformes incluye bacilos cortos Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y bióxido de carbono, en 24-48 horas a 35°C, (3).

La presencia del grupo coliforme en agua potable es índice de contaminación cuando excede el límite permisible (2 organismos/100 ml) que establece el Reglamento para la

Prevención y Control de la Contaminación del Agua; desafortunadamente, la prueba para este grupo no distingue el origen de dicha contaminación (44, 45).

Ventajas del grupo coliforme (13) como indicador de contaminación:

- Su ausencia puede ser evidencia de un agua bacteriológicamente segura.
- Los coliformes persisten más en el agua que las bacterias patógenas de origen intestinal.
- Pueden ser determinados por técnicas sencillas.
- La cantidad de coliformes totales es proporcional a la contaminación en el medio acuático.

Desventajas del grupo coliforme (13) como indicador de contaminación:

- Algunos miembros del grupo coliforme tienen una extensa distribución en el medio.
- Las pruebas están sujetas a interferencias debido a la presencia de otras especies de bacterias.
- Algunas especies pueden multiplicarse en ciertas condiciones propicias en aguas como son: Aeromonas aerógenas.
- Se ha visto que aún cuando el grupo coliforme no está presente en el agua, se pueden encontrar bacterias patógenas, bacterias oportunistas y enterovirus; esto hace evidente su limitada aplicación para evaluar la calidad microbiológica del agua.
- No sugiere de manera precisa o contundente el origen de la contaminación (31).

4.1.2 Coliformes fecales

Son bacilos cortos, Gram negativos, no esporulados, termotolerables, fermentan la lactosa con producción de ácido y dióxido de carbono, en 24-48 horas, y su temperatura de incubación es de 35 y/o 44.5 grados centígrados.

El incremento de reportes de recuperación de organismos de medios contaminados fecalmente, conjuntamente con reportes del incremento de coliformes totales en algunos medios naturales, sirvieron para estimular las investigaciones acerca de la separación de los coliformes fecales de los no fecales.

Uno de estos reportes fue el realizado por Eijkman, el cual observó que las bacterias coliformes del intestino de animales de sangre caliente, producen fermentación de la glucosa a 47°C, mientras que los coliformes de origen no fecal no se desarrollaron a esta temperatura. Eijkman llegó a las siguientes conclusiones:

- Tienen la capacidad de desarrollarse a 44.5°C en baño de agua, a diferencia de los no fecales.
- Un pequeño porcentaje de coliformes no fecales no crece a esta temperatura (13).
- Crecen en el medio Ec, descrito por Perry y Hajna, a $44.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ produciendo ácido y bioxido de carbono en 24 horas (4).
- En la evaluación de resultados, todos los coliformes de las heces de animales de sangre caliente, son considerados coliformes fecales, y todos los cultivos aislados de suelo no contaminado pueden ser considerados como coliformes no fecales.
- Esta prueba puede ser usada como un procedimiento confirmativo de organismos coliformes obtenidos inicialmente en la prueba presuntiva.

Escherichia coli, un miembro de este grupo, es un habitante normal del tracto intestinal de todos los seres vivos, sanos y enfermos, y no encuentra aparentemente un ambiente adecuado para su reproducción en las aguas, suelo u otra parte en la naturaleza, a excepción de los animales de sangre caliente. Desde el punto de vista sanitario, la Escherichia coli proveniente de humanos y animales podría ser considerada como más peligrosa en el agua, que si el mismo microorganismo proviniese de otros medios (31).

Algunos bacteriólogos sanitarios han propuesto el uso de organismos coliformes fecales para una mejor evaluación de la calidad de las aguas crudas. Pero esto no sugiere que haya que substituir a los coliformes totales por los coliformes fecales, en la actualidad se lleva a cabo, en forma simultánea, el análisis de ambos (4, 31).

Ventajas de los coliformes fecales como indicadores del origen de la contaminación:

- Su determinación es rápida y sencilla.
- La mayoría crece a 44.5°C de temperatura.
- Su presencia indica contaminación fecal.
- La supervivencia del grupo coliforme fecal es más corta en medio acuático que la de otros grupos coliformes, por lo tanto su presencia indica contaminación reciente (31).

Desventajas de los coliformes fecales:

- Generalmente no se multiplica fuera del intestino de animales de sangre caliente, no obstante, en aguas residuales o sedimentos ricos en materia orgánica si pueden reproducirse (13).
- Aún cuando se sabe que la contaminación es de origen fecal, no es posible determinar si proviene de actividad humana o de animales de sangre caliente (31).

4.1.3 Estreptococos fecales

Son cocos, Gram positivos, que se agrupan en cadenas cortas o en pares, crecen en presencia de sales biliares y altas concentraciones de electrolitos y azida de sodio, producen ácido pero no gas, a partir de manitol y lactosa.

Sus características especiales son las de formar ácido con la dextrosa; el descarboxilar la tirosina; no producir catalasa; proliferar en presencia de un medio que contenga 6.5% de cloruro sódico, 0.1% de azul de metileno-agar-leche, 40% de bilis a un pH de 9.6; crecen bien a temperatura ambiente entre 10 y 45°C; únicamente *S. zymogenes* y *S. durans* producen beta hemólisis (4).

La determinación de los estreptococos fecales confirma la suposición de que organismos coliformes identificados en una muestra de agua sean de origen fecal (16).

Como resultado de este proceso ha surgido la recomendación precisa de la purificación del agua y, por consecuencia, se han reducido las posibilidades de infección causado por ingestión de agua contaminada.

La detección de este grupo de bacterias está siendo utilizada por los bacteriólogos para la búsqueda de una técnica que sea más útil para determinar la potabilidad de una fuente de aprovisionamiento de agua (51).

Dentro de este grupo (51), existen las siguientes especies:

Streptococcus faecalis

S. faecalis var. liquefaciens

S. faecalis var. zymogenes

S. faecium

S. durans

S. bovis

S. equinus

Estos microorganismos se encuentran generalmente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, de ahí que también se consideren indicadores de contaminación y sugieren más claramente que los coliformes fecales el origen de la contaminación fecal (51).

Estos enterococos pertenecen al grupo serológico D de Lancefiel y son muy resistentes a los antimicrobianos; entre los que se encuentran estreptomocinas, sulfamidas y penicilinas; por lo que, la presencia de estos organismos en el agua, los hace sumamente peligrosos para la salud pública (9).

Las ventajas del grupo de los estreptococos fecales como indicador de contaminación fecal son:

- Su ocurrencia, en números relativamente altos, en las excretas de animales de sangre caliente, encontrándose también en menor cantidad en heces humanas.
- Importante en aguas potables y de albercas públicas, pues se ha encontrado que este grupo es más resistente a la acción del cloro que las bacterias del grupo coliforme.
- Su sobrevivencia en aguas salobres por más tiempo que el grupo coliforme. Debido a que son más resistentes a los electrolitos.
- Indicar contaminación reciente; debido a que, en general, sobreviven por períodos de tiempo menores a las bacterias del grupo coliforme.
- Indican el origen de la contaminación fecal, al relacionar las densidades de coliformes focales y estreptococos fecales. [(Origen humano, (CF/EF) \geq 4), (Origen animal (no humano), (CF/EF) \leq 0.7)], (44).

Las desventajas de este grupo son:

- Aunque no se multiplican fuera del cuerpo, pueden persistir en aguas almacenadas o en presencia de aguas con altas concentraciones de electrolitos.
- Se encuentran en menor proporción que el grupo de los coliformes.
- No indican potabilidad con su sola ausencia, puesto que existen algunos patógenos que pueden estar presentes (44).

4.1.4 Pseudomonas aeruginosa

Bacilos delgados, pequeños, Gram negativos, frecuentemente unidos en pares y en cadenas cortas, flagelos polares, son oxidasa positivos y aeróbios estrictos, se incuban a 41.5 grados centígrados.

Los análisis realizados en aguas estuarinas y mariscos, frecuentemente revelan la presencia de especies de Pseudomonas. Pseudomonas aeruginosa es un habitante ocasional del intestino humano; también las aguas superficiales han sido una de las mejores fuentes de recuperación de Pseudomonas aeruginosa por lo que se ha sugerido un sistema indicador combinado con Escherichia coli para evaluar la contaminación reciente, el cual fue propuesto por Bonde (5).

Las densidades relativas de Pseudomonas aeruginosa y Coliformes fecales en aguas contaminadas no han sido suficientemente examinadas, sin embargo, se ha visto que la frecuencia de su detección es elevada, sobre todo en aguas superficiales en lugares de intensa actividad humana.

La propuesta de utilizar a Pseudomonas aeruginosa como un indicador bacteriológico se basa en estudios realizados a muestras de agua, en donde el 90% de las mismas presentaron cuentas de coliformes superiores a 1000 organismos/100 ml, además de la aparición de un pigmento fluorescente, el cual nos indica la presencia de Pseudomonas aeruginosa en un porcentaje significativo (4).

Por otra parte, se ha observado su gran resistencia a la desinfección por cloración, por ejemplo, de albercas y balnearios, lo cual puede indicar el desarrollo de un sistema indicador adicional a los coliformes, de tal forma, que en un futuro próximo sean esenciales para mejorar la evaluación de la calidad del agua y así proteger más eficientemente la salud de los usuarios del recurso (44).

4.2 Patógenos como indicadores

Se han efectuado estudios de relaciones cuantitativas entre densidades de indicadores tradicionales y la frecuencia de aislamiento de *Salmonella*, confirmandose la validez de ambos métodos (52).

La presencia de microorganismos patógenos en aguas destinadas a diversos usos pueden representar riesgos potenciales a la salud pública; por lo que para una mejor evaluación de la calidad del agua se sugiere incluir sistemas indicadores más sensibles que los coliformes, que permitan proteger realmente la salud pública en las diversas actividades que el hombre desarrolla.

Muchos reportes han revelado que aún en ausencia de coliformes, los patógenos pueden estar presentes. Uno de ellos, es el reportado en 1965 en Riverside, California; donde ocurrió una epidemia de salmonellosis que involucró a más de 16 000 personas, en éste caso, ocurrió un fracaso clásico de los coliformes como indicadores de contaminación fecal, ya que dicha epidemia fué causada por *Salmonella typhimurium*, la cual, posteriormente, fué aislada del suministro de agua en ausencia de coliformes (6).

Los patógenos más comunmente encontrados en agua incluyen cepas de *Salmonella*, *Shigella* y *Escherichia coli* enteropatógena.

Se ha observado que los patógenos que afectan al hombre, se encuentran frecuentemente en otros animales, los cuales pueden adquirirlos también por contaminación directa de alimentos y agua, sirviendo éstos a la vez como vector; por ejemplo, es frecuente el alojamiento de patógenos de origen humano en peces y mariscos, después de que estos últimos se han expuesto a agua contaminada, sirviendo posteriormente como transporte de estos microorganismos a áreas de corrientes recreacionales limpias.

En la actualidad, en los estudios de calidad del agua, se consideran dos grupos patógenos de importancia que pueden actuar como indicadores de calidad del agua.

4.2.1 *Salmonella* spp.

Son bacterias Gram negativos, bacilos cortos, todas las especies son móviles debido a flagelos peritricos (excepto *Salmonella pullorum* y *Salmonella gallinarum*), no forman esporas, no fermentan la lactosa; forman ácido y generalmente gas a partir de glucosa, maltosa, manitol y dextrina.

La fermentación de los azúcares constituye un método para la diferenciación de varias especies; sin embargo, es necesario confirmar los resultados mediante análisis antigénico, la mayoría de las especies no forman cápsula a excepción de Salmonella typhi.

Debido a que más de 900 especies de Salmonellas son potencialmente patógenas para el hombre, son consideradas, frecuentemente, como la causa de enfermedades gastrointestinales transmisibles más comunes de animales a humanos. Solamente en los E.U.A., la morbilidad estimada promedio es de 500 000 a 2 000 000 de casos; incluyendo 500 muertes por año (32). Por esto, se ha visto la necesidad de desarrollar métodos rápidos y confiables para su detección en aguas y otros sustratos, debido a que el número de especies de Salmonella presentes en el agua es grande, ya que algunas estimaciones revelan que del 1 a 4% de la población humana excretan Salmonella en diferentes proporciones (3).

La capacidad de Salmonella para sobrevivir en aguas salinas dulces por periodos de días o semanas es un aspecto que debe ser investigado (24). Su sobrevivencia prolongada en aguas de estuarios le permite acumularse en los mariscos dependiendo del tipo de agua y la época del año (4).

Las cepas de Salmonella han sido frecuentemente detectadas en lodos, corrientes, aguas de irrigación, pozos, agua de mar y en aire (32, 48).

Ventajas del uso de Salmonella como indicador de calidad del agua:

- La confirmación de su presencia, nos da una información más completa acerca del tipo y grado de contaminación del agua.
- Su tiempo de persistencia con respecto a otras enterobacterias en aguas residuales, tierras irrigadas con aguas residuales y en los vegetales así producidos, dependiendo de los factores ecológicos de la zona.
- Su relación directa con las fuentes de contaminación de áreas específicas.
- Con su detección se puede llegar a evitar epidemias que; en años recientes, han sido principalmente atribuidas a Salmonella.
- La dependencia a ciertos factores ecológicos, como la temperatura, no permite que su densidad tenga una relación directa con la del grupo coliforme.

- La recuperación de estos microorganismos patógenos en el agua, proporciona un estímulo para desarrollar investigaciones y métodos microbiológicos de mayor sensibilidad y rapidez como el propuesto por P. M. Phirke (29).
- Son más sensibles que los grupos coliformes y estreptococos fecales.

Desventajas del uso de Salmonella como indicador de calidad del agua:

- Los procedimientos para su diferenciación son generalmente más complejos que los requeridos para la determinación de coliformes.
- El método utilizado para la cuantificación de Salmonella es tentativo debido a las limitaciones de los métodos usados.
- Generalmente se encuentra en poca cantidad, por lo que se requiere de grandes volúmenes de muestra para su aislamiento (44).

4.2.2 Shigella spp.

Bacilos cortos de 0.5 a 0.7 micras de grosor y de 2 a 3 micras de longitud, no capsulados, ni esporulados, inmóviles y Gram negativos. Son aeróbias y anaeróbias facultativas, se desarrollan a temperaturas de 10 a 44°C, (9).

La shigellosis no es tan generalizada como la salmonelosis, debido a que Shigella no se encuentra tan comunmente en aguas contaminadas. Sin embargo, la baja incidencia de Shigella en aguas superficiales puede ser más aparente que real (4).

Aquí los métodos para su detección no se han desarrollado en la misma proporción que los de Salmonella, y debido a ello, la probabilidad de detección de Shigella sea baja.

La transmisión de shigellosis mediante la ingestión de mariscos indica que Shigella se encuentra en aguas estuarinas y sobrevive lo suficiente como para causar problemas a la salud pública. Las epidemias causadas por Shigella no sólo son por alimentos, sino también por contacto de persona a persona, lo cual hace importante su detección en aguas utilizadas en irrigación por inundación así como en agua para consumo humano, pues han ocurrido un número significativo de epidemias debido al consumo de agua potable de calidad pobre. Estas epidemias

frecuentemente resultan de rompimientos ó grietas accidentales en los sistemas de tratamiento (31) o bien las tuberías de conducción.

La metodología que ha sido aplicada para el análisis de aguas naturales es considerada tentativa y sólo de naturaleza cualitativa (4, 31).

La supervivencia de cepas de Shigella, después de que abandonan el tracto intestinal humano y entran al medio ambiente acuático, es limitado por muchos factores ecológicos. Su persistencia es significativa cuando la población bacteriana total es baja (31), el pH es de 7.6 ó mayor y a temperaturas menores de 20 grados centígrados.

En estudios recientemente efectuados se ha revelado que Shigella opone resistencia a los efectos osmóticos de altas concentraciones de cloruro de sodio; sin embargo, su supervivencia fué dependiente de la temperatura. En experimentos controlados que involucran estudios de supervivencia a tres diferentes temperaturas se encontró que este patógeno sufre algunas modificaciones bioquímicas durante su exposición a temperaturas menores de cero grados centígrados. A temperatura de incubación de 20°C, la morfología colonial de Shigella cambió después de varios días de ser incubada (31).

Otro factor importante que influye en la supervivencia de Shigella en el agua de mar es la composición de la flora microbiana, debido a que algunas Shigellas han demostrado su persistencia en este medio por un periodo mayor de 70 días (31).

En general, la inestabilidad de algunas características bioquímicas de Shigella dentro del medio acuático dificulta su detección por los métodos convencionales utilizados en el laboratorio (31).

Ventajas del uso de Shigella como indicador de calidad del agua:

- Concentraciones variables de sales en aguas de irrigación pueden alargar la persistencia de Shigella en este medio.

- Su mayor tiempo de persistencia con respecto a otras enterobacterias incluyendo a Salmonella spp. en aguas residuales y mariscos dependiendo de los factores ecológicos de la zona.
- Su presencia nos da una relación más directa con respecto al origen de la contaminación ya que raramente se halla en animales de sangre caliente.
- La recuperación de Shigella en aguas contaminadas a pesar de los métodos deficientes, proporciona un estímulo para desarrollar métodos microbiológicos de mayor sensibilidad y rapidez.
- Su sensibilidad es superior a la de los grupos coliformes y estreptococos fecales.

Desventajas del uso de Shigella como indicador de calidad del agua:

- La persistencia de Shigella utilizando los métodos actuales sólo se manifiesta cuando la población bacteriana es significativamente baja.
- La inestabilidad de algunas de sus características bioquímicas al cambiar del medio acuático al medio ambiente ilustra la dificultad de su detección por los métodos de laboratorio convencionales.
- Aunque Shigella ha sido hallada en varias aguas contaminadas, la metodología que ha sido aplicada para las mismas es considerada de baja sensibilidad y solo de tipo cualitativo (31).

5 ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS Y RIESGOS A LA SALUD ASOCIADOS

AL USO DE AGUAS RESIDUALES

5.1 Epidemiología

Actualmente en México no existen estudios que relacionen la salud con el uso de las aguas residuales en la agricultura. No obstante; en años anteriores, se han realizado los siguientes estudios:

Sánchez Leyva en los distritos de riego 03 y 88, investigó el efecto del uso de agua residual y la incidencia de infecciones diarreicas y parasitarias entre la población de edad escolar. Concluyendo que no existía exceso significativo de dolores gastrointestinales o de infección por protozoarios y helmintos en los niños que viven en comunidades cercanas a las zonas que se irrigaban con aguas residuales, comparado con los niños que viven en una comunidad control, donde se irrigaba con agua limpia (35).

Rivera Ramírez en el periodo de 1975 a 1979, en el cual se extendió la red de agua residual para irrigación en el distrito de riego 063, contempló el efecto del uso de agua residual en la incidencia de enfermedades gastrointestinales en la población asentada en dicho distrito. Concluyendo que el riesgo de amibiasis fué mayor en el área donde se utilizó el agua residual para irrigación, que en el área de control donde no se practicó dicha irrigación (33).

En ambos trabajos no se obtuvieron datos sobre la calidad microbiológica del agua residual.

Por lo que no está dilucidado si los sujetos, en ambos estudios, se encontraban expuestos al mismo nivel de contaminación, si existía una relación directa entre la calidad microbiológica del agua, las prácticas sanitarias y de riego y de la prevalencia de enfermedades gastrointestinales.

A continuación se muestran las principales enfermedades que ocurren en el estado donde se encuentran ubicadas las zonas objeto de estos dos estudios:

Principales causas de morbilidad y mortalidad en el Distrito de Salud de Tula, Hgo., 1984 (39).

C A U S A	C A S O S
1. Infecciones respiratorias agudas	14 256
2. Gastroenteritis	4 724
3. Amibiasis	2 702
4. Parasitosis	1 751
5. Influenza	323
6. Paperas	134
7. Bronconeumonía	119
8. Hipertensión arterial	97
9. Disenteria amibiana	373
10. Otras	304
TOTAL DE CASOS 24 783	

Principales causas de mortalidad (Municipio. Tula) (39).

C A U S A	C A S O S
1. Lesiones, envenenamiento y violencia	59
2. Pulmonías	58
3. Cirrosis y otras infecciones crónicas del hígado	37
4. Tumores malignos	31
5. Enfermedades intestinales infecciosas	26
6. Enfermedad coronaria	21
7. Diabetes	20
8. Infección perinatal	17
9. Enfermedades cerebrovasculares	16
10. Otras formas de enfermedad cardíacas	16
11. Otras	82
TOTAL DE CASOS 393	

Como puede observarse, las enfermedades de tipo intestinal, ocupan un lugar importante dentro de las causas de morbilidad y mortalidad. La causa de las gastroenteritis puede ser por parásitos, bacterias y virus.

Por otro lado, Shuval et al. propuso una hipótesis acerca de que las presas pueden actuar como tanques sedimentadores, induciendo la reducción en el número de huevos de helmintos y quistes de protozoarios en los afluentes; esto en cierta forma, explica el hecho de que no se encuentre un exceso de infecciones de helmintos y protozoarios entre los niños que viven en comunidades que son irrigadas con aguas residuales (39).

En un estudio más reciente, Rivera R., investigó el efecto del uso del agua residual en Guadalajara con signos y síntomas de enfermedad, y la prevalencia de infecciones parasitarias en los trabajadores agrícolas. El objetivo fue estudiar a los trabajadores que usan el efluente tratado con lagunas de estabilización; sin embargo, se encontró que el afluente era desviado por los agricultores, de tal forma que se estaba

utilizando agua cruda. Los datos concluyentes de esta investigación mostraron la prevalencia de síntomas de diarrea (6%), náusea (10%) y dermatitis (30%) con respecto al grupo control. Concluyéndose finalmente una alta prevalencia de enfermedades parasitarias en ambos grupos, debido a la deficiente sanidad ambiental, hábitos higiénicos escasos y falta de educación sanitaria (34).

En un estudio realizado en 1983 en Xochimilco, por personal perteneciente a la Delegación de la SARH en el Distrito Federal, se evaluó la contaminación bacteriana en vegetales irrigados con agua residual, encontrándose un nivel elevado de contaminación fecal en estos vegetales. Por ejemplo; las cuentas de coliformes fecales en "acelga", "col" y "cilantro" varió de $10.0E04$ a $10.0E14$ NMP/100 mililitros.

Además se realizaron ensayos para tratar de eliminar la desinfección de los vegetales, por medio de lavado de agua con sal; observándose que se producía una pequeña reducción en el nivel de contaminación (las cuentas finales variaron de $10.0E04$ a $10.0E09$ NMP/100 ml), (50).

Se observó que la contaminación de los vegetales se incrementó en la época de lluvias, debido a que causaron erosiones al suelo y diseminación de los contaminantes. Concluyéndose que los vegetales pueden ser irrigados con aguas residuales, siempre y cuando la calidad de la misma sea mejor a la que actualmente se está utilizando (2, 50).

Las investigaciones antes mencionadas son indicios de que el uso de aguas residuales para irrigación puede causar serios excesos en la prevalencia de ciertas enfermedades sin reflejar la situación real del área.

En la actualidad se sabe que las principales enfermedades de tipo bacteriano que se transmiten por ingestión de agua contaminada son la fiebre tifoidea, las fiebres paratifoideas y la disentería bacilar.

Como se sabe, el habitat natural de estos agentes etiológicos es el tracto intestinal del hombre y de los animales (domésticos y salvajes); excepto Salmonella typhi. Las heces de ambos, que contaminan el agua y los alimentos consumidos por los organismos susceptibles, mantienen el ciclo de infección de un animal a otro, de éste al hombre y del hombre a él mismo, o bien de una fuente común al hombre y a los animales. El contacto puede ser directo entre los organismos involucrados e indirecto a través de intermediarios vivos o inanimados (fómites); los transmisores pueden ser enfermos o simplemente portadores asintomáticos. En el caso de Salmonella typhi, su único huésped es el hombre y la transmisión es a través de portadores y por ingestión de agua contaminada (12).

La bacteria constituye un buen indicador de la efectividad del tratamiento de efluentes y purificación. Por lo tanto, ellas deben permanecer como los primeros indicadores de calidad del agua para beber. Sin embargo, en el caso de las aguas residuales, ellos constituyen sólo un riesgo relativo o circunstancial (cólera, tifoidea). Solo los parásitos son constantemente asociados en el uso de efluentes en la agricultura. Por esta razón una medida internacional reciente de expertos sugiere que los parásitos pueden ser incluidos entre los patrones de calidad de aguas residuales (Engelberg), (40).

5.1.1 Salmonellosis

En México el agente etiológico que se ha detectado con mayor proporción, es *Salmonella*, causando infecciones gastrointestinales, siendo conocida como una de las entidades patológicas de mayor incidencia en el ser humano, independientemente de la edad del sujeto; aunque es preciso, asentar que es causa importante de muerte infantil en los países subdesarrollados. Nuestro país no es la excepción, ya que es una de las primeras causas de consulta y hospitalización en la gastroenteritis, ejerciendo su mayor impacto entre los niños menores (19).

De acuerdo a la figura 1 (pag. 37), tomada del documento publicado por el Comité de *Salmonella* de la división de Biología y Agricultura del Consejo Nacional de los Estados Unidos, se consideró que la primera posibilidad de transmisión es el contacto directo de persona a persona, y también indirectamente a través de la ingestión de alimentos contaminados, principalmente por su irrigación con aguas residuales, manejados en forma inescrupulosa.

La capacidad de *Salmonella typhi* para permanecer viable en el suelo, en los depósitos de agua, en las corrientes de agua contaminadas y en las aguas residuales, permite que el agua para consumo humano, la utilizada en riego de hortalizas y la que desemboca en los bancos de mariscos es capaz de infectar a los que beben esa agua o consumen tales alimentos. Los portadores convalecientes y los crónicos constituyen una fuente importante de contagio, especialmente si son manejadores de alimentos (1).

La eliminación fecal de *Salmonella typhi* puede llegar a ser hasta de 10.0E11 bacterias/gramo de heces; lo que aunado a la facilidad para contaminar las manos después de la defecación, hacen que un portador de bacilo tífico puede producir epidemias, de centenares de casos, si es manejador de alimentos (1, 30).

El agua de mar no es favorable para la infección de los bañistas pero puede contaminar a los moluscos bivalvos, que filtran hasta 35 litros de agua durante 24 horas, concentrando eficazmente las bacterias procedentes del drenaje canalizado al mar (1).

En un estudio realizado por Goyal et. al. en aguas y sedimentos de un canal de distribución en Texas, U.S.A., se monitoreo la ocurrencia de coliformes fecales y Salmonella. La proporción de Salmonella con respecto a los coliformes fué de 1:9 en aguas y de 1:2000 en sedimentos; Salmonella fué siempre aislada, excepto en dos ocasiones, cuando la concentración de coliformes fué mayor de 2000 NMP/100 ml (32).

La fiebre tifoidea es una de las enfermedades causada por uno de los agentes etiológicos clásicos: Salmonella, la cual ocasiona diarreas; las infecciones causadas por este patógeno se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo. Su incidencia es mayor en países subdesarrollados, sin embargo, últimamente se ha observado un incremento en países industrializados debido aparentemente al mayor consumo de productos alimenticios de origen animal que son almacenados y luego distribuidos entre grandes núcleos de población (19, 26, 28, 49). En México hemos llegado a esa situación y se observan tendencias definidas del aumento en las Salmonelosis no tifoídicas, en el cuadro 1 (pag. 38) se presentan algunos resultados de aislamientos de Salmonella realizados en el mes de septiembre de 1987.

5.1.2 Shigellosis

La Shigella tiene una distribución global; plantea el problema de salud pública cuando se encuentran una o varias de las condiciones siguientes: conocimientos de higiene insuficientes para evitar la transmisión de agentes enteropatógenos a través del contacto personal, falta de instalaciones sanitarias para evitar la contaminación del medio por excretas de humanos y finalmente asistencia médica insuficiente (15).

La importancia de la Shigellosis como problema de salud pública se ve ejemplificada en la epidemia de Shigella dysenteriae que se inició a fines de 1968 en Guatemala, afectando a individuos de todas las edades, persistiendo características clínicas muy graves y una gran transmisibilidad (23).

La epidemia se propagó a otros países de Centroamérica, México, y Estados Unidos, aunque en escalas significativamente menores. El agente, S. dysenteriae tipo 1, había desaparecido de la patología infecciosa a nivel mundial hasta la epidemia a que

nos referimos. Las investigaciones parecen incriminar a la transmisión de persona a persona y a la contaminación de agua (18, 23, 27).

En Wisconsin también ocurrió una epidemia de Shigellosis, la cuál fué investigada. El origen de ésta fué la contaminación de las fuentes de abastecimiento de aguas públicas por aguas residuales. Shigella flexnerii fué recuperada de las evacuaciones de 11 de 25 personas (20).

En 1978 alrededor de 200 000 casos en refugios Bernese dentro de Bangladesh, Khan y Munishise examinaron el patrón de enfermedades, orígenes y causas de enfermedad. Shigella aconteció en un 22% de los patógenos obtenidos; las infecciones de Shigella fueron más comunes durante el período máximo de lluvias (17), esto sugiere que el agua es un vector importante en la transmisión de este patógeno.

5.1.3 Pseudomonas

Las especies de Pseudomonas comprenden una significativa porción de población bacteriana presente en diversos medios; ha sido aislada, en un seis por ciento, en todas las muestras de frutas y vegetales congelados, y en flores, plantas ornamentales en maceta y de agua en jarrones de flores (32).

Las cepas aisladas de plantas tienen una resistencia variable a los antibióticos comunmente usados en los tratamientos de infección debido a este patógeno. Pseudomonas aeruginosa es un patógeno oportunista que causa serios problemas a la salud, particularmente en pacientes inmunológicamente deficientes por problemas de salud (heridas, quemaduras y leucemias), (32).

5.1.4 Parasitosis

Recientemente, en una reunión realizada en la ciudad de Engelberg, Suiza, se identificaron varias áreas de prioridad para la investigación aplicada en algunos de los aspectos epidemiológicos, entre los que se incluyen los riesgos a la salud atribuidos al uso de aguas residuales. Su planteamiento se basa en el análisis de datos de estudios epidemiológicos en los que se muestran los efectos evidentes a la salud debido a la utilización de aguas residuales o excretas (7).

A partir del análisis de estos estudios se desarrolló un modelo tentativo de los riesgos a la salud en el que se incluye por vez primera a los parásitos.

En el cuadro 2 (pag. 39) se presenta la cantidad probable de infecciones causadas por diferentes clases de patógenos, según el pronóstico de este modelo.

El elevado nivel de infecciones intestinales producidas por nematodos, está relativamente fundamentado ya que se derivó de varios estudios realizados en varios países. En contraste, los niveles relativamente menores de infecciones bacterianas y virales no está bien fundamentado, esto se debe a una escasez de evidencias epidemiológicas (7).

La tabla 1 (pag. 40) presenta algunas características epidemiológicas de los principales agentes patógenos en aguas residuales.

A pesar de las inestabilidades que aparecen en ciertas partes del modelo, se probó que éste proporciona una base para la fijación de lineamientos operacionales estables, cuyo objetivo es minimizar los riesgos a la salud relacionados con el uso de excretas en la agricultura.

La tabla 2 (pag. 41) presenta los lineamientos tentativos formulados en la reunión en lo referente a la calidad microbiológica de aguas residuales tratadas para uso agrícola (39). Estos lineamientos son técnicamente factibles y están de acuerdo con la máxima evidencia epidemiológica disponible en la actualidad.

En él se da la pauta para la calidad helmíntica de aguas residuales tratadas, aún así faltan detalles relacionados con la frecuencia de muestreo y las técnicas de laboratorio.

En la actualidad los parásitos están siendo constantemente asociados en la utilización de aguas residuales para la agricultura, algunos expertos sugieren que estos pueden ser incluidos en el grupo de indicadores de calidad de aguas residuales (7).

5.1.5 Mejoramiento de los métodos epidemiológicos

Existen varios métodos epidemiológicos que pueden ser aplicados en la determinación de los riesgos a la salud que presenta el empleo de aguas residuales. La selección del método epidemiológico más apropiado dependerá de los recursos de que se dispone (mano de obra, experiencia profesional, facilidades de laboratorios, fondos económicos y tiempo) y del indicador que se haya elegido para realizar el estudio.

El perfeccionamiento de los métodos que en la actualidad existen, tomando como base los puntos anteriormente mencionados pueden proporcionar datos de mayor precisión en un tiempo limitado y a bajo costo.

En México, se puede realizar este tipo de estudios que se sugirieron en la reunión realizada en la ciudad de Engelbert, Suiza, en 1986; debido a que existe una gran tradición sobre el uso de aguas residuales en la agricultura, a que la población que desempeña su trabajo en los distritos de riego es muy grande. Por ello, entre otras localidades, el sitio en el cual se puede llevar a cabo un estudio epidemiológico de estas características, es el Distrito de Desarrollo Rural 063. Ya que existe el antecedente de estudios realizados desde el año de 1976, con relación a la epidemiología prevalente en esa zona, lo cual permitiría relacionar esos datos con los que se obtendrían con un estudio que sugiera los lineamientos propuestos en ésta multitudinaria reunión.

5.2 Riesgos a la salud

5.2.1 Tipos de riesgos

Existen tres niveles de riesgos (30):

1.- Riesgos teóricos.

¿ Pueden los agentes patógenos estar presentes en los efluentes ?

Este tipo de riesgos puede estar presente en las aguas residuales crudas o deficientemente tratadas, por lo que es necesario que haya asesorías para su manejo, al final de cada proceso de tratamiento tradicional, éstos riesgos son medidos en base a los indicadores de calidad microbiológica del agua.

2.- Riesgos experimentales.

Los agentes patógenos en cuestión sobreviven en cantidad suficiente y están presentes en los efluentes a una concentración que puede causar infección en personas susceptibles. Esta concentración es baja para parásitos (un huevo de *ascaris* puede ser suficiente para causar infección), pero es frecuentemente alta para ciertas bacterias (entre un millón y un billón de germenos para *Salmonella*). En la tabla 1 (pag. 40) se enlistan los principales patógenos y sus dosis infectivas (30).

3.- Riesgos actuales.

Son los observados por un epidemiólogo a los que la población es expuesta. Existen diferencias en los riesgos experimentales acerca de su introducción dentro de la cadena epidemiológica en los medios físicos y sociales.

La reutilización de aguas residuales, constantemente tiene un tratamiento pobre, pudiendo jugar un papel de importancia en la contaminación del medio en comparación con otras formas de propagación de los diferentes patógenos; además de que también existen otros factores que influyen en la exposición de los individuos. Por ejemplo, aquellos patógenos que se encuentran como una contaminación común en el medio, los riesgos asociados con aguas residuales pueden ser solo un factor de exposición secundaria. Debido a ello la población desarrolla inmunidad espontánea a agentes patógenos que sean contaminantes comunes, el grado de inmunidad es dependiendo del individuo.

Los progresos en la higiene y en el tratamiento de aguas residuales están retrasando la edad de la infección natural (30).

5.2.2 Observaciones epidemiológicas

Dado ha los enormes riesgos potenciales acerca del manejo de efluentes crudos o excretas, se nota las relativas observaciones epidemiológicas reportando claramente severas consecuencias.

Una serie de observaciones son válidas sobre tres tipos de poblaciones:

1.- Trabajadores que sufren exposición directa por el manejo de aguas residuales

En Suecia en 1976 fué aislado el "Síndrome de Sewerman's", el cual consiste de fiebre, escalofrío, malestar general y vómito. La mitad de los empleados de la estación de tratamiento de aguas residuales de Gothenberg sufrieron de este síndrome, no fué reportada una incidencia en los habitantes del pueblo. Todos presentaron cuentas altas de inmunoglobulinas, y el 25% presentaron además conjuntivitis. Los aspectos clínicos y epidemiológicos de esta enfermedad única, presentaron una alergia relacionada con circunstancias locales y quizás sea confinada esa área para los trabajadores (30).

Seguidores de éste hecho, e investigaciones profundas condujeron a grupos de exposiciones similares. El único resultado de esta larga investigación fué el de una alta incidencia de problemas intestinales relacionados directamente con la cantidad de aspersiones recibidas. En los Estados Unidos de Norteamérica se monitorearon clínica y biológicamente 250 casos de Sewerman's en tres grandes sitios con un período de tres años mostrando una alta incidencia de gastroenteritis entre los nuevos empleados, que rápidamente se restablecieron (30).

2.- Consumidores de productos alimenticios contaminados.

Existen algunos datos sobre alimentos contaminados por bacterias; debido a que son irrigados, algunas frutas y vegetales como es el caso del jitomate, con aguas residuales.

Un caso cuestionable es el de la Salmonellosis. No hay duda de que al ganado se le permite pastar sobre tierras irrigadas con efluentes en los que Salmonella permanece viable. Una transmisión de esta bacteria para el hombre fué la observada en Switzerland, Germania; Salmonella se difundió entre animales domésticos que pastaban en tierras que eran irrigadas con aguas residuales. Concluyéndose que se incrementaban los niveles de riesgos (30).

3.- Exposición de residentes en las aproximaciones donde se reutilizan las aguas residuales.

En una planta en Illinois, se encontró exceso de coliformes, estreptococos fecales y pseudomonas, los cuales pudieron ser detectados en 350 metros dentro de las instalaciones de la planta. En Texas, la aspersión de efluentes tratados sobre cultivos incrementó el contenido de microorganismos de aire dentro de los 400 metros de radio y no se observó una patología específica en la población más cercana. Finalmente en Israel, diversos estudios han mostrado una coincidencia entre la frecuencia de gastroenteritis en la infancia en los períodos de aspersión con aguas residuales en Kitbbouzim (30).

Puede concluirse de esta revisión epidemiológica que el humano está asociado patológicamente con el uso en la agricultura de aguas residuales crudas; los principales agentes patógenos están clasificados en tres categorías:

Categoría I. Los agentes de ésta categoría presentan una baja dosis de infectividad y son inmediatamente infecciosos, su contagio es directo entre los humanos. Circulan rápidamente en una comunidad bajo la sola influencia de una densidad de contacto humano.

Categoría II. Las bacterias de ésta categoría, como Salmonella y Shigella son transmitidas relativamente fácil entre humanos. Pero dicha transmisión, raramente proporciona la dosis infectiva necesaria para llevar ambas la apariencia de síntomas de enfermedad. La habilidad de estos microorganismos para multiplicarse en los alimentos domésticos tradicionales en el proceso de conservación es supuestamente localizada la apariencia de concentraciones suficientes para infección.

Categoría III. En ella se encuentran los agentes patógenos que presentan el riesgo más general asociado con el uso de aguas residuales y excretas, no pueden ser transmitidos directamente debido a un período de latencia mínimo en el medio, el cual es necesario para el estado embrionario de los huevos. Tienen una dosis baja de infectividad, son fácilmente transmisibles y requieren de un sistema de tratamiento sofisticado que reduzca significativamente el grado de riesgos (30).

Los riesgos mostrados no pueden ser sobreestimados, ni tampoco menospreciados. En México, los grupos de población existentes para su ubicación en los niveles de riesgo actual y experimental están muy generalizados. Ya que para algunas poblaciones, el contacto con los agentes patógenos es nuevo ó poco usual; un agente infeccioso en una comunidad completa vive en equilibrio, sin embargo, en personas expuestas por primera vez resulta ser un patógeno de alto riesgo.

En base a lo anteriormente expuesto, ningún ingeniero sanitario puede menospreciar la escala de riesgos en el caso de la reutilización de aguas residuales para propósitos de tipo económico. Estas consideraciones explican la necesidad del uso de normas para medir la calidad de aguas residuales destinadas a la reutilización en la agricultura.

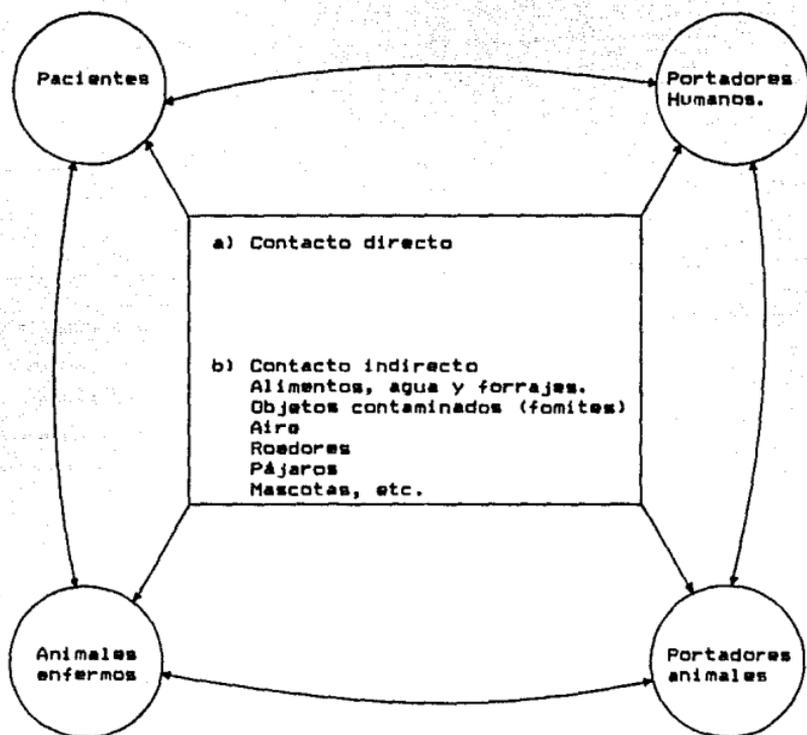


Figura 1. Posibles rutas de transmisión de Salmonella

Cuadro 1. Distribución de Salmonella en los Estados de la República Mexicana.

ENTIDAD	TIFO 8 EPIDEMICO		TIFO 8 MURINO		FIEBRE 88 TIFOIDEA	
	ACTUAL	ACUMULADO	ACTUAL	ACUMULADO	SEMANA	ACUMULADO
Aguascalientes	0	0	0	0	1	39
Baja California Norte	0	0	0	0	2	64
Baja California Sur	0	0	0	0	0	38
Campeche	0	0	0	0	3	168
Coahuila	0	0	0	0	27	523
Colima	0	0	0	0	0	22
Chiapas	0	44	0	0	4	89
Chihuahua	0	0	0	0	1	54
Distrito Federal	0	0	0	0	27	958
Durango	0	0	0	0	4	24
Guanajuato	0	0	0	0	7	450
Guanajuato	0	0	0	0	12	253
Hidalgo	0	0	1	11	1	54
Jalisco	0	0	0	0	0	76
México	0	0	0	0	0	263
Nichoacán	0	0	0	0	13	329
Morelos	0	0	0	0	5	134
Nayarit	0	0	0	0	3	153
Nuevo León	0	0	0	0	5	467
Oaxaca	0	0	0	0	2	38
Puebla	0	0	0	0	4	433
Querétaro	0	0	0	0	8	191
Quintana Roo	0	0	0	1	0	3
San Luis Potosí	0	0	0	1	8	112
Sinaloa	0	0	0	0	1	85
Sonora	0	0	0	0	7	85
Tabasco	0	0	0	0	12	176
Tamaulipas	0	0	0	0	18	502
Tlaxcala	0	0	0	0	1	62
Veracruz	0	0	0	0	7	282
Yucatán	0	0	0	0	3	52
Zacatecas	0	0	0	0	1	41
TOTAL	0	44	1	13	187	6 220

i Casos de notificación inmediata por entidad federativa hasta la semana 36 de 1987.

ii Casos de notificación semanal por entidad federativa hasta la semana 31 de 1987.

Fuente: Notificación inmediata de casos; EPI-3-85, D.G.E., S.S..

Cuadro 2. Riesgos para la Salud que presenta la Utilización de Excretas y Aguas Residuales no Tratadas en la Agricultura.

Clase de Patógeno	Grado relativo de exceso en la frecuencia de la infección o enfermedad
Nematodos intestinales	
<u>Ascaris</u>	Alto
<u>Trichuris</u>	
<u>Ancylostoma</u>	
<u>Necator</u>	
Infecciones bacterianas:	
diarreas bacterianas	Menor
tifoidea	
Infecciones virales:	
diarreas virales	Mínimo
hepatitis A	
Infecciones producidas por trematodos y cestodos:	
esquistosomiasis	Entre alto y nulo, dependiendo de la práctica particular en la utilización de excretas y de las circunstancias locales.
clonorchiasis	
teniasis	

TABLA 1. Características epidemiológicas de los principales agentes patógenos en aguas residuales.

Agente	Cantidad excretada por g/heces	Latencia	Supervivencia	Multiplicación en el medio	Dosis infectiva ID 50 (a)
Virus					
Enterovirus	1.00E+7	0	3 meses	no	100
(Incluyendo polio, echo y coxsakie)	1.00E+6 ?	0	?	no	?
Hepatitis A	1.00E+6 ?	0	?	no	?
Rotavirus	1.00E+8	0	3 meses	no	±1.00E+9
Bacteria					
Colibacilli	1.00E+8	0	3 meses	si	±1.00E+9
Salmonella typhi	1.00E+9	0	2 meses	si	1.00E+7
Otras salmonellas	1.00E+8	0	2 a 3 meses	si	1.00E+6
Shigella	1.00E+7	0	1 mes	si	1.00E+4
Campylobacter	1.00E+7	0	7 días	si	1.00E+6
Cholera	1.00E+7	0	1 mes	si	1.00E+8
Yersinia enterocolitica	1.00E+5	0	3 meses	si	1.00E+9
Leptospira	orina	0	7 días	no	baja
Parásitos					
Amoeba	1.00E+7	0	25 días	no	10 a 100
Giardia	1.00E+5	0	25 días	no	25 a 100
Balantidium coli	?	0	20 días	no	25 a 100
Ascaris	1.00E+4	10 días	1 año	no	Varias unidades
Ancylostoma	1.00E+2	7 días	3 meses	no	1
Anguillula	10	3 días	3 semanas	si	1
Trichocephalus	1.00E+3	20 días	9 meses	no	Varias unidades
Hymenolepis	?	0	10 días	no	1
Taenia	1.00E+4	2 meses	9 meses	no	1
Fasciola hepatica	?	2 meses	4 meses	si	Varias unidades
Otros Trematodos	1.00E+2	6 - 8 semanas	Viven en hospedero	si	Varias unidades

(a):

ID 50, dosis suficiente para provocar la aparición de síntomas clínicos en 50 por ciento de los individuos probados.

Tabla 2. Lineamientos tentativos de calidad microbiológica para el reuso de aguas residuales en la agricultura (1).

Proceso de Reuso	Nematodos Intestinales (2) (Núm. geométrico medio de huevos viables por litro)	Coliformes fecales NMP/100 ml
Riego restringido (3)		
Riego de árboles, cultivos industriales, cultivos de forrajes, árboles frutales (4) y pastizales (5)	≤ 1	No aplicable (3)
Riego no restringido		
Riego de cultivos comestibles, campos deportivos, y parques públicos (6)	≤ 1	≤ 1000 (7)

- (1) En casos específicos, deben tenerse en cuenta los factores epidemiológicos locales, socioculturales e hidrogeológicos para modificar los lineamientos de acuerdo a ellos.
- (2) Ascaris, Trichuris y uncinaria.
- (3) En todos los casos, se requiere de un grado mínimo de tratamiento equivalente a por lo menos una laguna anaeróbica de un día, seguida de una laguna facultativa de 5 días o su equivalente.
- (4) El riego debe cesar dos semanas antes de la recolección y no deben utilizarse los frutos caídos.
- (5) El riego debe cesar dos semanas antes de que los animales entren a pastar.
- (6) Los factores epidemiológicos locales tal vez requieran de una norma más rigurosa cuando se trata de jardines públicos, especialmente los jardines de hoteles que están ubicados en áreas turísticas.
- (7) En el caso que los cultivos comestibles siempre sean consumidos después de una cocción debida, esta recomendación puede ser menos estricta.

6 MATERIAL DE ANALISIS Y MUESTREO

6.1 Material de vidrio

Pipetas graduadas 1, 5 y 10 ml.

Tubos de ensayo de 16 x 150 mm.

Tubos de ensayo de 13 x 125 mm.

Cajas de petri 15 x 100 mm.

Vasos de precipitado de 100, 500 ml.

Probetas de 10, 250, 500 ml.

Matraces Erlenmeyer de 150, 250, 500, 1000 y 2000 ml.

Portaobjetos con dos excavaciones

Portaobjetos y cubreobjetos

Frascos de muestreo con tapón esmerilado de 125 y 2000 ml.

6.2 Equipo de laboratorio

Campana de flujo laminar

Incubadora

Horno

Autoclave

Balanza Granataria

Microscopio óptico

Baño de agua

Equipo de filtración Millipore

Equipo de disección

Lampara de luz ultravioleta de onda larga

Gradillas

Mecheros Fisher

Tripie

Tela de alambre con asbesto

Jeringa Cornwall

Asa bacteriológica

Termómetro

Papel pH

6.3 Material biológico

Cepas puras:

Salmonella typhi **

Salmonella paratyphi A **

Shigella dysenteriae **

Pseudomonas aeruginosa **

Antisueros para tipificación bacteriana:

Antisuero S-1 (Antisuero polivalente de Salmonella de los grupos A hasta el 1 más VI)

Antisuero Sh-1 (Antisuero polivalente de Shigella dysenteriae, tipos del 1 al 7)

** cepas obtenidas en el laboratorio del CIECCA-IMTA

7 MUESTREO

7.1 Estaciones

Para evaluar la calidad de las aguas residuales se fijaron estaciones de muestreo en los afluentes y efluentes de las presas Requena, Endhó, Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre; y en el canal Principal Requena, se seleccionaron cinco puntos: km 21+474 (La Licuadora), km 30+209.8 (La Virgen), km 45+000 (El Tañhe), km 60+000 (El Mexhe) y el km 92+000 (La Lagunilla) así como la salida del Emisor Central, Plano 1 (pag. 46).

Estas presas se seleccionaron debido a que reciben aguas residuales, están en serie y son representativas del Distrito. La presa Requena es la única que no recibe aguas residuales.

El canal principal Requena, fue seleccionado debido a que irriga 35 000 ha aproximadamente, de las 94 000 ha de riego con que cuenta este Distrito; es el de mayor longitud en todo el Distrito, además de que conduce aguas residuales crudas.

El Emisor Central se seleccionó por ser la vía que aporta el mayor volumen de aguas residuales procedentes del Distrito Federal, además que alimenta al canal principal Requena y al sistema de presas.

7.2 Periodicidad

Se efectuaron diez muestreos en cada una de las estaciones seleccionadas en el Distrito de Desarrollo Rural 063, con una periodicidad mensual.

7.3 Material

Se emplearon frascos de tapón esmerilado, con una capacidad de 125 ml para muestras de indicadores tradicionales (coliformes totales y fecales, estreptococos fecales) y Pseudomona aeruginosa y de 2 000 ml para bacterias patógenas.

Los frascos utilizados en el muestreo se trataron con 0.3 ml de solución de etilen diamino tetra acetato de sodio (EDTA) al 15% (la cual tendrá un efecto quelante sobre los metales), posteriormente la tapa del mismo se cubría con papel de estaño y fueron esterilizados en una autoclave a una temperatura de 121°C y presión de 1.5 atm durante 15 minutos.

7.4 Método de muestreo bacteriológico

Se sumergía el frasco cerrado a una profundidad de 15 a 30 cm, con el cuello hacia abajo, destapándolo dentro del cuerpo de agua y girándolo de tal modo que el cuello del frasco quedara ligeramente hacia arriba. En el caso de existir corriente en el punto de muestreo, el frasco debería quedar frente a ésta, en caso contrario se debería tomar el mismo por la base y moverlo hacia adelante de uno.

La muestra recolectada se etiquetaba y guardaba en una hielera, a efecto de que la misma fuera mantenida en un ámbito de temperatura de 1 a 4 grados centígrados. Realizándose el análisis de esta muestra en un período menor de 24 hr, contadas a partir de la hora de su recolección (43).

B METODOLOGIA DE ANALISIS DE LAS MUESTRAS

B.1 Preparación de diluciones

Quando las muestras tienen un alto grado de turbidez y/o contaminación, es necesario diluirlas a efecto de que los resultados a obtener sean de mayor confiabilidad, para ello debe emplearse agua de dilución esterilizada.

Es necesario homogenizar la muestra agitando el recipiente en que se encuentra contenida, posteriormente transferir 1 ml a 9 ml de agua dilución, al concluir cada dilución, inocular 1 ml de las diluciones señaladas en los medios de cultivo específicos.

B.2 Método de análisis

B.2.1 Coliformes totales

En la determinación de éste parámetro se realizaron dos etapas de pruebas, como se muestra en la figura 2 (pag. 54), mismas que se describen a continuación:

a) Prueba presuntiva

Se emplearon series de tres tubos con campana de Durham, cada tubo contenía 10 ml de caldo lactosado (CL) de concentración normal. A cada tubo se le añadieron cantidades de la muestra o diluciones apropiadas de la misma, usándose tres tubos por dilución. Las diluciones se realizaron en base al tipo de agua que se está analizando.

Posteriormente se incubaron estas series a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas. La formación de gas al finalizar el período de incubación nos indicó la presencia del grupo coliforme, y por lo tanto se considero positivo.

b) Prueba confirmativa

Los tubos positivos de la prueba presuntiva, se utilizaron para ser resembrados en tubos de fermentación que contenían caldo bilis verde brillante (CBVB), para ello se empleó una asa bacteriológica y se incubaron a una temperatura de $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. La formación de gas dentro de este período de incubación constituye la presencia de este grupo de microorganismos. Los resultados fueron expresados como NMP (Número Más Probable)/100 ml (3).

8.2.2 Coliformes fecales

Debido a que los coliformes fecales forman parte de los coliformes totales, su determinación se realiza a partir de la prueba presuntiva de estos últimos, figura 2 (pag. 54).

Con el asa bacteriológica se transfirieron inóculos de cada uno de los tubos positivos a tubos de fermentación con medio EC. Los mismos fueron incubados en un baño de agua a una temperatura de $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas.

Se examinaron, posteriormente a la incubación, cada uno de los tubos y se anotaron como positivos los que presentaron formación de gas. Los resultados fueron expresados como MNP (Número Más Probable)/100 ml (3).

8.2.3 Estreptococos fecales

Se utilizaron series de tres tubos y la determinación consto de una prueba presuntiva y otra prueba confirmativa, figura 3 (pag. 55).

a) Prueba presuntiva

Se transfirió 1 ml. de las diluciones apropiadas de la muestra a tubos de ensayo que contenían 10 ml de caldo azida-glucosa, homogenizándose e incubándose a una temperatura de 35°C durante 48 horas. La presencia de una turbidez en el medio, así como un precipitado en el fondo del tubo se consideraba prueba positiva.

b) Prueba confirmativa

A partir de los tubos positivos se resembró con esa bacteriológica, en tubos que contenían caldo azida violeta de etilo (EVA) y se incubaron a una temperatura de 35°C durante 48 horas, se consideraron positivos aquellos tubos que presentaron turbidez y un precipitado compacto en el fondo del mismo. Los resultados se expresaron como NMP/100 ml (3).

8.2.4 Pseudomonas aeruginosa

Se emplearon series de tubos (tres por cada serie), figura 4 (pag. 56). Su análisis se llevo a cabo mediante el siguiente procedimiento:

a) Prueba presuntiva

De las diluciones apropiadas de la muestra analizada se transfirió 1 ml a tubos de ensayo que contenían 10 ml de caldo Asparagina, mezclándose para su posterior incubación a una

temperatura de 35°C durante un período mayor a las 48 horas que recomienda la literatura para este tipo de prueba. Lo anterior se debió a que la pigmentación se presentaba en un término promedio de cinco días, para éste tipo de agua.

Se consideraron positivos aquellos tubos que presentaron turbidez, los cuales fueron examinados bajo luz ultravioleta, la presencia de un color verde y una onda corta de piocianina nos indico una prueba positiva (25).

b) Prueba confirmativa

Los tubos positivos se confirmaron transfiriendose inóculos, de cada uno de ellos, a tubos que contenían agar Cetrimida (la base de agar Cetrimida promueve la producción de un pigmento verde azulado --piocianina-- el cual es formado por *Pseudomonas aeruginosa*), para lo cual se empleó esa bacteriológica. Los tubos que contenían agar Cetrimida fueron resembrados por estria, y se incubaron a una temperatura de 35°C durante cuatro días. Considerándose positivos aquellos tubos que presentan dicho pigmento. Los resultados se expresaron como NMP/100 ml (25).

B.2.5 Shigella spp y Salmonella spp.

Para la determinación de estos microorganismos es necesario manejar volúmenes relativamente grandes de muestra, debido a que se encuentran en pequeñas cantidades.

El método utilizado consiste en una técnica de concentración con tierra de diatomeas, enriquecimiento, aislamiento, identificación mediante pruebas bioquímicas y confirmación serológica, figura 5 (pag. 57), (44).

B.2.5.1 Análisis cualitativo

a) Enriquecimiento

Este consiste en colocar un cojinete estéril sobre la malla del portafiltros utilizando pinzas esterilizadas. Encima de este cojinete, se colocó un embudo estéril, el cual se aseguró firmemente sobre el portafiltros. Posteriormente se adicionaron 20 ml de suspensión de tierra de diatomeas (12.5 g/100 ml, debido a que la misma tiene una elevada capacidad de filtración) a este cojinete.

Una vez que se preparó el equipo de filtración, se filtro un volumen de muestra de 1 000 ml (para cada medio de enriquecimiento) bajo vacío parcial. Después de realizada la

filtración se quitó el embudo y con las pinzas esterilizadas se tomó el cojinete, el cual fué colocado en un tubo de ensaye previamente preparado con caldo de enriquecimiento.

Caldo selenito, este caldo de enriquecimiento tiene la ventaja, principalmente, de inhibir enterobacteria no patógenas. En las primeras seis a doce horas de incubación permite el desarrollo de Salmonella (particularmente Salmonella typhi) que se multiplica rápidamente.

Caldo tetrationato, es un caldo de enriquecimiento que también inhibe a los coliformes; pero permite el crecimiento de bacterias reductoras de tetrationato, como son: Salmonella y Shigella.

Incubandose a una temperatura de 44 grados centigrados durante 24 horas, (8, 14, 41, 53).

b) Aislamiento en medios selectivos

Trancurrido el tiempo de incubación se llevó a cabo una resiembra por estria en placas con tres diferentes medios selectivos, los cuales son:

b.1) Agar Salmonella-Shigella. En este medio las colonias típicas de Salmonella van de incoloras a transparentes y, en el caso de ser productoras de ácido sulfhídrico presentan un centro negro en la colonia.

b.2) Agar Sulfito-Bismuto. Este medio se considera como uno de los mejores para el aislamiento de Salmonella, principalmente de Salmonella typhi, ya que inhibe un poco el crecimiento de Shigella. El crecimiento de Salmonella se produce como colonias típicas, las que generalmente presentan un brillo negrusco o metálico. El mismo puede extenderse sobre la colonia formando un halo, el cual en algunas ocasiones puede llegar a cubrir las demás colonias. Algunas Salmonellas presentan coloraciones verdes. En el caso de Shigellas no es muy común el crecimiento, sin embargo, si se localizan ciertas colonias típicas que generalmente presentan características crateriformes (21).

b.3) Agar Mac Conkey. Medio que permite el crecimiento de bacterias no-patógenas y patógenas; debido a esto, en las siembras por estrias, debe aplicarse menor cantidad de inóculo con la finalidad de obtener un buen aislamiento de dichas bacterias. Las enterobacterias no fermentadoras de lactosa dan colonias transparentes, incoloras o amarillas (22).

El periodo de incubación para los medios descritos anteriormente debe ser de 24 horas a 37°C, debido a que puede presentarse un sobrecrecimiento cuando se incuba durante más tiempo.

Se eligieron cuatro colonias perfectamente aisladas por cada medio selectivo y por cada patógeno, en total 24 colonias (12 de Salmonella y 12 de Shigella). En todos los casos se realizaron frotis teñidos con la técnica de Gram para observar la morfología microscópica.

c) Aislamiento de las colonias típicas

Las colonias típicas fueron resembradas en tubos de ensayo que contenían agar nutritivo, para lo cual se empleó la asa bacteriológica. Incubándose durante 24 horas a una temperatura de 37°C, para realizar las pruebas bioquímicas.

d) Pruebas bioquímicas

Estas se realizaron con el objeto de identificar el género y la especie de los organismos patógenos. Generalmente, el número de cultivos obtenidos es numeroso y se recurrió a un patrón abreviado de dos series de pruebas bioquímicas.

d.1) Primera Serie de Prueba Bioquímica

En ella se empleó el caldo urea. Aquellos cultivos en los que se obtuvieron resultados positivos a este medio fueron eliminados inmediatamente, ya que pueden indicar la presencia de Proteus u otros bacilos no-patógenos, y para los cultivos negativos se realizó una segunda serie de bioquímicas.

d.2) Segunda Serie de Prueba Bioquímica

Dicha serie consistió en:

<u>PRUEBA</u>	<u>OBJETIVO</u>
SIM	Producción de indol, motilidad y ácido sulfhídrico.
LIA	Presencia de la enzima lisina descarboxilasa.
CITRATO	Utilización de citrato como fuente de carbono.
TBI	Fermentación de carbohidratos y producción de ácido sulfhídrico.
CALDO GLUCOSA	Capacidad fermentativa.
CALDO MANITOL	Capacidad fermentativa.
MALONATO FENILALANINA	Utilización del malonato y desaminación de la fenilalanina.

e) Prueba serológica

El apoyo que nos proporcionaron las pruebas bioquímicas, fue para reducir el número de microorganismos que posteriormente se identificarán serológicamente. Ya que ello nos permitió, en una forma rápida y sencilla, la identificación final de la bacteria en cuestión.

Esta prueba se la realizó a aquellos cultivos puros presuntivos de ser *Salmonella* o *Shigella*, en base a sus antígenos somáticos "O" los cuales se identificarán por medio de la prueba de aglutinación en portaobjetos excavados con el antisuero polivalente "O".

Para la identificación de *Salmonella* se utilizó el antisuero S-1 (Antisuero polivalente de *Salmonella* de los grupos A hasta el 1 más Vi). Y en el caso de *Shigella* se empleó el antisuero Sh-1 (Antisuero polivalente de *Shigella dysenteriae*, tipos del 1 al 7).

La colonia seleccionada se resuspendió en una gota de solución salina isotónica sobre un portaobjetos perfectamente limpio y a continuación se colocó una gota del antisuero específico. Mezclándose, perfectamente con un aplicador, la gota de la suspensión de la colonia con la gota del antisuero. Observándose posteriormente con una fuente luminosa (44).

La interpretación de una prueba positiva es la presencia de floculos; en caso de que no la haya, la prueba es negativa.

8.2.5.2 Análisis semicuantitativo

El método del número más probable (NMP) fué usado para la estimación de los niveles de *Salmonella* en las estaciones de muestreo seleccionadas.

De la muestra a analizar se tomaron volúmenes de 10.0, 1.0 y 0.1 ml; los cuales fueron inoculados en series de cinco tubos. Para las series con volúmenes de muestra de 10.0 ml se empleó como medio de cultivo caldo tetrationato base de doble concentración; y para las otras series se utilizó el mismo medio de cultivo, pero en concentración normal.

Todas las series de tubos fueron incubadas a una temperatura de 44°C durante 24 horas (8, 14, 41, 53); posteriormente a este periodo de incubación, se sembraron por el método de estriado sobre tres tipos de placas, las cuales contenían agar SS, agar Sulfito y Bismuto y agar Mac Conkey. Dichas placas fueron incubadas a 37°C por 24 horas.

Las colonias presuntivas de ser Salmonella o Shigella fueron aisladas en tubos que contenían agar nutritivo inclinado; se les realizaron frotis teñidos con la técnica de Gram a efecto de observar posteriormente la morfología microscópica de estos microorganismos.

Después se realizó la primera y segunda serie de pruebas bioquímicas, mencionadas en la descripción del análisis cualitativo.

Finalmente se realizó el examen serológico a aquellos cultivos puros, presuntivos de ser Salmonella o Shigella, utilizando la prueba de aglutinación en portaobjetos con los sueros específicos ya mencionados anteriormente.

Los resultados se reportaron como Salmonella spp. o Shigella spp. en NMP/100 ml de agua residual.

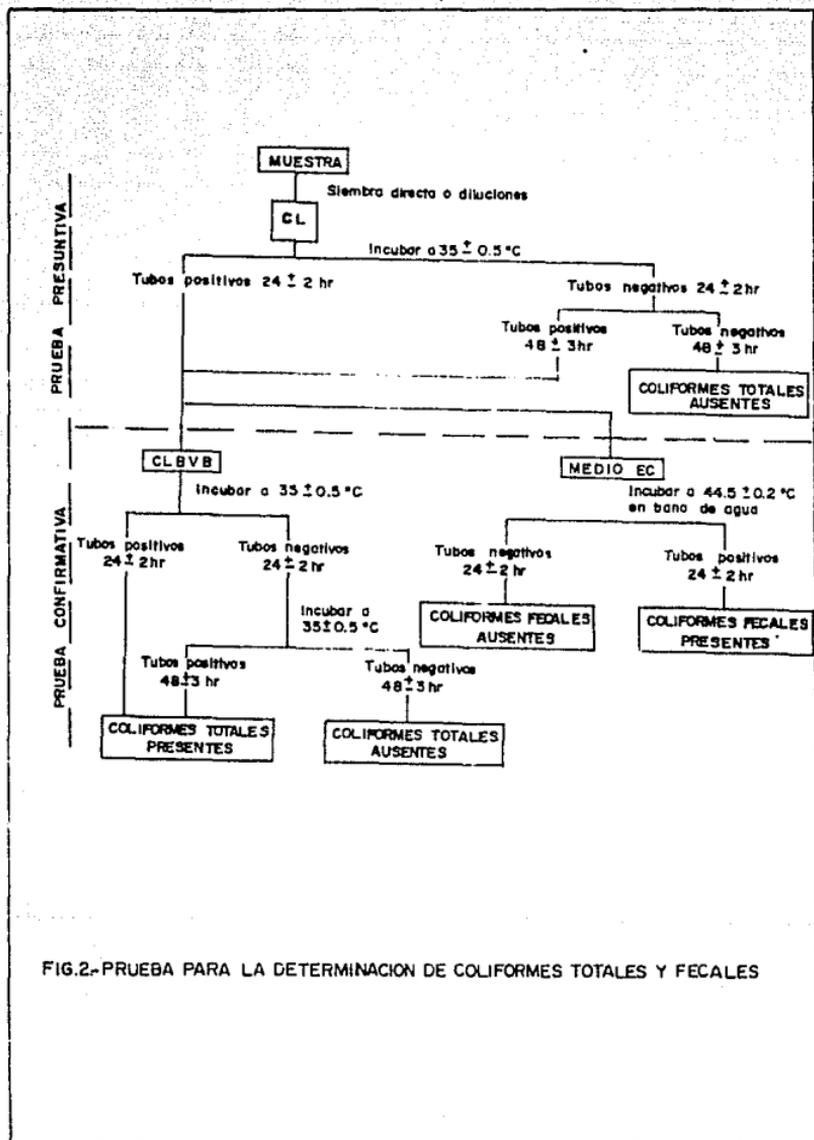


FIG.2.-PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES

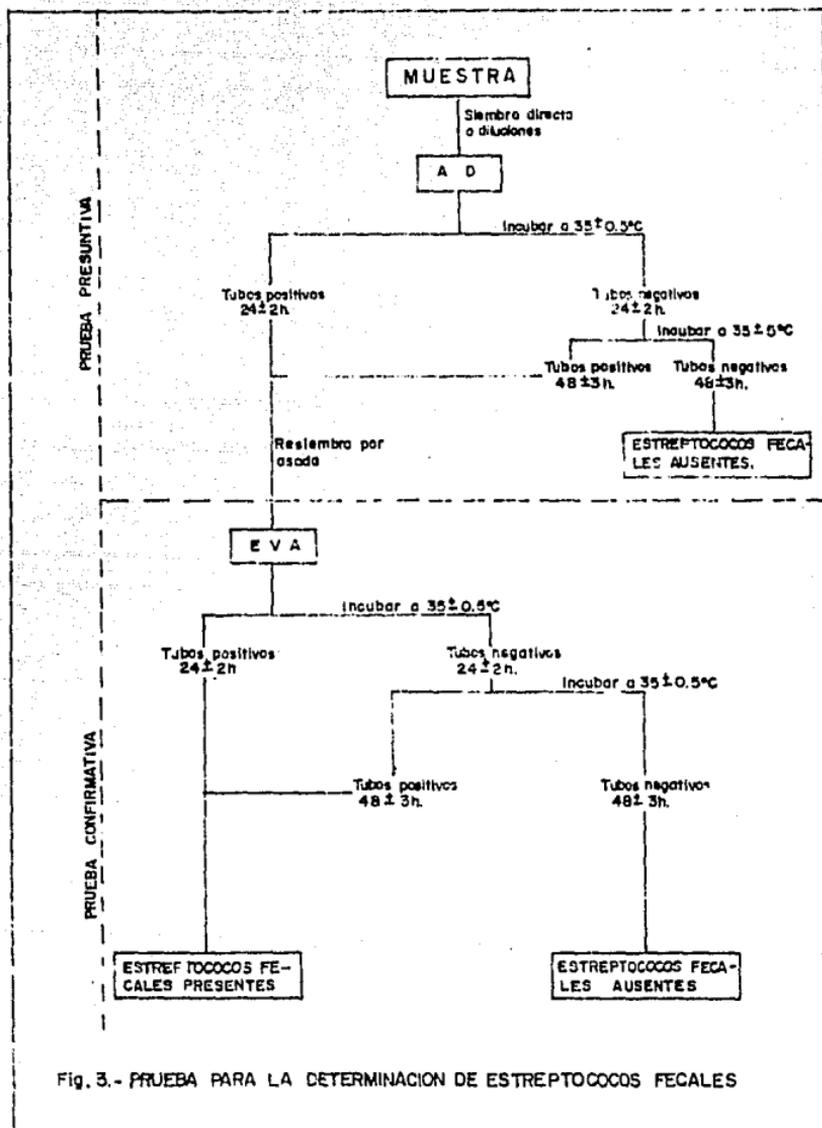
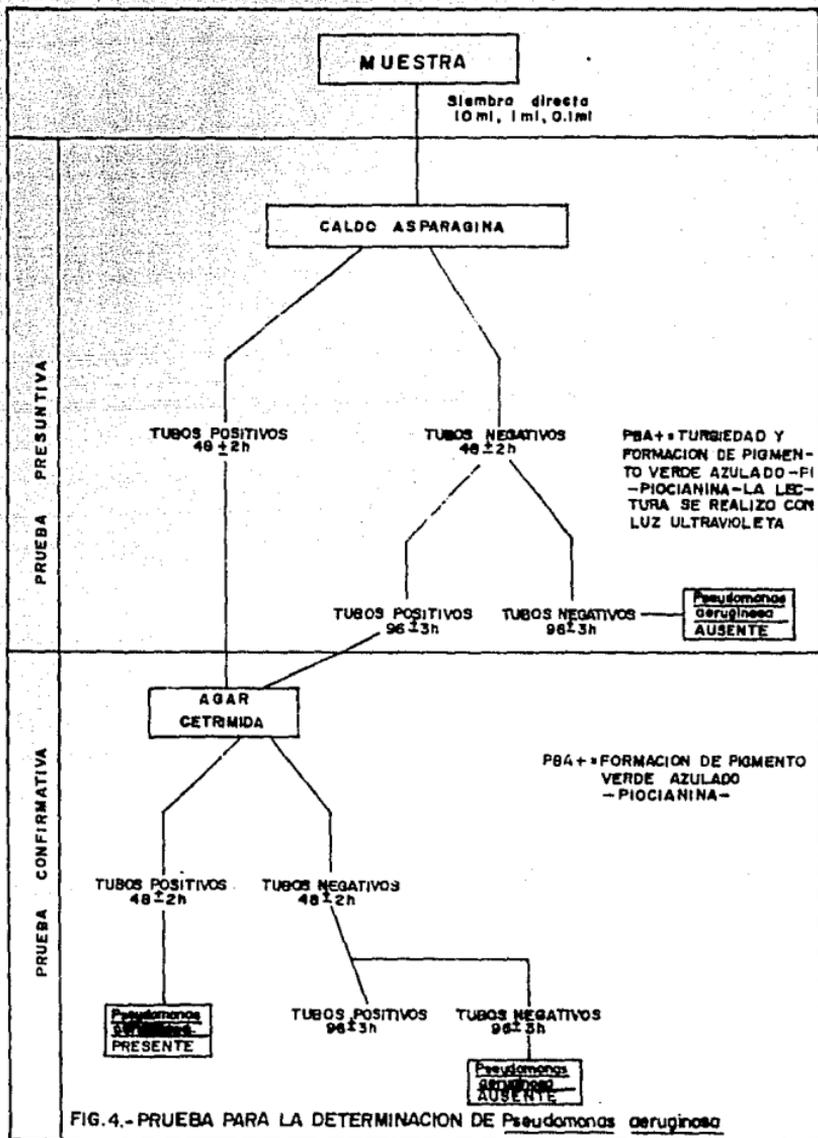


Fig. 3.- PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE ESTREPTOCOCCOS FECALES



a) MUESTRA

b) CONCENTRACION

c) ENRIQUECIMIENTO SELECTIVO

d) AISLAMIENTO EN MEDIOS DE CULTIVO SELECTIVOS

e) AISLAMIENTO DE COLONIAS TIPICAS

f) IDENTIFICACION BIOQUIMICA

g) PRUEBA SEROLOGICA

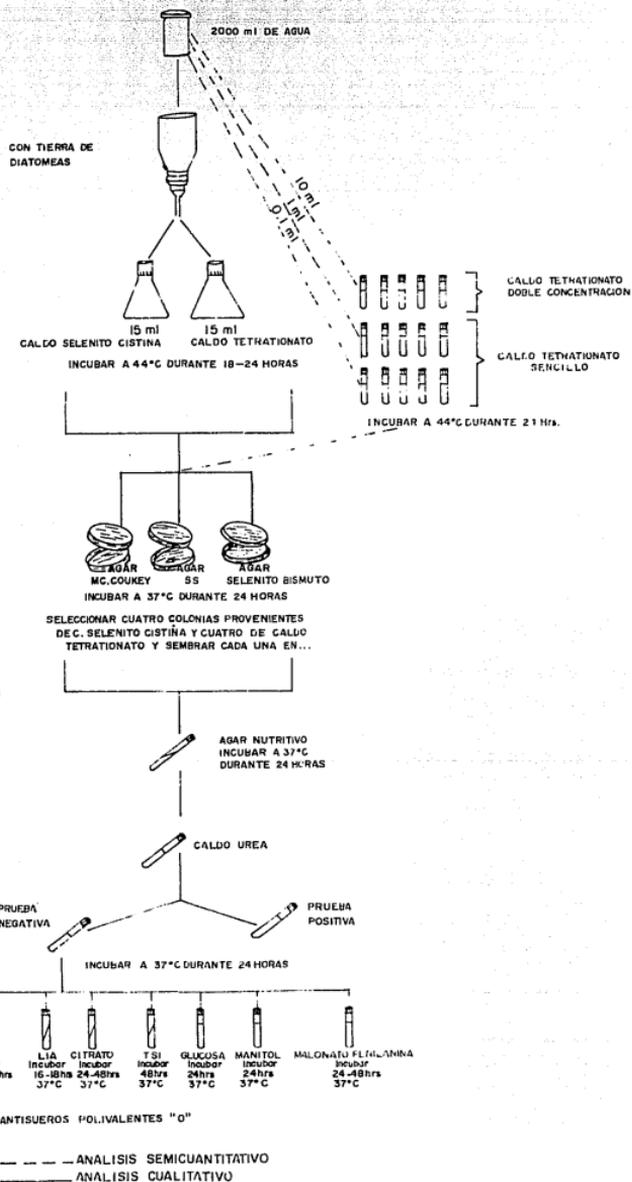


FIG.5.-RECUPERACION E IDENTIFICACION DE SALMONELLA Y SHIGELLA EN AGUAS RESIDUALES

9 EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA IRRIGACION.

Para caracterizar el grado de contaminación de las aguas utilizadas para irrigación, ha sido necesario recurrir a los patrones de referencia, que en conjunto nos da una clasificación del agua y su posible uso, dentro de las actividades humanas.

Es necesario llevar a cabo la determinación de varios parámetros a la vez, ya que se encuentran presentes distintos contaminantes que de alguna forma están deteriorando la calidad del agua.

Los parámetros que en la actualidad se utilizan para evaluar la calidad del agua son el resultado de un largo proceso de investigación a nivel mundial, de esta forma ha sido posible establecer aquellos parámetros de mayor utilidad para éste fin, así como fijar los límites permisibles para cada parámetro, de acuerdo al uso específico a que se destine el agua en estudio.

En 1972 en los Estados Unidos de Norteamérica, la Comisión Federal para el Control de la Contaminación del Agua, publicó los requisitos de la Environmental Protection Agency (EPA), para la descarga de aguas residuales, tabla 3 (pag. 60).

En México, en el Artículo 24 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua, se da la clasificación de las aguas en función de su uso, tabla 4 (pag. 62), (45).

En base a lo anteriormente expuesto, actualmente los análisis de calidad de agua, comprenden los parámetros fisicoquímicos usuales como son pH, DBO, alcalinidad, temperatura los cuales proporcionan un apoyo auxiliar en la caracterización de los usos y riesgos que puede presentar la reutilización de las aguas residuales para irrigación. La interpretación de dichos parámetros fisicoquímicos no proporciona una información completa de la calidad del agua, ya que no refleja todas las condiciones de riesgos para la salud pública.

Por ello, debe tomarse en cuenta, como punto relevante en cualquier estudio sobre contaminación ó calidad de agua, a los organismos vivos, quienes participan de manera general en los parámetros que intervienen en la alteración de la dinámica de calidad del agua. Por lo tanto, el parámetro que nos proporciona una mayor confianza en la interpretación de la calidad del agua es el microbiológico. Debido a que en las aguas residuales son encontradas una serie de microorganismos potencialmente patógenos al hombre, algunos de los cuales han mostrado mayor tiempo de persistencia aún fuera del medio usual, presentando a la vez el riesgo de contaminar los cultivos que son irrigados con estas aguas.

La presencia de estos microorganismos patógenos en el suelo se debe a que presentan tiempos de supervivencia que varían de horas a meses, dependiendo de varios factores, como son: tipo de suelo, capacidad de retención de humedad, contenido orgánico del suelo, potencial de hidrógeno, temperatura, luz solar, grado de contaminación del agua residual aplicada y efecto antagónico de la flora microbiana natural del suelo.

El uso de estas aguas en la agricultura favorece la incidencia de bacterias en las frutas y plantas golpeadas o fracturadas, y la acumulación en plantas que tengan mucho follaje, ya que esto impide la acción bactericida de los rayos solares.

La abundancia y diversidad de microorganismos en las aguas residuales, no solamente incluye aquellos microorganismos tradicionales que son más extensamente usados como guías para la determinación de la calidad del agua; sino que también presentan microorganismos de tipo patógeno, como los agentes etiológicos de la disentería, diarrea bacilar y fiebre tifoidea.

Aún cuando no se tienen estudios que señalen una evidencia epidemiológica concluyente del recorrido de los organismos patógenos en la cadena alimenticia y su consecuente daño a los consumidores; se hace necesario utilizar indicadores de mayor sensibilidad que nos permita definir criterios técnicos de calidad, adecuados a las condiciones socioeconómicas del país con el fin de disminuir el peligro de enfermedades que afecten seriamente la salud de los consumidores.

Tabla 3.- Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según la EPA

CONTAMINANTES	UNIDADES	USO				
		Público	Recreativo	Irrigación	Industrial	Descargas subterráneas
FISICOS Y QUIMICOS						
Turbiedad	UTJ	0.100	25.0000	---	---	---
Color	UI	3.000	---	---	1200.00	---
Olor (a 25°C)		0.000	---	---	---	---
pH	pH	7.0 - 8.500	6.5 - 8.3	---	3.5 - 9.1	6.5-8.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2.000	---	100.000	---	---
Alcalinidad	mg/l	250.000	---	---	500.00	---
Aluminio	mg/l	0.050	---	1.000	3.00	---
Amoniaco como Nitrógeno	mg/l	0.010	1.0000	---	1.00	---
Arsénico	mg/l	0.010	---	---	---	0.1
Bario	mg/l	0.500	---	---	---	2.0000
Boro	mg/l	0.025	---	0.750	---	---
Cadmio	mg/l	0.005	---	0.005	---	0.0200
Cloruro	mg/l	25.000	---	---	500.00	500.0000
Cromo (hexavalente)	mg/l	0.020	1.0000	5.000	---	0.1000
Cobre	mg/l	0.010	0.2000	0.200	0.50	0.4000
Oxígeno disuelto	mg/l	8.000	5.0000	---	trazas	---
Fluoruros	mg/l	1.000	---	---	1.20	3.0000
Sales como CaCO3	mg/l	80.000	---	---	850.00	---
Calcio	mg/l	15.000	---	---	162.00	---
Magnesio	mg/l	10.000	---	---	108.00	---
Hierro	mg/l	0.050	---	---	80.00	0.6000
Plomo	mg/l	0.010	---	---	---	0.1000
Manganeso	mg/l	0.010	---	2.000	10.00	0.6000
Nitratos y nitritos	mg/l	0.100	---	---	30.00	20.0000
Fósforo	mg/l	0.010	---	---	4.00	---
Selenio	mg/l	0.010	---	---	---	0.2000
Plata	mg/l	0.001	---	---	---	0.1000
Sulfato	mg/l	50.000	---	---	680.00	500.0000
Sólidos totales	mg/l	200.000	---	---	1000.00	1000.0000
Zinc	mg/l	0.050	5.0000	---	---	---
Cianida	mg/l	0.100	---	---	---	0.6000
Grasas y aceites	mg/l	0.050	---	---	---	0.4000
INSECTICIDAS						
Aldrin	µg/l	0.050	0.5000	1.700	1.70	0.0500
Clordano	µg/l	0.020	0.0200	0.300	0.30	0.0200
DDT	µg/l	0.006	0.0060	4.200	4.20	0.0060
Dieldrin	µg/l	0.003	0.0030	1.700	1.70	0.0030
Endrin	µg/l	0.002	0.0020	0.100	0.10	0.0020
Heptacloro	µg/l	0.002	0.0020	1.800	1.80	0.0020
Hepóxido de heptacloro	µg/l	0.0002	0.0002	1.800	1.80	0.0002
Lindano	µg/l	0.002	0.0020	5.600	5.60	0.0020
Metoxicloro	µg/l	0.004	0.0040	3.500	3.50	0.0040
Carbamatos	µg/l	0.0003	0.0003	10.000	10.00	0.0003

Tabla 3.- Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según la EPA.
(continuación)

CONTAMINANTES	UNIDADES	USD					Descargas subterráneas
		Público	Recreativo	Irrigación	Industrial		
HERBICIDAS							
Fenol	mg/l	0.0010	0.0010	---	---	10.0000	
RADIOACTIVIDAD							
Radio 226	pc/l	1.0000	3.0000	3.000	3.00	3.0000	
Estroncio 90	pc/l	2.0000	10.0000	10.000	10.00	10.0000	
MICROBIOLOGICOS							
Coliformes totales	ml	100/100	1000/100	5000/100	10000/100	100/100	
Coliformes fecales	ml	20/100	200/100	1000/100	2000/100	20/100	

Tabla 4. Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según su reutilización.

CONTAMINANTES	UNIDADES	DA	DI	DII	DIII
FISICOS Y QUIMICOS					
Turbiedad	UTJ	10	CN	CN	CN
Color	(esc Pt-Co)	20	(e)	CN	CN + 10.0
Olor (a 25°C)		Ausente	(f)	CN	---
Potencial hidrógeno	pH	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0
Temperatura	°C	CN + 2.5 (a)	CN + 2.5 (a)	CN + 2.5 (a)	CN + 2.5
Oxígeno disuelto	mg/l	4.00	4.00	4.00	3.2
Grasas y aceites	mg/l	0.7	1.00	ausencia de película	1.0
Sólidos disueltos	mg/l	1000	1000	2000	(h)
Nutrientes (N y P)	mg/l	(c)	(c)	(c)	(c)
Materia flotante		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
BIOLÓGICOS					
Bacterias coliformes (NMP)	(Org/100 ml)	200 (b)	1 000 (d)	10 000 - 20 000 (g)	1 000 (i)
SUSTANCIAS TOXICAS**					
Arsénico	mg/l	0.050	0.050	1.00	5.000
Bario	mg/l	1.000	1.000	5.00	---
Boro	mg/l	1.000	1.000	---	2.000
Cadmio	mg/l	0.100	0.100	0.10	0.005
Cobre	mg/l	1.000	1.000	0.01	1.000
Cromo hexavalente	mg/l	0.050	0.050	0.10	5.000
Plomo	mg/l	0.050	0.050	0.10	5.000
Selenio	mg/l	0.010	0.010	0.05	0.050
Cianuro	mg/l	0.200	0.200	0.02	---
Fenoles	mg/l	0.001	0.001	1.00	---
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes)		0.500	0.500	3.00	---

DA Agua para abastecimiento de sistemas potables

DI Agua potable con tratamiento convencional (coagulación, filtración y desinfección) e industrial

DII Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora y fauna, usos industriales.

DIII Agua para uso agrícola e industrial.

CN Condiciones naturales

(a) Máximo 30°C, excepto cuando sea causada por condiciones naturales

Tabla 4. Límites máximos permisibles de sustancias presentes en los cuerpos receptores según su reutilización (continuación).

- (b) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (cinco mínimo), podrá ser mayor a 2 000 coliformes fecales.
 - (c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
 - (d) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (cinco mínimo), podrá ser mayor a 2 000 coliformes fecales.
 - (e) No será permitido color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.
 - (f) Removible por tratamiento convencional
 - (g) 2 000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4 000
 - (h) Conductividad eléctrica no mayor de 200 000 $\mu\text{mhos/cm}$
 - (i) Para riego de legumbres que se consumen sin hervir o frutas que tengan contacto con el suelo
- ** Límite máximo en miligramos por litro

10 NORMAS EXISTENTES PARA EL USO DE AGUA RESIDUAL

10.1 Principales instituciones involucradas

El uso del agua residual en la agricultura mexicana está controlada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos (SARH). La Subsecretaría de Infraestructura Hídrica (SIH), que es la dependencia de la SARH responsable de la planeación de los recursos hídricos y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) el cual es un organismo desconcentrado de la SARH, son responsables de promover y realizar programas de investigación capacitación y divulgación científica y tecnológica para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Dentro del IMTA se cuenta con cuatro coordinaciones; una de ellas, es la de Investigación. Esta coordinación se compone de cuatro subcoordinaciones, y una se denomina Calidad del Agua, en la que se encuentra incorporado el Centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua (CIECCA), este centro se orienta a mejorar los procesos de tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales; y su laboratorio central funciona, además, como unidad de referencia de la Red Nacional de Laboratorios.

La administración de los recursos del agua en cada estado del país se controla por los Distritos de Desarrollo Rural Integral (anteriormente denominados Distrito de Riego). Cada Distrito tiene su propia jefatura y administración, controla el uso de los recursos hídricos en el área de influencia del mismo y la infraestructura de irrigación y monitorea la calidad del agua irrigada.

10.2 Reglamentos de calidad microbiológica

Los reglamentos nacionales que existen fueron aprobados en marzo de 1973, y modificados en 1975 e indican un estándar microbiológico de menos de 1 000 coliformes/100 ml para el agua que es utilizada en la irrigación de cultivos vegetales que se consumen crudos y las frutas que tienen contacto directo con el suelo. No existe restricción para la calidad del agua usada en la irrigación de cultivos que se comen cocidos o de aquellos que no llegan a tener contacto directo con el suelo. La Comisión del Plan Nacional Hídrico (CPNH), actualmente IMTA, revisó los estándares actuales y propuso los lineamientos para una nueva legislación de calidad de agua para irrigación, mismos que incluyen las siguientes adiciones: prohibir que el ganado pade en la tierra irrigada con agua residual y, donde se practica la irrigación por aspersión, aplicar un estándar < 200 coliformes/100 ml (por consiguiente se requiere la necesidad de un tratamiento).

10.3 Cumplimiento de los reglamentos

En la última reorganización acerca de las responsabilidades de las Secretarías, el monitoreo del agua residual pasó de la SARH a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Esta última secretaría emite los criterios, los lineamientos, los requisitos y demás condiciones que deban satisfacerse para regular el alejamiento, la explotación, el uso o el aprovechamiento de las aguas residuales a fin de evitar la contaminación que ponga en peligro la salud pública o degrade los sistemas ecológicos, debiendo además realizar una evaluación y una vigilancia de su cumplimiento.

Por otra parte, la SARH se encarga de resolver sobre las solicitudes de autorización, concesión o permiso para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas residuales, o su descarga en aguas propiedad de la Nación; considerando, en cada caso, las condiciones necesarias para evitar la contaminación conforme a los citados criterios, lineamientos, requisitos y condiciones que, respecto a cada uno, dicten la SEDUE y la SARH en los ámbitos de su competencia.

Las dificultades han aumentado por la responsabilidad del monitoreo de las aguas por una secretaría que no controla su calidad. En realidad parece que, aunque se lleva a cabo regularmente el monitoreo de parámetros físicos y químicos en aguas residuales para irrigación, no sucede lo mismo con el monitoreo microbiológico. Además de no existir un sistema efectivo de sanciones contra aquellas organizaciones que puedan encontrarse contaminando el agua limpia.

11 RESULTADOS

Dada la importancia de los aspectos bacteriológicos, se caracterizaron 14 puntos de muestreo de agua, Plano 1 (pag. 46), (entradas y salidas de cuatro presas, cinco puntos específicos a lo largo del canal principal Requena y el efluente del Emisor Central). Las cifras obtenidas rebasan considerablemente el límite permisible, expresado en Número Mas Probable (NMP), de coliformes fecales que es de 1 000 organismos/100 ml, en aguas de uso agrícola, ya que se encontraron cifras máximas de coliformes fecales de 2.4E21/100 ml y mínimas de 2.4E16/100, en el Emisor Central, los cuales fueron detectados en aguas residuales mezcladas; también se obtuvieron valores máximos de coliformes fecales de 7.5E5/100 ml así como valores mínimos de 4.3E2/100 ml, en el efluente de la presa Vicente Aguirre en agua relativamente menos contaminada.

En la presa Requena durante todo el periodo de muestreo se observa una mayor concentración de bacterias indicadoras (Coliformes totales, Coliformes fecales y Estreptococos fecales) en el afluente principalmente durante el periodo de agosto a septiembre, las concentraciones mínimas para coliformes totales se da en el mes de noviembre, mientras que para los coliformes fecales y estreptococos fecales esta se presenta en el mes de abril, para el caso de Pseudomonas aeruginosa su concentración máxima se presenta en el periodo de septiembre a noviembre, mientras que la mínima se manifiesta en el mes de mayo. En el efluente de esta presa, las concentraciones máximas de coliformes totales y fecales se manifiestan en el periodo de septiembre a octubre, para el caso de estreptococos fecales y Pseudomonas aeruginosa esta se da en el mes de octubre, los valores mínimos de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales ocurren en el mes de noviembre, el máximo nivel de Pseudomonas aeruginosa se manifiesta en el periodo de octubre a noviembre, mientras que el mínimo se da en el mes de junio, (Lámina No. 1, pag. 88; Tabla No. 5, pag. 73).

La presencia de bacterias patógenas como Salmonella se hace presente en todos los meses, encontrándose con mayor frecuencia tanto en el afluente como en el efluente Salmonella typhi y Salmonella paratyphi. Al para el caso de Shigella esta solo fue aislada durante los meses de octubre y diciembre encontrándose principalmente Shigella flexneri, Shigella dysenteriae y Shigella sonnei, (Cuadro No. 3-12; pags. 77-86).

El porcentaje de remoción de bacterias indicadoras para Coliformes totales fué de un 99.53%, Coliformes fecales 99.53%, Estreptococos fecales 96.89% y Pseudomonas aeruginosa 35.47%, (Tabla No. 7, pag. 75).

Emisor central. De las concentraciones obtenidas en este punto, despuntan principalmente para Coliformes totales, Coliformes fecales y Estreptococos fecales las que se presentan

durante el periodo de abril a junio y de septiembre a noviembre, las concentraciones mínimas para Coliformes totales y Coliformes fecales se presentan en marzo, para Estreptococos fecales en el periodo de septiembre a octubre; las mayores concentraciones de Pseudomonas aeruginosa se encontraron en el mes de julio incrementándose nuevamente sus concentraciones de octubre a noviembre; las concentraciones mínimas se dieron en el periodo de marzo-abril, (Lamina No. 2, pag. 89; Tabla No. 6, pag. 74). En el Emisor central tanto Salmonella como Shigella se hacen presentes; Salmonella se presenta en todo el periodo de abril a noviembre encontrándose en forma considerable especies de Salmonella tipo III y Salmonella typhi; Shigella se encontró principalmente durante el periodo de abril a junio y diciembre, encontrándose primordialmente especies de Shigella flexneri, Shigella dysenteriae y Shigella sonnei. (Cuadro No. 3-12, pags. 77-86).

La remoción que se presenta del Emisor central al afluente de la presa Endhó, para Coliformes totales fue de 99.99%, Coliformes fecales 99.99%, Estreptococos fecales 99.01% y Pseudomonas aeruginosa 93.11%, (Tabla No. 8, pag. 76).

Presa Endhó. Las mayores concentraciones de Coliformes totales en el afluente se encontraron en el periodo de agosto a septiembre, y en el efluente de mayo-junio, siendo las mínimas concentraciones en el periodo de marzo-junio, para los Coliformes fecales las mayores concentraciones se exponen en el periodo de junio-septiembre para el afluente, en el efluente de mayo-agosto, su concentración mínima en ambos se manifiesta en el periodo de marzo-mayo. La mayor concentración de Estreptococos fecales en el afluente se presenta en el periodo de agosto-octubre, en el efluente de julio a agosto, exhibe concentraciones mínimas en el afluente y efluente en el periodo de marzo-abril; Pseudomonas aeruginosa se manifiesta principalmente de agosto a septiembre en el afluente, y en el efluente en julio-agosto, sus concentraciones mínimas en el afluente y efluente se presentan en el periodo de marzo-mayo, (Lamina No. 3, pag. 90; Tabla No. 5, pag. 73).

Las bacterias patógenas que se aislaron con mayor frecuencia en todo el periodo de abril a noviembre son Salmonella tipo III, Salmonella typhi y Salmonella paratyphi A con respecto a especies de Shigella, la que se aisló más frecuentemente fue Shigella flexneri durante el periodo de abril a mayo y de julio a octubre, en el mes de diciembre Shigella se recuperó en una forma bastante considerable, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86).

La remoción que se presentó en esta presa del afluente al efluente de la misma con respecto a los Coliformes totales fue de un 99.99%, Coliformes fecales 99.99%, Estreptococos fecales 99.97% y Pseudomonas aeruginosa 99.78%, (Tabla No. 7, pag. 75).

En la presa Javier Rojo Gómez la mayor concentración de Coliformes totales se presenta en el mes de julio tanto el afluente como en el efluente, en ambos su mínima concentración se da en el mes de noviembre, los Coliformes fecales en el afluente y efluente se incrementan en los meses de mayo y septiembre, respectivamente, su decremento ocurre en el periodo de marzo-abril. Las cantidades de Estreptococos fecales, se incrementa en el periodo de julio-agosto en el afluente, y en el efluente la mayor concentración se encontró en el mes de julio, y la mínima en ambos se manifiesta en el periodo de marzo-abril; Pseudomonas aeruginosa presenta dos incrementos en los meses de abril-septiembre, y un decremento en el periodo de marzo-abril (Lámina No. 4, pag. 91; Tabla No. 5, pag. 73).

Las bacterias patógenas que se presentaron tanto en el afluente como en el efluente, primordialmente fueron especies de Salmonella entre las más frecuentes están Salmonella tipo II, Salmonella tipo III y Salmonella typhi durante todo el periodo de marzo-noviembre; Shigella fue recuperada en los meses de abril-mayo y de septiembre-diciembre, aislándose con mayor frecuencia Shigella sonnei, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86).

La remoción en la presa Javier Rojo Gómez del afluente al efluente de la misma, para Coliformes totales es de 96.65%, Coliformes fecales 98.18%, Estreptococos fecales 91.44% y Pseudomonas aeruginosa 24.77%, (Tabla No. 7, pag. 75).

Presas Vicente Aguirre. Las elevadas concentraciones de Coliformes totales y Coliformes fecales el afluente se presentan en el mes de julio y octubre; para ambos, en el afluente la concentración mínima se presentó en noviembre, en tanto que en el efluente el mínimo nivel de Coliformes fecales se manifestaron en noviembre. Para Estreptococos fecales los niveles máximos en el afluente se presentaron en el periodo de septiembre a octubre, en el efluente se manifiesta en abril, en el afluente se reduce el nivel en el mes de noviembre, para el efluente éste se da en junio; Pseudomonas aeruginosa tanto en el afluente como en el efluente presenta sus máximos niveles en el mes de septiembre, y el mínimo en el afluente en noviembre, para el efluente éste se da en marzo, (Lámina No. 5, pag. 92; Tabla No. 5, pag. 73).

La presencia de patógenos en esta presa fue notablemente menor con respecto a las demás, sin embargo, durante todo el periodo en el que se llevó a cabo el muestreo las especies que se aislaron principalmente fueron de Salmonella tipo II, Salmonella III y Salmonella typhi, con respecto a Shigella esta se recuperó muy poco y sólo se aisló en los meses de junio y diciembre Shigella flexneri, y Shigella dysenteriae, y Sonnei, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86).

La remoción que se llevó a cabo del afluente al effluente de esta presa para Coliformes totales fue de 88.66%, Coliformes fecales 77.77%, Estreptococos fecales 57.08%, y Pseudomonas aeruginosa 59.31%, (Tabla No. 7, pag. 75).

Canal principal Requena en el Km 21+474 (Licuadora), la máxima concentración de Coliformes totales y fecales se presentó en el mes de junio el decrecimiento de ambos se dió en el mes de noviembre; la mayor concentración de Estreptococos fecales se presentó en el período de octubre a noviembre, y la mínima en abril. Pseudomonas aeruginosa presentó su máxima concentración en noviembre y la mínima en mayo, (Lámina No. 6, pag. 93; Tabla No.6, pag. 74).

Las principales especies de Salmonella que se manifestaron aquí fue de Salmonella tipo II, Salmonella tipo III seguidas de Salmonella typhi, durante el período de abril a noviembre; en el caso de Shigella la especie que se aisló más frecuentemente fue Shigella dysenteriae en los períodos de abril a mayo, agosto a octubre y diciembre (Cuadros No. 3-12, pag. 77-86).

La remoción que se llevó a cabo del Km 21+474 al Km 30+209 fue de 95.82% para Coliformes totales, 82.79% para Coliformes fecales, 98.84% para Estreptococos fecales y 95.37% para Pseudomonas aeruginosa, (Tabla No. 8, pag. 76).

Canal principal Requena en el Km 30+209 (La Virgen). La máxima concentración de Coliformes totales, Coliformes fecales y Estreptococos fecales se manifestó en período de junio a julio, la mínima concentración para todos estos indicadores se presenta en el mes de octubre; Pseudomonas aeruginosa manifiesta su máxima concentración en el mes de octubre, y la mínima en el mes de julio. (Lámina No. 7, pag. 94; Tabla No. 6, pag. 74).

Las especies de Salmonella que se encontraron durante todo el período de abril a noviembre fueron Salmonella tipo II, seguida de Salmonella typhi, Shigella casi no fue aislada, sin embargo, la especie primordial que se aisló fue Shigella sonnei en el período de abril a junio y en octubre, (Cuadros No. 3-12, pag. 77-86).

La remoción de bacterias indicadoras del Km. 30+209 al Km. 45+000 para Coliformes totales fue de 34.42%, Coliformes fecales 51.62%, Pseudomonas aeruginosa 3.27%, para Estreptococos fecales no hubo remoción, ya que se presentó una concentración elevada de los mismos en este tramo, (Tabla No. 8, pag. 76).

Canal principal Requena en el Km 45+000 (El Tarro). Los máximos niveles de Coliformes totales, Coliformes fecales se manifiestan en el período de mayo-junio, y los niveles mínimos para ambos se dan en el mes de abril; para Estreptococos fecales la máxima fue en el mes de mayo y la mínima en el mes de agosto,

mientras que en Pseudomonas aeruginosa manifestó su máxima concentración en el mes de octubre y la mínima en mayo (Lámina No. 8, pag. 95; Tabla No. 6, pag. 74).

De las bacterias patógenas que se aislaron fueron Salmonella tipo II seguida de Salmonella typhi y Salmonella paratyphi A en el periodo de marzo-abril; Shigella dysenteriae y sonnei se manifestaron en mayor proporción en el periodo de abril a junio y en octubre y diciembre, en estos dos últimos meses también se recuperó Shigella flexneri, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86).

Del Km 45+000 al Km 60+000, hubo un incremento en las concentraciones de todas las bacterias indicadoras, (Tabla No. 8, pag. 76).

Canal principal Requena en el Km 60+000 (El Mexhe). La mayor concentración de Coliformes totales y Coliformes fecales se presentó en el periodo de junio a septiembre y la mínima para ambos se da en el mes de marzo; para Estreptococos fecales estos se incrementan en julio, su decremento se presenta en abril; con respecto a Pseudomonas aeruginosa esta se presentó en mayor proporción en octubre y en menor proporción en julio (Lámina No. 9, pag. 96; Tabla No. 6, pag. 74).

Con respecto a las bacterias patógenas, las que se aislaron durante el periodo de abril-noviembre fueron Salmonella tipo III y Salmonella typhi; Shigella se presentó en muy pocos casos siendo aislada con mayor frecuencia Shigella dysenteriae en el periodo de abril-marzo, julio y octubre, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86).

La remoción que se llevo a cabo del Km 60+000 al Km 92+000, para Coliformes totales fue de 99.99%, Coliformes fecales 99.99%, Estreptococos fecales 99.99% y para Pseudomonas aeruginosa 79.84%, (Tabla No. 8, pag. 76).

Canal principal Requena en el Km 92+000 (Lagunilla). Los máximos niveles de Coliformes totales se encontraron en los meses de julio y agosto y los Coliformes fecales en abril y agosto, los mínimos niveles para ambos indicadores se presentaron en el mes de noviembre. La mayor concentración de Estreptococos fecales se manifestó en el mes de marzo y la mínima en julio, para Pseudomonas aeruginosa la máxima concentración fue en septiembre y la mínima en abril, (Lámina No. 10, pag. 97; Tabla No. 6, pag. 74).

Las bacterias patógenas que se aislaron fueron Salmonella paratyphi A, Salmonella typhi seguidas de Salmonella tipo III durante el periodo de abril-noviembre; con respecto a Shigella se aisló más frecuentemente Shigella dysenteriae en los meses de abril a mayo, septiembre a octubre y diciembre, (Cuadros No. 3-12, pags. 77-86)

La remoción de bacterias indicadoras, desde el inicio del canal principal Requena (Licuadora) hasta el final del mismo (Lagunilla), para Coliformes totales fue de 99.90%, Coliformes fecales 98.34%, *Streptococcus* fecales 99.97% y *Pseudomonas aeruginosa* 79.68%, (Tabla No. 8, pag. 76).

En la parte correspondiente al análisis de indicadores patógenos (*Salmonella*-*Shigella*), se realizó un estudio cualitativo de abril a diciembre, obteniéndose los siguientes resultados: las especies aisladas con mayor frecuencia fueron, *Salmonella typhi* en el 83.72%, *Salmonella* tipo II, *Salmonella* tipo III ambas en el 72.86%, *Salmonella paratyphi* A en el 57.36.2 por ciento. Las especies de *Shigella* más frecuentemente aisladas fueron: *Shigella sonnei*, *Shigella dysenteriae* 37.20% y *Shigella flexneri* 32.55%, (Cuadro No. 12, pag. 86).

En el análisis semicuantitativo de indicadores patógenos (*Salmonella*-*Shigella*) se incluyó un estudio comparativo entre las densidades semicuantitativas de *Salmonella* con respecto a las densidades cuantitativas de Coliformes fecales el cual se llevó del mes de septiembre a noviembre.

Esta parte del estudio se llevó a cabo ya que existe una gran necesidad de desarrollar datos que correlacionen estos patógenos con los niveles de coliformes fecales en aguas residuales. En estudios realizados anteriormente se ha hallado que aguas contaminadas, con concentraciones suficientes de nutrientes, permiten la persistencia y multiplicación de Coliformes fecales y posiblemente de otras bacterias patógenas como *Salmonella*-*Shigella*.

El cuadro No. 13 (pag. 87) resume el estudio de estas enterobacterias en aguas residuales, en él se agrupan en ciertos ámbitos las densidades de coliformes fecales en forma creciente relacionándolo a la vez con el número de muestras en que se aislaron bacterias enteropatógenas.

Este estudio muestra que en aguas residuales con densidades de Coliformes fecales de $(1.0E2-1.0E5)/100$ ml la ocurrencia de *Salmonella* puede ser de 52.63% - 94.67%. Las densidades de Coliformes fecales $1.0E4/100$ ml y la frecuencia de *Salmonella* spp. es de 47% - 100%.

En el caso de *Shigella*, ésta se presenta de un 15.78% - 63% cuando las densidades de Coliformes fecales están en un ámbito de $(1.0E2-1.0E5)/100$ ml; cuando los niveles de coliformes fecales son $1.0E4/100$ ml *Shigella* spp. se manifiesta en un ámbito de 33.33 a 47.0 por ciento.

Durante el mes de septiembre en el sistema de presas los máximos niveles de *Salmonella* se presentaron en el Emisor central y en el afluente de la presa Javier Rojo Gómez. En el canal

principal Requena las máximas concentraciones fueron en el Km 45+00 (El Tañhe) y en el Km 92+00 (Lagunilla), (Lámina No. 13, pag. 100).

En octubre Salmonella spp. presentó diversas fluctuaciones, las máximas concentraciones se manifiestan en el sistema de presas en el efluente presa Requena y en el efluente presa Endhó. En el canal principal, la máxima concentración se presentó en el Km 45+00 (El Tañhe), (Lámina No. 14, pag. 101).

Los valores máximos en el mes de noviembre de Salmonella spp. en el sistema de presas se encontraron en el efluente presa Requena y en el efluente presa Vicente Aguirre. En el canal principal los niveles máximos se presentaron en el Km 30+209 (La Virgen) y en el Km 92+00 (Lagunilla), (Lámina No. 15, pag. 102).

En diciembre en el sistema de presas las máximas concentraciones de Salmonella se manifestaron en el efluente presa Requena, afluente presa Rojo Gómez y en el Km 21+474 (Licuadora), (Lámina No. 16, pag. 103).

Tabla 5. Concentraciones máximas y mínimas de indicadores bacteriológicos (CT, CF, EF y *Pseudomonas aeruginosa*) de el agua residual del sistema de presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.

ESTACION	PARAMETRO BACTERIOLOGICO	CONCENTRACION		MEDIA GEOMETRICA
		MAXIMA	MINIMA	
AFLUENTE	Coliformes totales	4.60E+10	4.00E+7	1.72E+9
PRESA	Coliformes fecales	4.60E+10	2.80E+6	7.35E+8
REQUENA	Estreptococos fecales	2.40E+6	2.30E+3	1.45E+5
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4.00E+4	1.50E+3	2.34E+3
EFLUENTE	Coliformes totales	1.10E+8	1.50E+4	5.64E+6
PRESA	Coliformes fecales	1.10E+8	1.50E+4	3.43E+6
REQUENA	Estreptococos fecales	1.10E+6	9.00E+1	4.50E+3
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.10E+6	1.10E+2	1.51E+3
AFLUENTE	Coliformes totales	2.40E+15	2.40E+8	1.22E+12
PRESA	Coliformes fecales	2.40E+15	2.40E+8	9.13E+11
ENDHO	Estreptococos fecales	4.60E+6	2.40E+6	2.34E+8
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.50E+7	2.10E+2	2.57E+7
EFLUENTE	Coliformes totales	1.10E+10	2.40E+4	4.31E+7
PRESA	Coliformes fecales	4.60E+9	9.00E+2	8.44E+6
ENDHO	Estreptococos fecales	2.10E+7	2.40E+2	6.56E+4
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.10E+4	7.00E+0	3.13E+2
AFLUENTE	Coliformes totales	2.40E+8	7.00E+4	4.40E+6
PRESA	Coliformes fecales	2.40E+7	4.00E+4	1.93E+6
JAVIER ROJO	Estreptococos fecales	1.10E+6	3.60E+2	9.51E+3
GOMEZ	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2.40E+3	1.10E+1	3.56E+4
EFLUENTE	Coliformes totales	2.40E+6	4.30E+3	1.45E+5
PRESA	Coliformes fecales	1.10E+7	2.40E+3	3.56E+4
JAVIER ROJO	Estreptococos fecales	1.50E+4	4.30E+1	7.88E+2
GOMEZ	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2.40E+3	1.20E+2	4.18E+2
AFLUENTE	Coliformes totales	4.60E+6	7.50E+2	1.70E+5
PRESA	Coliformes fecales	7.50E+5	4.30E+2	7.20E+4
VICENTE	Estreptococos fecales	2.40E+3	1.50E+1	7.20E+2
AGUIRRE	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.10E+4	4.00E+1	7.03E+2
EFLUENTE	Coliformes totales	1.10E+6	2.30E+1	2.40E+4
PRESA	Coliformes fecales	9.30E+4	1.50E+2	1.60E+4
VICENTE	Estreptococos fecales	1.10E+4	4.00E+1	3.09E+2
AGUIRRE	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.10E+4	7.00E+0	2.86E+2

CONCENTRACION = No. de Organismos/100 ml

Tabla 6. Concentraciones máximas y mínimas de indicadores bacteriológicos (CT, CF, EF y *Pseudomonas aeruginosa*) de el agua residual del canal principal Requena, Distrito de Desarrollo Rural Oca, Hgo.

ESTACION	PARAMETRO BACTERIOLOGICO	CONCENTRACION		MEDIA GEOMETRICA
		MAXIMA	MINIMA	
EMISOR CENTRAL	Coliformes totales	2.40E+21	2.40E+16	1.00E+19
	Coliformes fecales	2.40E+21	2.40E+16	9.22E+16
	Estreptococos fecales	1.10E+19	9.00E+13	2.02E+15
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	2.00E+14	2.30E+1	3.73E+5
km 21 + 474 "LICUADORA"	Coliformes totales	2.40E+18	2.40E+12	4.38E+19
	Coliformes fecales	4.60E+17	1.10E+12	8.60E+13
	Estreptococos fecales	2.40E+16	9.00E+19	1.99E+11
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	7.50E+13	1.10E+1	2.64E+6
km 30 + 209 "LA VIRGEN"	Coliformes totales	2.40E+15	7.00E+9	1.83E+13
	Coliformes fecales	2.40E+15	7.00E+9	1.48E+13
	Estreptococos fecales	2.40E+11	3.00E+8	2.24E+9
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.10E+5	7.00E+2	1.22E+4
km 45 + 000 "EL TANHE"	Coliformes totales	2.40E+16	4.30E+11	1.20E+13
	Coliformes fecales	4.60E+15	4.30E+11	7.20E+12
	Estreptococos fecales	1.10E+12	7.00E+9	5.48E+10
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.10E+6	2.10E+2	1.26E+4
km 60 + 000 "EL MEXHE"	Coliformes totales	2.40E+18	2.00E+12	5.10E+15
	Coliformes fecales	1.10E+18	2.00E+12	3.20E+15
	Estreptococos fecales	3.00E+11	4.00E+8	1.79E+10
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	2.40E+6	2.10E+2	1.29E+4
km 92 + 000 "LABUNILLA"	Coliformes totales	2.40E+11	2.00E+8	1.79E+10
	Coliformes fecales	2.40E+11	2.00E+8	7.90E+9
	Estreptococos fecales	3.00E+8	3.00E+4	5.00E+5
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.10E+5	2.30E+7	2.60E+3

CONCENTRACION = No. de Organismos/100 ml

Tabla 7. Remoción de indicadores bacteriológicos en el sistema de presas de el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.

ESTACION	PARAMETRO BACTERIOLOGICO	AFLUENTE	EFLUENTE	% DE REMOCION
PRESA REQUENA	Coliformes totales	1.72E+9	5.64E+6	99.53
	Coliformes fecales	7.35E+8	3.43E+6	99.53
	Estreptococos fecales	1.48E+5	4.50E+3	96.89
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	2.34E+3	1.51E+3	35.47
PRESA ENDHO	Coliformes totales	1.22E+12	4.31E+7	99.99
	Coliformes fecales	9.13E+11	8.44E+6	99.99
	Estreptococos fecales	2.34E+8	6.50E+4	99.78
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	2.52E+4	3.13E+2	99.28
PRESA JAVIER ROJO GOMEZ	Coliformes totales	4.40E+6	1.47E+5	96.65
	Coliformes fecales	1.93E+6	3.56E+4	98.18
	Estreptococos fecales	9.56E+3	7.88E+2	91.44
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	3.35E+2	4.18E+2	24.77
PRESA VICENTE AGUIRRE	Coliformes totales	1.70E+5	2.40E+4	85.88
	Coliformes fecales	7.20E+4	1.60E+4	77.77
	Estreptococos fecales	7.20E+2	3.09E+2	57.08
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	7.03E+2	2.86E+2	59.31

$$\% \text{ REMOCION} = \frac{X - Y}{X} \times 100$$

Donde:

X = AFLUENTE

Y = EFLUENTE

Tabla B. Remoción de indicadores bacteriológicos en el canal principal Requena, Distrito de Desarrollo Rural 063, Hgo

TRAMO (km)	PARAMETRO BACTERIOLOGICO	INICIAL (km)	FINAL (km)	% DE REMOCION
		<u>21 + 474</u>	<u>30 + 209</u>	
21+474	Coliformes totales	4.38E+14	1.83E+13	95.82
al	Coliformes fecales	8.60E+13	1.48E+13	82.79
30+209	Estreptococos fecales	1.94E+12	2.24E+9	95.84
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	2.64E+5	1.22E+4	95.37
		<u>30 + 209</u>	<u>45 + 000</u>	
30+209	Coliformes totales	1.83E+13	1.20E+13	34.42
al	Coliformes fecales	1.98E+13	7.16E+12	51.62
45+000	Estreptococos fecales	2.24E+9	5.48E+10	-
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.22E+4	1.26E+4	3.27
		<u>45 + 000</u>	<u>60 + 000</u>	
45+000	Coliformes totales	1.22E+13	5.10E+15	-
al	Coliformes fecales	7.16E+12	3.20E+15	-
60+000	Estreptococos fecales	5.48E+10	1.24E+10	68.24
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.26E+4	1.29E+4	-
		<u>60 + 000</u>	<u>92 + 000</u>	
60+000	Coliformes totales	5.10E+15	1.71E+10	99.99
al	Coliformes fecales	3.20E+15	7.90E+9	99.99
92+000	Estreptococos fecales	1.74E+10	5.00E+5	99.99
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.29E+4	2.60E+3	79.84
		<u>21 + 274</u>	<u>92 + 000</u>	
21+274	Coliformes totales	1.83E+13	1.71E+10	99.90
al	Coliformes fecales	1.48E+13	1.90E+9	99.84
92+000	Estreptococos fecales	2.24E+9	5.00E+5	99.97
	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	1.22E+4	2.60E+3	78.68
		EMISOR	AFLUENTE	
		CENTRAL	P. ENDHO	
EMISOR	Coliformes totales	1.08E+19	1.22E+12	99.99
CENTRAL	Coliformes fecales	9.22E+18	9.13E+11	99.99
al	Estreptococos fecales	2.02E+15	2.30E+8	99.01
AFL. P. ENDHO	<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	3.73E+15	2.52E+4	93.11

$$\% \text{ DE REMOCION} = \frac{X1 - X2}{X1}$$

Donde:
 X1 = PUNTO 1
 X2 = PUNTO 2

Cuadro 3. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de abril

ESTACION	<i>Salmonella</i>				<i>Shigella</i>			Coliformos fecales NMP/100 g		
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri		dysenteriae	sonnei
Af. Presa Requena	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.80E+6
Ef. Presa Requena	+	+	-	-	+	+	-	-	-	1.50E+4
Eisac Central	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.10E+20
Af. Presa Endho	+	-	-	-	+	+	+	-	+	2.40E+8
Ef. Presa Endho	-	-	-	-	+	+	+	-	-	2.40E+4
Af. Presa J. Rojo G.	-	-	+	+	+	+	-	-	+	4.00E+4
Ef. Presa J. Rojo G.	-	-	-	-	+	+	-	-	+	1.10E+4
Af. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	+	+	-	-	-	4.30E+4
Ef. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	+	+	-	-	-	2.40E+4
C. Pral. Requena km 21+474	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4.60E+12
C. Pral. Requena km 30+209	-	+	-	-	+	+	-	+	+	4.60E+12
C. Pral. Requena km 45+000	-	+	-	-	+	+	-	+	+	4.30E+11
C. Pral. Requena km 60+000	-	+	+	-	+	+	-	+	+	4.60E+14
C. Pral. Requena km 92+000	+	-	+	+	+	+	-	+	+	2.00E+7

Cuadro 4. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de mayo

ESTACION	<i>Salmonella</i>				<i>Shigella</i>			Coliformos fecales NMP/100 ml		
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri		dysenteriae	sonnei
Af. Presa Requena	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.10E+9
Ef. Presa Requena	+	+	-	-	+	+	-	-	-	4.00E+6
Eisor Central	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.40E+10
Af. Presa Endbo	+	-	-	-	+	+	+	-	+	2.40E+11
Ef. Presa Endbo	-	-	-	-	+	+	+	-	-	4.60E+9
Af. Presa J. Rojo B.	-	-	+	+	+	+	-	-	+	2.40E+7
Ef. Presa J. Rojo B.	-	-	-	-	+	+	-	-	+	4.60E+6
Af. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	+	+	-	-	-	4.00E+4
Ef. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	+	+	-	-	-	6.40E+4
C. Pral. Requena km 21+274	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.40E+16
C. Pral. Requena km 30+209	-	+	-	-	+	+	-	+	+	2.40E+13
C. Pral. Requena km 45+000	-	+	-	-	+	+	-	+	+	2.40E+13
C. Pral. Requena km 60+000	-	+	+	-	+	+	-	+	+	2.40E+14
C. Pral. Requena km 92+000	+	-	+	+	+	+	-	+	+	3.00E+9

Cuadro 5. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de junio

ESTACION	<i>Salmonella</i>					<i>Shigella</i>			Coliformos fecales MPN/100 ml	
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri	dysenteriae		sonnei
Af. Presa Requena	-	+	-	-	+	+	-	-	-	3.90E+8
Ef. Presa Requena	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.30E+7
Eisor Central	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.40E+21
Af. Presa Endho	-	-	+	+	+	+	-	-	-	1.10E+14
Ef. Presa Endho	-	-	+	-	-	+	-	-	-	7.50E+8
Af. Presa J. Rojo B.	-	+	+	+	+	+	-	-	+	4.20E+6
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	-	+	-	-	-	-	2.40E+4
Af. Presa V. Aguirre	+	+	+	-	-	-	+	+	+	2.30E+5
Ef. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	-	-	+	+	-	7.50E+4
C. Pral. Requena ka 21+474	+	+	+	+	-	-	-	-	-	4.60E+17
C. Pral. Requena ka 30+209	-	+	+	-	-	-	-	-	+	2.40E+14
C. Pral. Requena ka 45+000	+	+	+	+	+	+	-	+	-	6.00E+10
C. Pral. Requena ka 60+000	-	-	+	+	-	-	-	-	-	7.00E+9
C. Pral. Requena ka 92+060	+	-	-	+	+	+	+	-	-	3.00E+8

Cuadro 6. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de julio

ESTACION	<i>Salmonella</i>					<i>Shigella</i>			Coliformos fecales MPN/100 g.	
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi paratyphi A	flexneri	dysenteriae	sonnei		
Af. Presa Requena	-	+	+	-	+	+	-	-	-	1.10E+10
Eisor Central	+	+	+	+	+	-	-	-	-	2.40E+10
Af. Presa Endho	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.40E+13
Ef. Presa Endho	+	+	+	+	+	+	+	-	+	2.40E+9
Af. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.40E+7
Ef. Presa J. Rojo G.	-	+	+	-	+	-	-	-	-	2.40E+5
Af. Presa V. Aguirre	-	+	+	-	+	+	-	-	-	1.10E+5
Ef. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	+	+	-	-	-	9.00E+3
C. Pral. Requena km 21+274	-	+	+	-	+	+	-	-	-	2.40E+12
C. Pral. Requena km 30+209	-	+	+	-	+	-	+	+	-	2.40E+13
C. Pral. Requena km 45+000	-	+	+	-	+	+	-	-	-	2.40E+12
C. Pral. Requena km 60+000	+	+	+	+	-	-	-	-	-	1.10E+10
C. Pral. Requena km 92+090	-	+	+	-	+	-	-	+	-	3.00E+8

Cuadro 7. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes a las de agosto

ESTACION	Salmonella						Shigella			Coliformos fecales MP/100 ml
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri	dysenteriae	sonnei	
Af. Presa Requena	-	+	+	-	+	+	-	-	-	1.60E+10
Ef. Presa Requena	-	+	+	-	+	+	-	-	-	3.00E+7
Emisor Central	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.40E+18
Af. Presa Endho	+	+	+	+	+	-	+	+	-	2.40E+14
Ef. Presa Endho	-	+	+	-	+	+	-	-	-	2.40E+8
Af. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	-	-	-	-	2.40E+6
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	-	-	-	-	-	4.30E+5
Af. Presa V. Aguirre	-	+	+	-	+	-	-	-	-	4.30E+3
Ef. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	+	-	-	-	-	9.30E+4
C. Pral. Requena km 21+474	-	+	+	-	+	+	+	+	-	2.40E+13
C. Pral. Requena km 30+209	-	+	+	-	-	-	-	-	-	9.30E+12
C. Pral. Requena km 43+000	-	+	+	-	-	-	-	-	-	1.50E+12
C. Pral. Requena km 60+000	-	+	+	-	+	-	+	+	-	1.10E+18
C. Pral. Requena km 92+000	+	+	+	+	+	+	-	-	-	2.40E+11

Cuadro 8. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de septiembre

ESTACION	Salmonella				Shigella			Coliformos fecales MPN/100 ml	
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri		dysenteriae sonnei
Af. Presa Requena	-	-	-	+	+	+	-	-	7.50E+9
Ef. Presa Requena	+	+	+	+	+	+	-	-	1.10E+8
Eisor Central	-	+	+	-	+	-	-	-	2.40E+9
Af. Presa End.0	+	+	+	+	+	-	-	-	2.40E+15
Af. Presa J. Rojo G.	-	+	+	-	+	-	+	+	4.00E+6
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	+	-	-	1.10E+7
Af. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	+	+	-	-	4.00E+4
Ef. Presa V. Aguirre	+	+	+	-	+	+	-	-	2.30E+4
C. Pral. Requena km 21+274	+	+	+	+	+	+	+	+	1.20E+13
C. Pral. Requena km 43+000	+	+	+	+	+	+	-	-	1.10E+13
C. Pral. Requena km 60+000	-	+	+	-	+	+	-	-	2.80E+16
C. Pral. Requena km 52+300	+	+	+	+	+	+	+	+	3.00E+10

Cuadro 5. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al día de octubre

ESTACION	<i>Salmonella</i>				<i>Shigella</i>			Coliformos fecales NMP/100 ml
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV typhi paratyphi B	flexneri	dysenteriae	sonnei	
Af. Presa Requena	+	+	+	+	+	+	+	7.50E+8
Ef. Presa Requena	+	+	+	+	-	+	+	1.10E+8
Emisor Central	+	+	+	+	-	-	-	2.10E+9
Af. Presa Endho	+	+	+	+	-	-	-	7.50E+12
Ef. Presa Endho	+	+	+	+	+	+	+	4.00E+6
Af. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	-	+	+	2.40E+6
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	-	-	1.10E+5
Af. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	-	-	-	7.50E+5
Ef. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	-	-	-	3.00E+3
C. Pral. Requena km 21+474	+	-	+	+	+	+	+	6.40E+15
C. Pral. Requena km 30+209	+	+	+	+	-	+	+	7.30E+9
C. Pral. Requena km 45+000	-	+	+	+	-	+	+	4.60E+12
C. Pral. Requena km 60+000	+	+	+	+	-	+	+	1.20E+17
C. Pral. Requena km 72+000	+	+	+	+	+	+	+	1.20E+11

Cuadro 10. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de noviembre

ESTACION	Salmonella				Shigella			Coliformos fecales MPN/100 ml
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri dysenteriae sonnei	
M. Presa Requena	+	+	+	+	+	+	-	4.00E+7
Ef. Presa Requena	-	-	-	-	-	-	-	1.50E+4
Enlce Central	+	+	+	+	+	+	-	1.10E+9
M. Presa Endho	+	+	+	+	+	-	-	2.00E+9
Ef. Presa Endho	+	+	+	+	+	-	-	1.50E+5
M. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	-	+	7.00E+4
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	-	-	4.00E+2
M. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	+	-	-	6.30E+2
Ef. Presa V. Aguirre	-	-	-	-	-	-	-	1.50E+2
C. Pral. Requena la 21+274	+	+	+	+	+	+	-	1.10E+2
C. Pral. Requena la 30+209	+	+	+	+	+	+	-	2.40E+12
C. Pral. Requena la 45+000	+	+	+	+	+	-	-	2.40E+12
C. Pral. Requena la 60+000	+	+	-	+	+	+	-	2.00E+10
C. Pral. Requena la 72+000	+	+	+	+	+	+	-	2.70E+8

Cuadro II. Presencia de bacterias patógenas, *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. en las estaciones de muestreo correspondientes al mes de diciembre

ESTACION	Salmonella					Shigella			
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi paratyphi A	flexneri	dysenteriae	sonnei	
Af. Presa Requena	+	-	-	+	+	-	+	+	+
Ef. Presa Requena	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Ealisor Central	+	-	-	+	+	-	+	+	+
Af. Presa Endho	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ef. Presa Endho	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Af. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ef. Presa J. Rojo G.	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Af. Presa V. Aguirre	-	+	+	-	-	-	+	+	+
Ef. Presa V. Aguirre	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C. Pral. Requena km 21+474	+	+	+	+	+	-	+	+	+
C. Pral. Requena km 33+209	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. Pral. Requena km 45+000	+	-	-	+	+	-	+	+	+
C. Pral. Requena km 60+000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. Pral. Requena km 92+000	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Cuadro 12. Número de muestras en las cuales se presenta *Salmonella* spp ; *Shigella* spp en cada uno de los meses analizados.

MES	<i>Salmonella</i>				<i>Shigella</i>				
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri	dysenteriae	sonnei
ABRIL	6/14	7/14	6/14	5/14	14/14	14/14	4/14	6/14	9/14
MAYO	6/14	7/14	5/14	5/14	14/14	14/14	4/14	6/14	9/14
JUNIO	6/14	8/14	10/14	7/14	7/14	7/14	4/14	4/14	4/14
JULIO	6/13	13/13	13/13	6/13	12/13	8/13	2/13	2/13	1/13
AGOSTO	5/13	13/14	13/14	5/14	11/14	6/14	3/14	3/14	0/14
SEPTIEMBRE	8/12	11/12	11/12	8/12	12/12	9/12	3/12	3/12	3/12
OCTUBRE	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	4/14	9/14	9/14	9/14
NOVIEMBRE	12/12	12/12	12/12	12/12	12/12	7/12	1/12	1/12	1/12
DICIEMBRE	11/12	9/12	9/12	11/12	11/12	5/12	12/12	12/12	12/12
TOTALES	74/129	94/129	94/129	73/129	108/129	74/129	42/129	48/129	48/129
PORCENTAJE POSITIVO	57.36	72.86	72.86	55.58	83.72	57.36	32.55	37.20	37.20

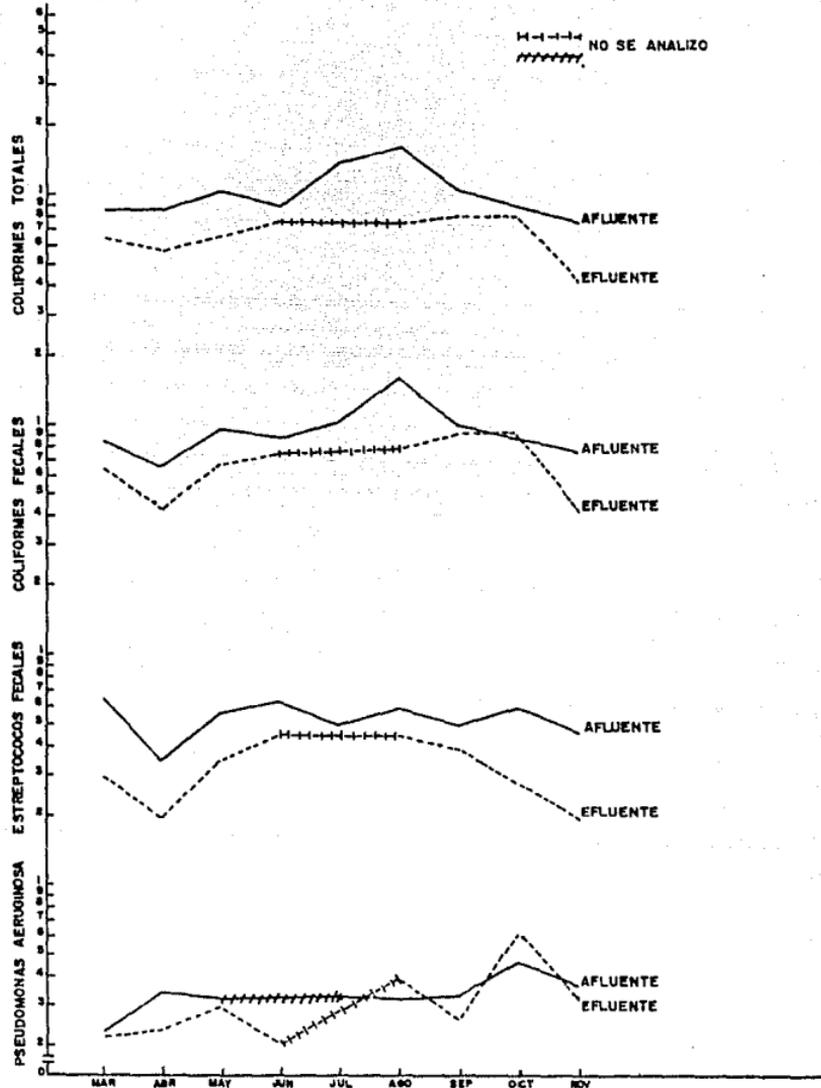
6/14 = Número de muestras que presentan bacterias patógenas/muestras analizadas en este ámbito

Cuadro 13. Número de aue. en las cuales se presenta *Salmonella* spp y *Shigella* spp con relación a la concentración de Coliformos fecales.

RANGO DEL NMP/100 ml	Salmonella						Shigella		
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	typhi	paratyphi A	flexneri	dysenteriae	sonnei
1.00E+2 - 1.00E+3	10/19	10/19	10/19	8/19	18/19	12/19	4/19	3/19	4/19
1.10E+3 - 1.00E+8	14/23	19/23	20/23	15/23	20/23	13/23	4/23	5/23	8/23
1.10E+8 - 1.00E+11	13/22	15/22	17/22	14/22	29/22	18/22	8/22	6/22	7/22
1.10E+11 - 1.00E+14	10/20	19/20	15/20	15/20	19/20	16/20	6/20	9/20	9/20
21.10E+14	13/21	20/21	21/21	14/21	18/21	10/21	8/21	10/21	7/21
TOTALES	60/105	83/105	83/105	61/105	94/105	69/105	30/105	33/105	33/91
PORCENTAJE POSITIVO	57.14	79.04	79.04	58.09	89.52	65.71	28.57	31.42	38.46

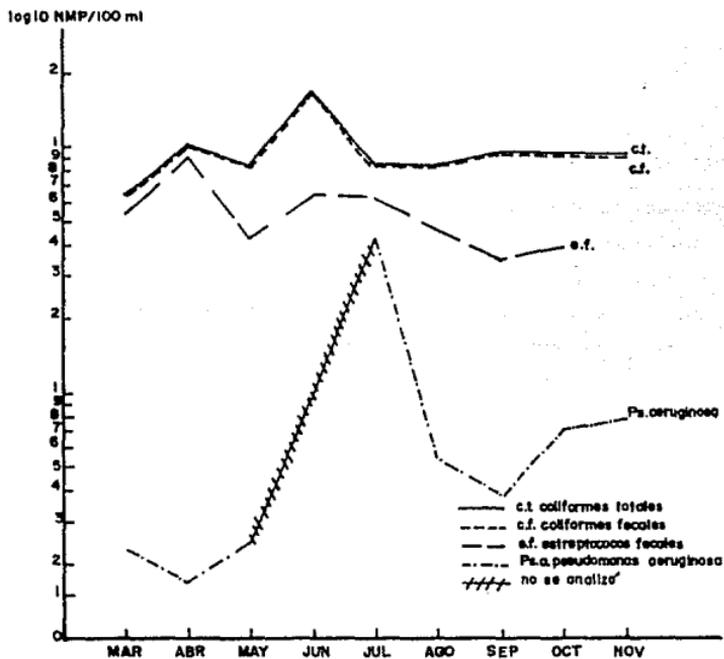
10/19 = Número de muestras que presentan bacterias patógenas/muestras analizadas en este ámbito

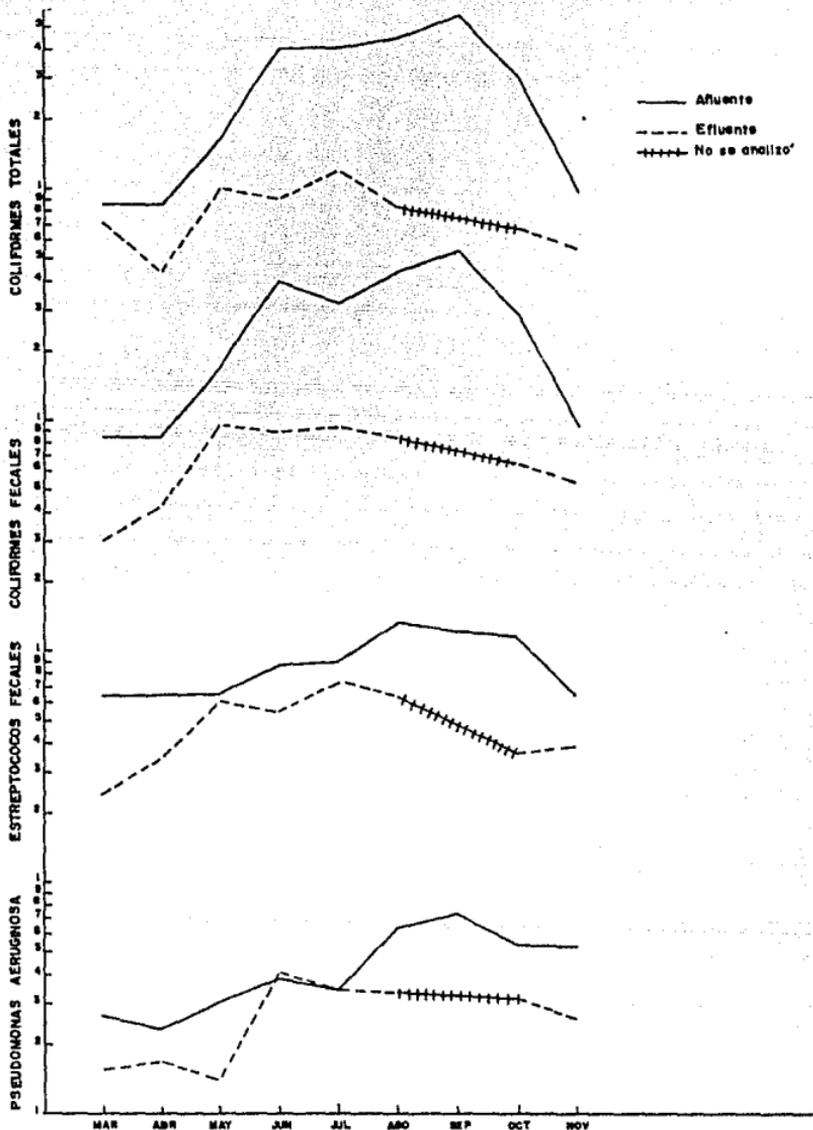
LOG 10 NMP/100 ml



LAMINA I.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN LA PRESA REQUENA, PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

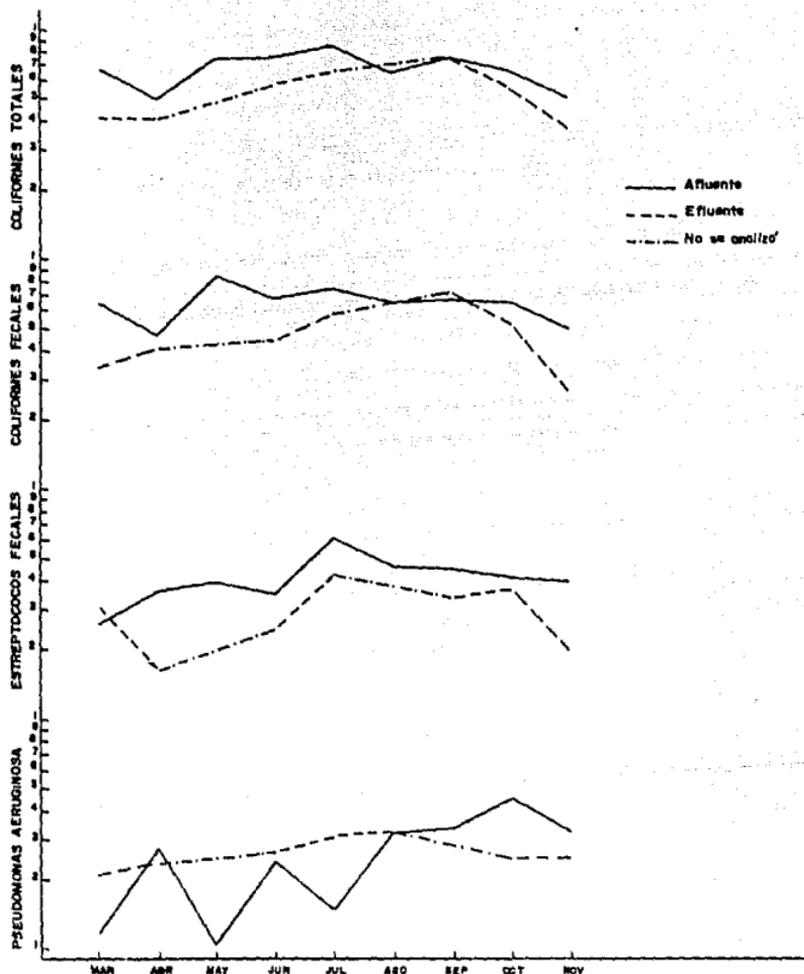
LAMINA 2.-COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL EMISOR CENTRAL, PERIODO MARZO-NOVIEMBRE 1987.



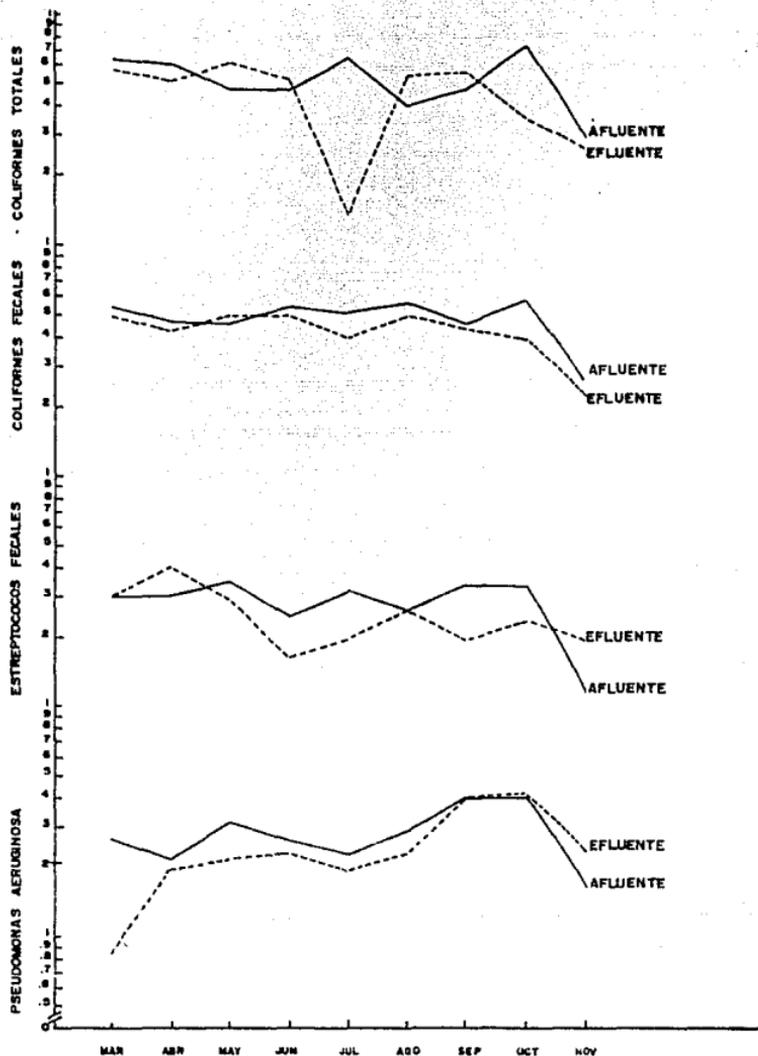


LAMINA 3.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN LA PRESA ENDHO, PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

LOG 10 NMP/100 ml

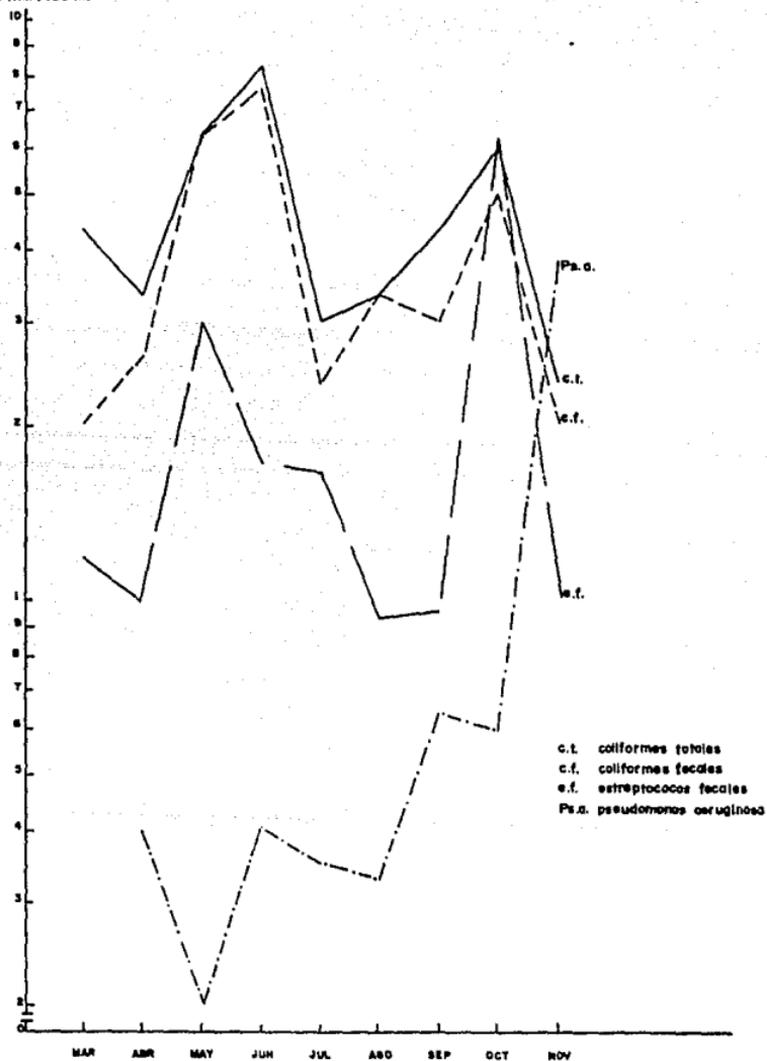


LAMINA 4.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN LA PRESA JAVIER ROJO GOMEZ, PERIODO MARZO-NOVIEMBRE 1987



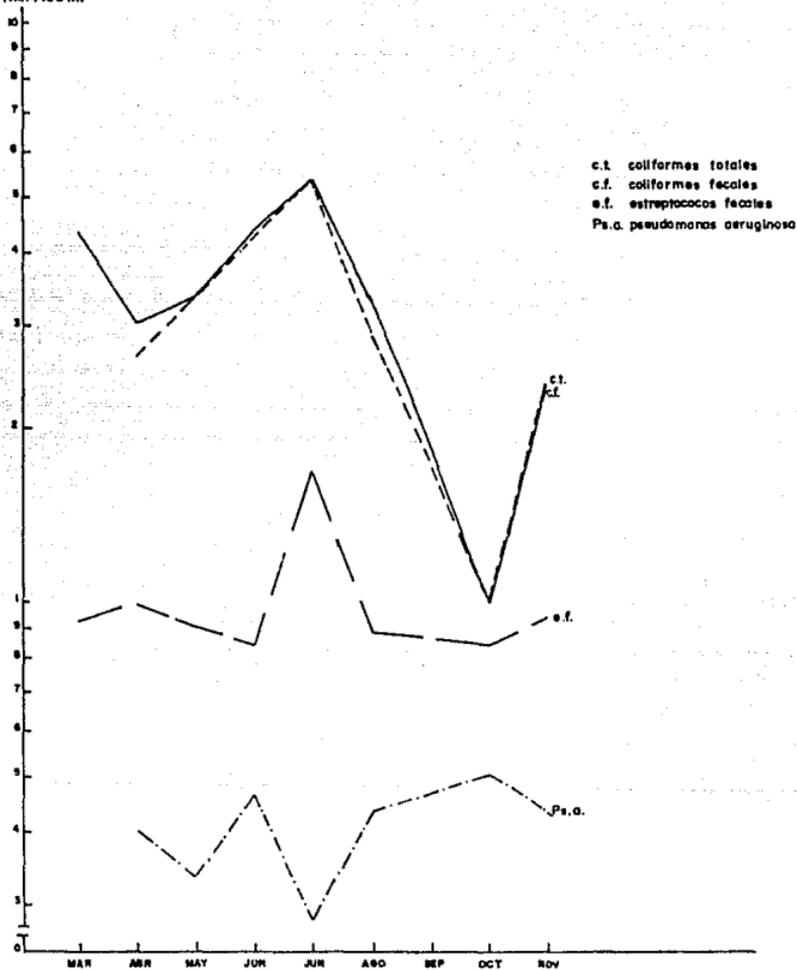
LAMINA 5.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN LA PRESA VICENTE AGUIRRE, PERIODO MARZO -NOVIEMBRE 1987

LOG₁₀ NMP/100 ml



LAMINA 6.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORES EN EL Km21+474 (LICUADORA), PERIODO MARZO-NOVIEMBRE 1987

LOG (O NMP/100 ml)



LAMINA 7.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL KM30+209 (LA VIRGEN), PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

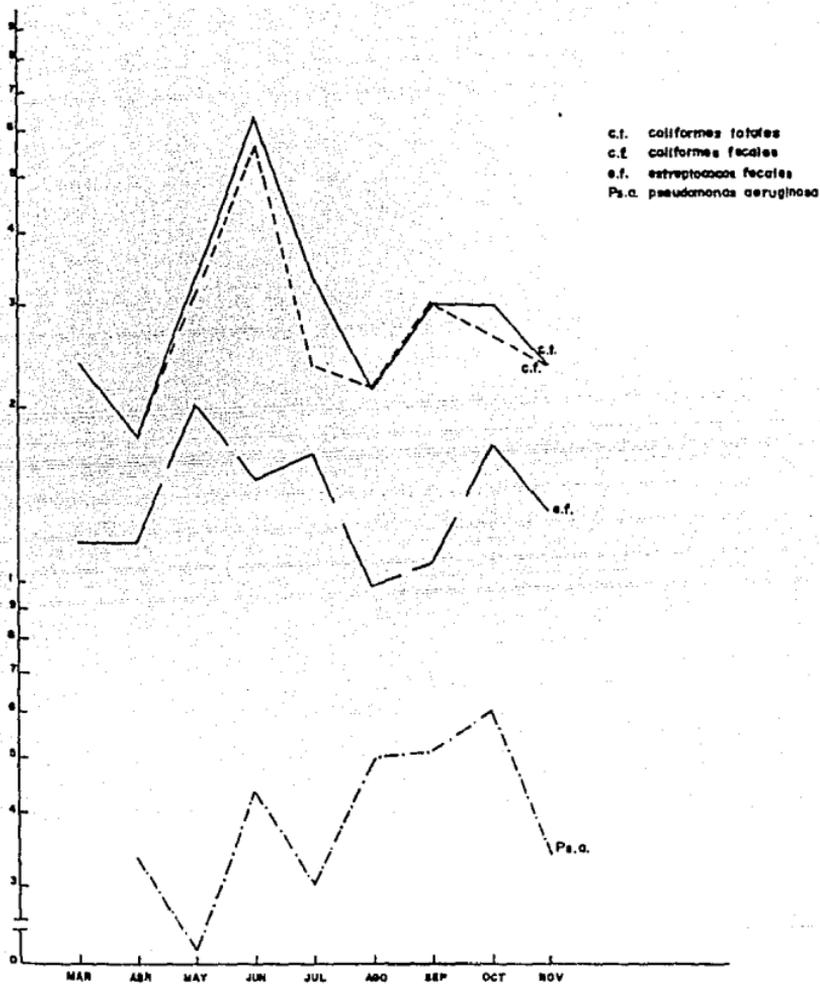
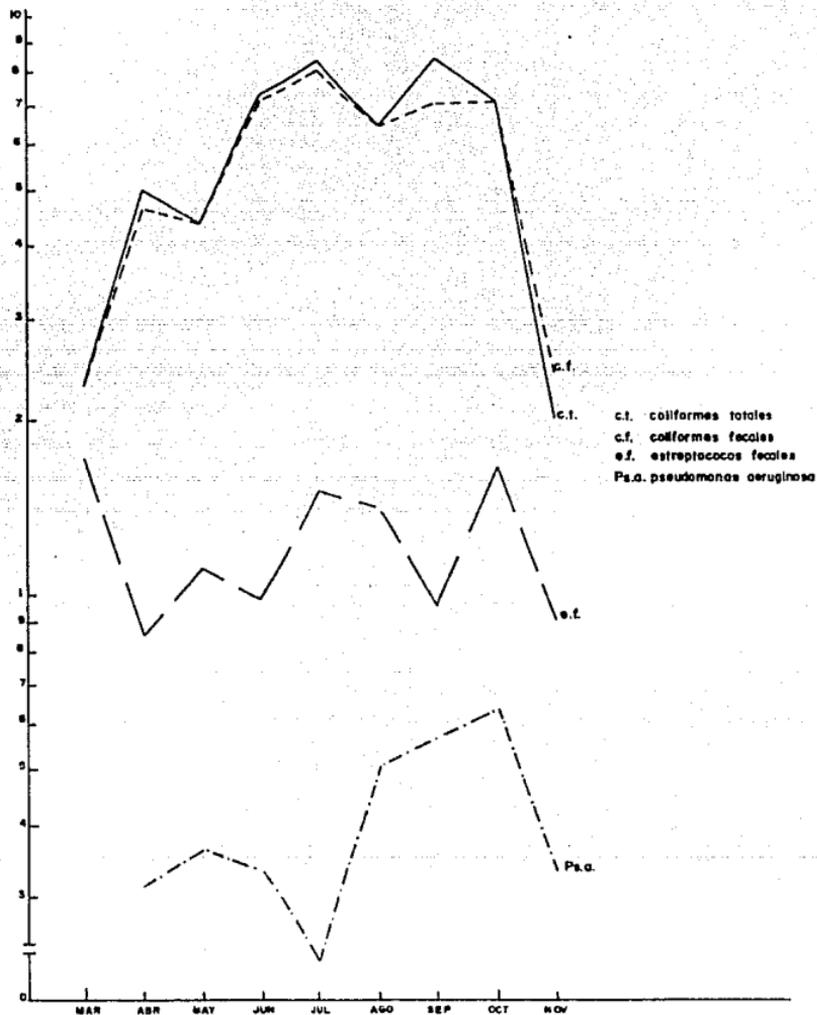


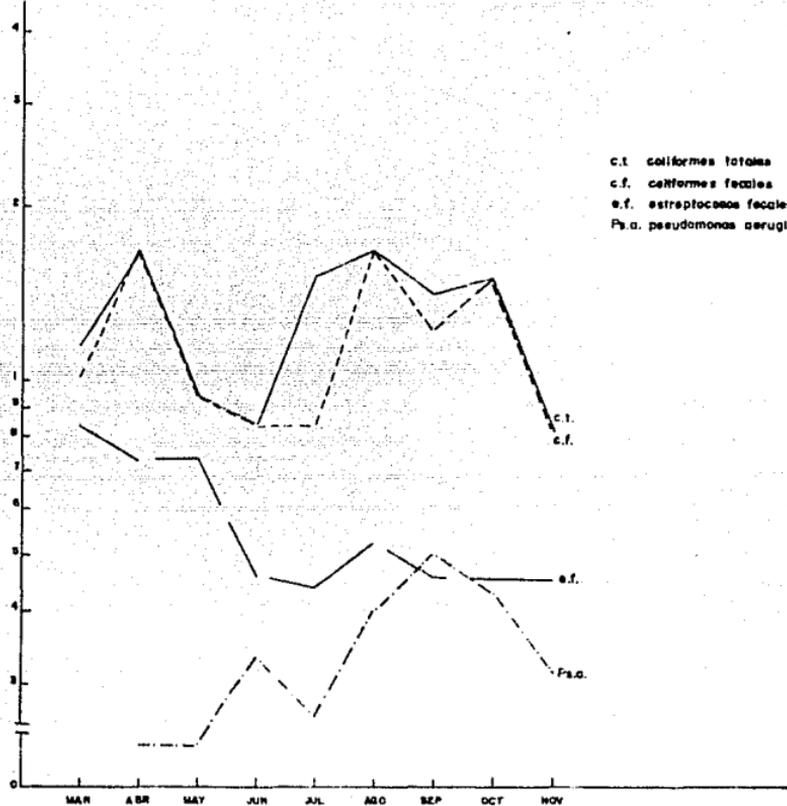
LÁMINA B.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL KM 45+00 (EL TAÑHE) PERIODO MARZO —NOVIEMBRE 1987

LOG IOHMP/100 ml



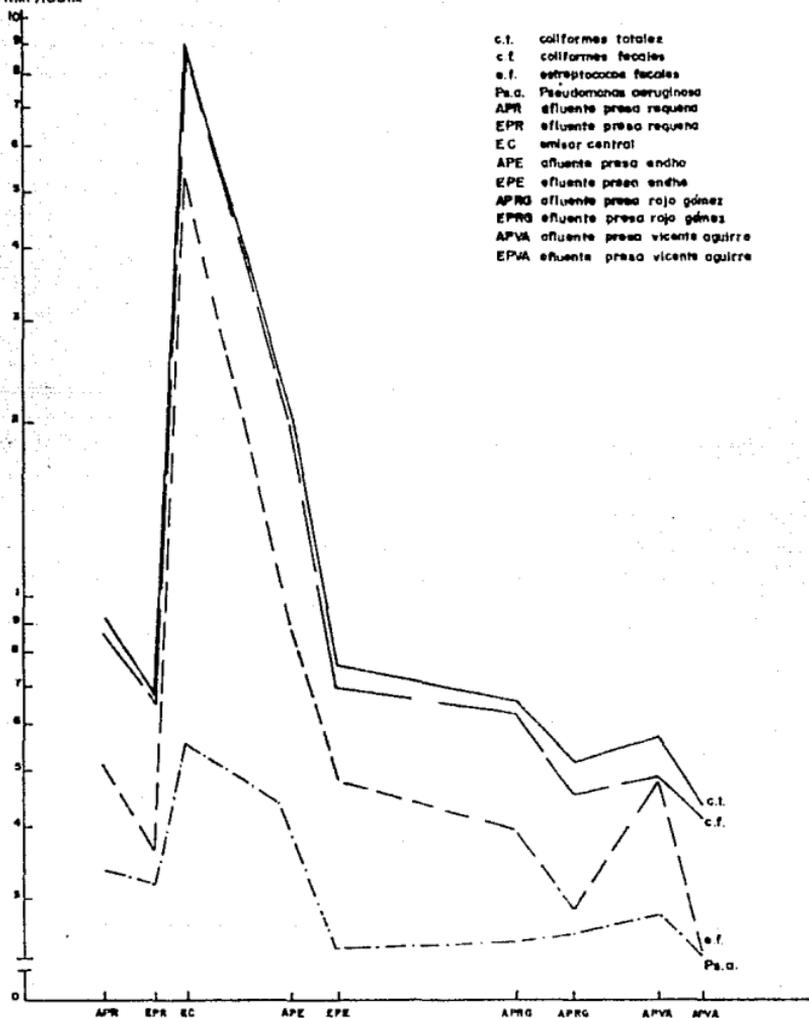
LAMINA 9.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL KM 60+00 (EL MEXHE), PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

LOG 10 NMP/100 ml



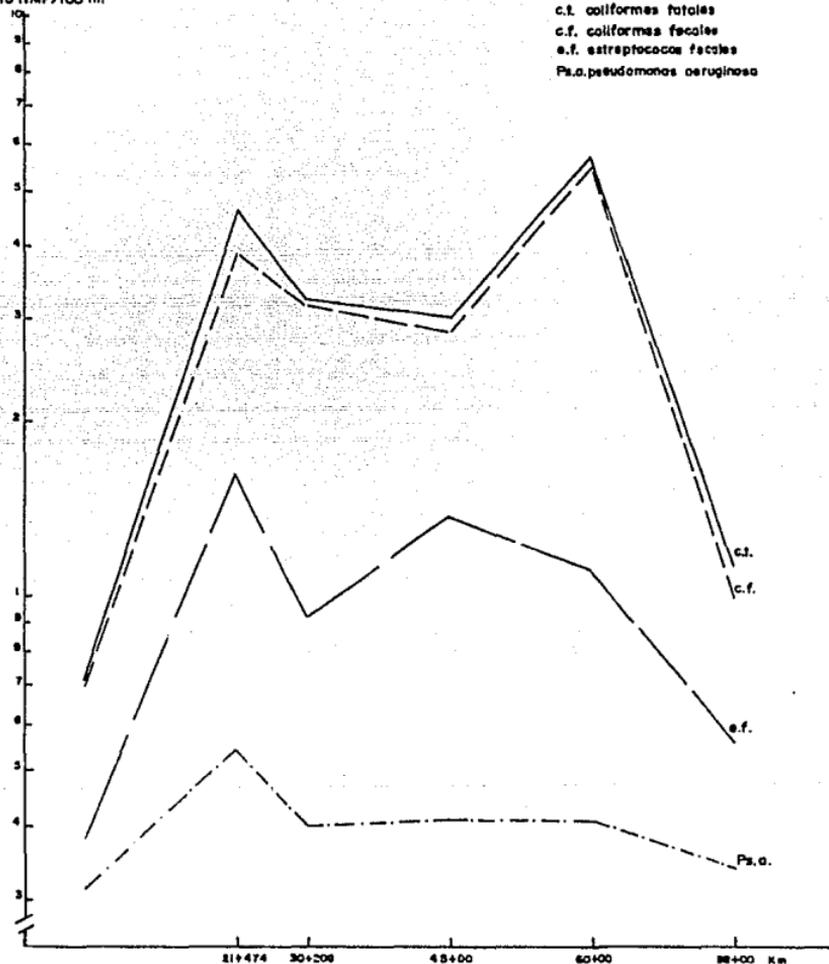
LAMINA 10.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL KM 92+00 (LAGUNILLA), PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

LOG 10 NMP/100ml



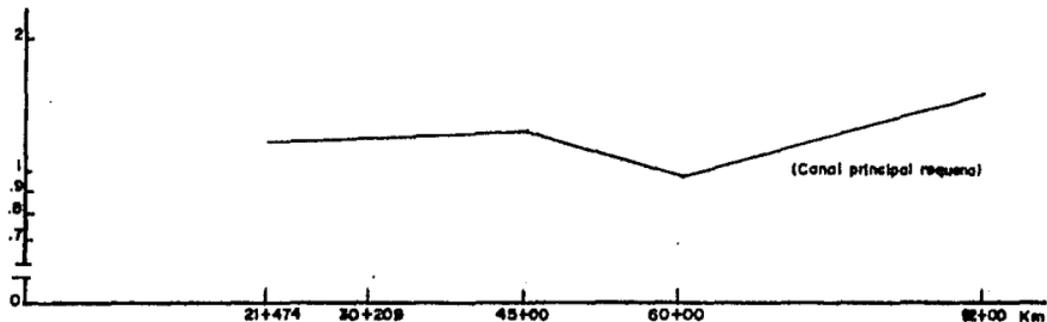
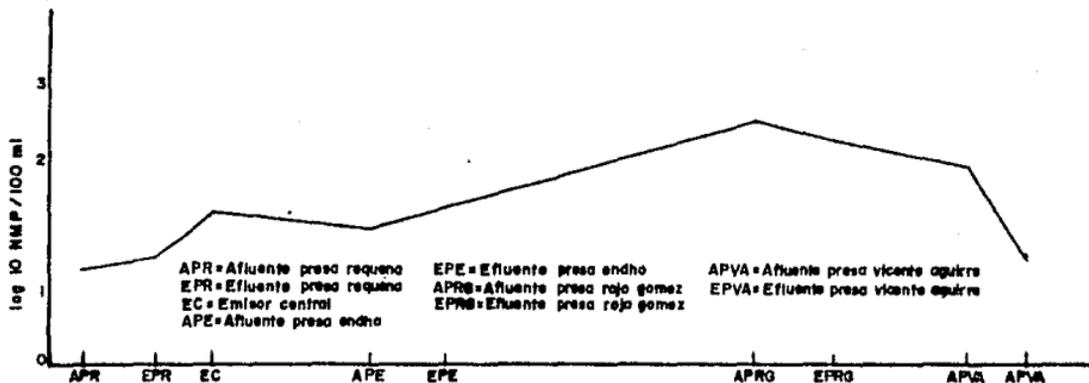
LAMINA II - COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL SISTEMA DE PRESAS PERIODO MARZO - NOVIEMBRE 1987

Log 10 NMP/100 ml

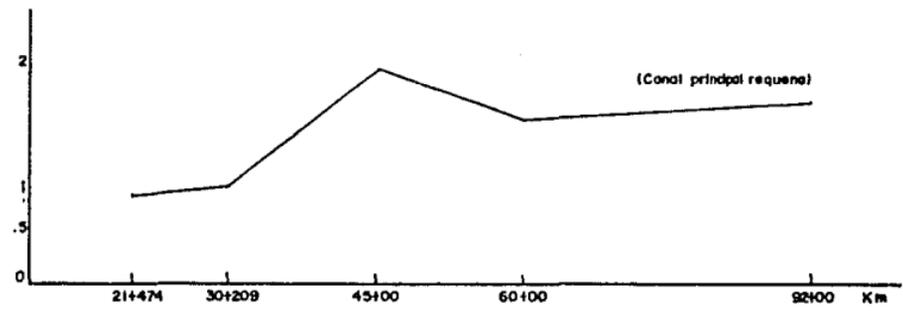
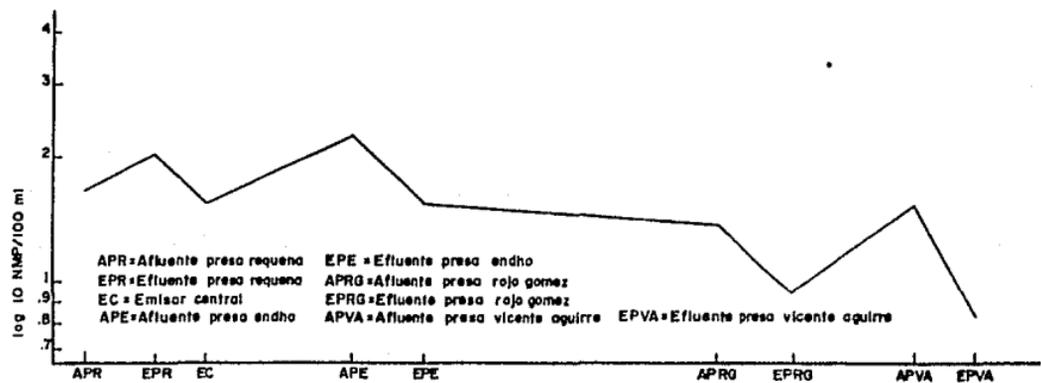


LAMINA 12.- COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS INDICADORAS EN EL CANAL PRINCIPAL REQUENA, PERIODO MARZO-NOVIEMBRE 1987

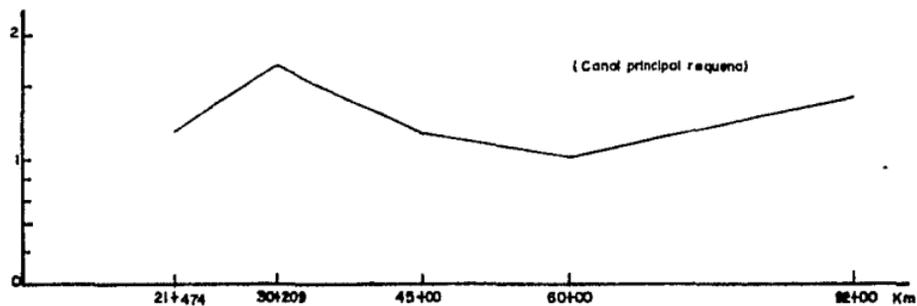
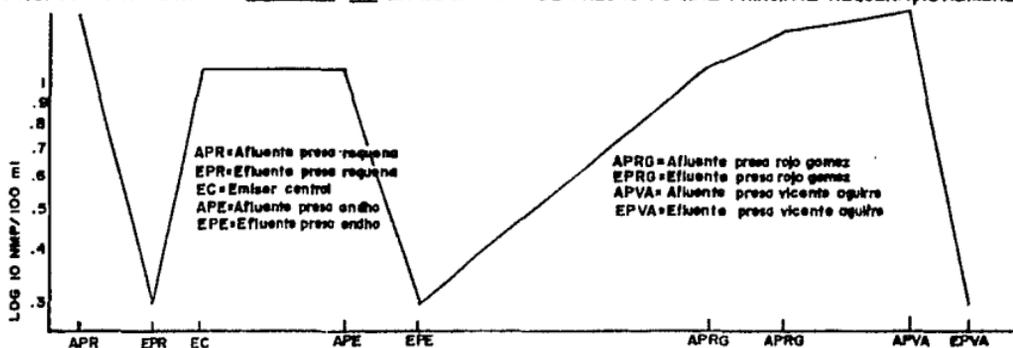
LAMINA 3.-COMPORTAMIENTO DE *Salmonella* spp EN EL SISTEMA DE PRESAS Y CANAL PRINCIPAL: REQUENA, SEPTIEMBRE 1987



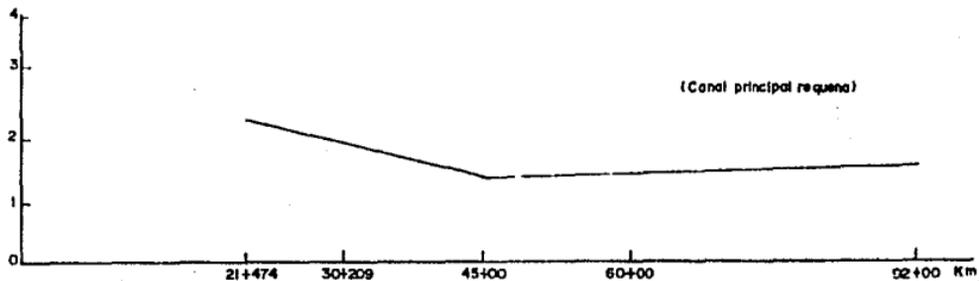
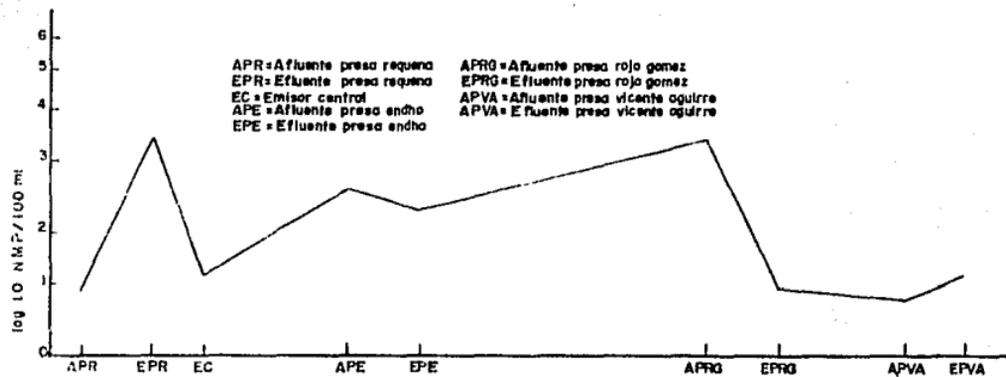
LAMINA 14.-COMPORTAMIENTO DE Salmonella spp EN EL SISTEMA DE PRESAS Y CANAL PRINCIPAL REQUENA, OCTUBRE 1987.



LAMINA 15.-COMPORTAMIENTO DE Salmonella spp EN EL SISTEMA DE PRESAS Y CANAL PRINCIPAL REQUENA,NOVIEMBRE 1987



LAMINA 16.-COMPORTAMIENTO DE Salmonella spp EN EL SISTEMA DE PRESAS Y CANAL PRINCIPAL REQUENA, DICIEMBRE 1987



12 DISCUSION

Debido a que los resultados obtenidos durante el mes de marzo fueron de tipo exploratorio, estos no fueron considerados para el análisis general de este trabajo. En el mes de diciembre, unicamente se consideraron los resultados de el análisis cualitativo de bacterias patógenas (*Salmonella-Shigella*), ya que las densidades de los indicadores tradicionales Coliformes totales, Coliformes fecales, *Streptococos fecales* y *Pseudomonas aeruginosa* (C.t., C.f. E.f. y *Ps. aeruginosa*) fueron muy bajos.

Como se muestra en las Láminas Nos. 1-11 (pags. 88-98) y Tablas 5 y 6 (pags. 73-74), las cuales corresponden al sistema de presas, canal principal Requena, así como al Emisor central, no se observa una relación formal entre las densidades obtenidas de C.t., C.f. y E.f. con respecto a *Pseudomonas aeruginosa*.

En los meses de mayo hasta agosto, se presentó un incremento de densidades de C.t., C.f. y E.f. el cual ocurre durante la estación de verano, es decir, en los meses de lluvia, ya que se produce un arrastre de materia orgánica por los escurrimientos pluviales; esto asociado, además a la contaminación producida por las diversas actividades del hombre.

En los períodos de octubre-noviembre y marzo-abril, las densidades de estos indicadores bacteriológicos presentan un decremento, ya que es la época de estiaje, los niveles de agua que tienen las presas y el canal es bajo, además de que diariamente son extraídos volúmenes de agua para riego.

En la Lámina No. 11 (pag. 98) y en la Tabla No. 6 (pag. 74) se muestra que el Emisor central, es el punto donde se presentan las máximas concentraciones de C.t., C.f., E.f. y *Pseudomonas aeruginosa*, siguiéndole las presas Requena y Endhó.

En el Emisor central se presentan los máximos niveles de concentración, debido a que este cuerpo receptor conduce agua residual generada en la zona metropolitana de la Cd. de México. La presa Requena le sigue en orden de contaminación decreciente ya que su efluente recibe aguas del río Tepeji; el cual conduce aguas de escurrimiento pluvial y descargas de aguas residuales domésticas de pequeñas poblaciones cercanas a él; y se combina con las descargas del Emisor central formando el río Tula, el cual entra finalmente a la presa Endhó, la cual presenta también un alto grado de contaminación, debido a que las descargas que llegan a esta presa contiene bastante materia orgánica, sin embargo, en el afluente de la misma se observa que los niveles de contaminantes bacteriológicos disminuyen (Tabla No. 6, pag. 74; Lámina No. 11, pag. 98), lo cual se debe a que durante su tiempo de residencia hay remoción de contaminantes; además, dentro de las características del agua que entra a esta presa, se da la ausencia de oxígeno disuelto, lo cual obliga a que la vida

de las bacterias y de otros organismos sea de tipo anaerobio, de tal forma que viven sin necesidad de oxígeno, estos, microorganismos en su mayoría viven a base de materia orgánica, tomada del agua en que se desarrollan, de ahí que debe existir también remoción de materia orgánica. Por lo tanto, las bacterias que se encuentran en el agua que entra al embalse de la presa Endóh encontrarán condiciones anaerobias y procesos biológicos de remoción que amenazarán su existencia y en consecuencia morirán una gran cantidad de bacterias indicadoras.

En las presas Javier Rojo Gómez y Vicente Aguirre (Tabla No. 5, pag. 73; Lámina No. 11, pag. 98) se observa que los niveles de concentración de bacterias indicadoras son menores con respecto a las otras presas, sin embargo, en ambas presas hay una observación de importancia con respecto a este punto: debido a que en el periodo de junio-septiembre, en ambas presas, se presentan los máximos niveles de concentración de C.t., C.f. y E.f. mientras que en este mismo periodo las concentraciones de Pseudomonas aeruginosa son bajas y a que en el periodo de marzo-junio ocurre el caso contrario, las concentraciones de Pseudomonas aeruginosa son elevadas con respecto a las de los otros indicadores, la causa probable de estas desigualdades en los niveles de concentración, así como en los periodos de tiempo puede ser debido a que exista un antagonismo microbiano con respecto a Pseudomonas aeruginosa.

Este tipo de comportamiento de Pseudomonas aeruginosa con respecto a los demás indicadores también se presentó a lo largo de todo el canal principal y en los mismos periodos.

En cuanto a la remoción de los indicadores bacteriológicos, todas las presas presentan remociones positivas de importancia. Sin embargo para el caso de la presa Vicente Aguirre el porcentaje de remoción que presenta es menor con respecto a las demás, aún así, ésta presa es la que presenta mejor calidad de agua. De tal forma que este caso refleja que aún cuando se presenten porcentajes elevados de remoción, estos no reflejan realmente la calidad del agua del cuerpo receptor en estudio.

En el canal principal Requena la remoción de bacterias indicadoras a lo largo de todo el canal es positiva, a excepción del tramo comprendido entre el Km 45+000 (Tárrhe) y el Km 60+000 (Mexhe), en donde se observa un incremento en las concentraciones de los indicadores bacteriológicos, debido posiblemente a las aportaciones de agua de retorno agrícola así como a la aportación que recibe este canal del río Salado el cual conduce agua residual de la zona metropolitana de la Cd. de México; aún así, a pesar de que los niveles de porcentajes, bastante elevados, de remoción que muestran el sistema de presas y el canal principal Requena, ninguno cumple con los límites de calidad requeridos, por lo cual es necesario que los porcentajes de remoción requeridos sean superiores a los que se presentan en la actualidad.

Con respecto al análisis cualitativo de indicadores patógenos (Salmonella-Shigella) se demostró que Salmonella typhi y paratyphi A son las especies que se encuentran con mayor frecuencia en el sistema de presas y en el canal principal Requena (Cuadro No. 12, pag. 86).

Comparando la presencia de Salmonella en cada uno de los meses de estudio (Cuadro No. 12, pag. 86) podemos observar que los niveles de Salmonella typhi se mantienen constantes, lo cual no ocurre con Salmonella paratyphi A ya que ésta se presenta con mayor intensidad en los meses calidos, ocurriendo lo contrario en los meses frios.

Por lo tanto, se puede observar que no existe una relación entre el grupo de los indicadores (C.t., C.f., y E.f.) con éste patógeno (Salmonella).

Salmonella se presenta con mayor intensidad en los meses en que las densidades del grupo de indicadores (C.t., C.f. y E.f.) son bajas (lo que nos representa un peligro potencial durante dichos meses) ocurriendo lo contrario cuando las densidades de este grupo son altas.

Lo anterior puede ser debido a la época de estiaje o lluvias, ya que se ha visto que influye en el decremento o aumento de densidades del grupo de indicadores, mientras que Salmonella persiste durante todo el año.

Por otro lado, el aislamiento de Shigella en el sistema de presas y canal principal Requena fue poco frecuente siendo detectados estos organismos con mayor frecuencia en octubre-diciembre; en el mes de diciembre se observó un incremento relativamente alto de la presencia de este patógeno, la especie que se presentó con mayor frecuencia en todo el estudio fue Shigella sonnei (Cuadro No. 12, pag. 86).

De esta forma, podemos observar que de los resultados obtenidos con respecto a este patógeno se correlacionan con otros estudios realizados en otros países, en donde se ha observado que Shigella persiste a lo largo de todo el año, sin embargo, ésta se manifiesta con mayor intensidad en los meses donde la temperatura del agua sea ± 10 grados centígrados.

El análisis de tipo cuantitativo únicamente se llevo a cabo para Salmonella, la cual no se obtuvo en un punto específico, sino que se presentó a lo largo de todo el sistema de presas y específicamente en el Km 45+000 del canal principal Requena. Salmonella se presentó en todos los puntos debido a que los niveles de concentración del grupo de indicadores presentaban un decremento (período de septiembre hasta diciembre), tiempo en el cual Salmonella se manifestó en concentraciones muy elevadas; principalmente en el mes de diciembre, mes en el cuál el grupo de

indicadores presentó las concentraciones más bajas en todo el periodo del estudio.

13 CONCLUSIONES

- La cuantificación de indicadores patógenos como Salmonella y Shigella es de importancia sanitaria ya que podrían ser asumidos como guías para limitar los riesgos a la salud que resulten de una irrigación estricta por el uso de aguas residuales.

- En la actualidad existe una necesidad en la investigación de este tipo de indicadores, por ejemplo en algunos países como U.S.A. e Inglaterra se han obtenido resultados satisfactorios de varios métodos llevados a prueba y de estudios epidemiológicos que pueden ser aplicados en países en vías de desarrollo.
 - a) En este trabajo se llevó a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo, excepto el estudio epidemiológico obteniéndose resultados satisfactorios.
 - b) Los parámetros de análisis de patógenos deben ser incluidos en los estándares de calidad no restrictivos para el uso de aguas residuales, con el objeto de tratar de disminuir el número de riesgos asociados a la utilización de aguas residuales.

- A partir de los niveles obtenidos del grupo de indicadores tradicionales, los cuales son relativamente constantes, la proporción de organismos patógenos (Salmonella-Shigella) está en función de sus densidades a pesar de que no existe una relación formal entre el grupo de los indicadores y los patógenos.

- Los métodos empleados para el análisis de indicadores patógenos (Salmonella-Shigella), no se han llegado a establecer formalmente en los diferentes laboratorios, sin embargo, el empleado en este trabajo podría utilizarse como estándar ya que condujo a resultados satisfactorios (principalmente para el aislamiento de Salmonella).

- La probabilidad de detección de Shigella es baja, mediante el método realizado, sin embargo, es necesario llevar a cabo su análisis de viabilidad con el objeto de verificar si puede presentar problemas a la salud pública.

- Bajo ciertas circunstancias la densidad de coliformes es baja en ciertos periodos; en todo el sistema de la infraestructura hidroagrícola de este Distrito; pero esto no excluye la posibilidad de que este libre de organismos potencialmente patógenos (Salmonella-Shigella).
- Salmonella-Shigella no cumplen con los requisitos necesarios que un indicador bacteriológico requiere. Sin embargo, el llevar a cabo su análisis conjuntamente con los coliformes es de gran utilidad ya que a pesar de que ambos son de la misma familia, los primeros por sí solos no nos darían un dato confiable.

BIBLIOGRAFIA

1. Abreu-Martin Luis; Fundamentos de Gastroenterología; Edit. Fco. Mendez Cervantes; Ed. 2o.; México 1979; pp. 249-250.
2. Alvarez, E.F.; Ordoñez; Epidemiología sobre contaminantes de verduras en el Distrito Federal. Revista de Gastroenterología de México. 39; 23; pp. 147-160.
3. APHA, AWWA, WPCF; Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater; Ed. Washington; 16th. Edition 1985 Washington; pp. 870-882.
4. Berg Gerald; Indicators of viruses in water and food; Edit. Ann Arbor Science, Publishers Inc First Edition; Michigan 1978; 1-13, pp. 397-405.
5. Bonde, G.F.; Bacterial Indicators of water Pollution. A Study of Quantitative Estimation; Copenhagen, 1963.
6. Boring, J.R., Martin, W.T. and Elliot, L.M.; Isolation of Salmonella typhimurium from Municipal Water, Riverside, California, 1965; Am. J. Epidemiol. 1971; 93; pp. 49-54.
7. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Aspectos Sanitarios de la Utilización de Aguas Residuales y Excretas en la Agricultura y Acuicultura; Lima, 1987; 37; pp. 1-12.
8. Cheng, C.M., Boyle, W.C., and Guapfert J.M.; Rapid Quantitative Method for Salmonella detection in polluted waters; Appl. Microbiology; 21; pp. 662-667.
9. Davis B.D., Dulbeco R.; Tratado de Microbiología; Edit. Salvat; Reimpresión 1972; España 1972; pp. 741-742.
10. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York; Manual de Tratamiento de Aguas; Edit. Limusa; Ed. Ba. Reimpresión; México 1984; pp. 99-101.
11. Espino Barros Jorge Parker; La Economía del Estado de Hidalgo; Investigación (II) del Sistema Bancos de Comercio, México. 1983; pp. 115-121.
12. Freeman A. Bob; Tratado de Microbiología de Burrows; Edit. Interamericana; Ed. 21a.; México 1983; pp. 277-285.
13. Geldrich, E. E.; Sanitary significance of fecal coliforms in the environment; Water Pollution Control Research Series, Publish W.P; 20-23; FWPCA, USDI; Cincinnati, Ohio 1966.

14. Harvey, R.W.G., and Price, T.H.) Elevated temperature incubation of enrichment media for the isolation of Salmonella from heavily contaminated materials; J. Hyg. 1968; 66; pp. 377-381.
15. Janetz Ernest; Manual de Microbiología Médica; Edit. El Manual Moderno; Ed. 5a.; México 1975; pp. 146-148.
16. Kenner, B.A., H.F. Clark and Kabler P.W.; Fecal Streptococci.II. Cauntification of Streptococci in feces.; Amer. J. Publ. Health. 1960; 50; pp. 1553-1557.
17. Khan M.V., and Munshi M.H.) Clinical illnesses and causes of Death in a Burmese Refugee Camp in Bangladesh.; Int. J. Epidemiol. 1983; 12; pp. 460.
18. Kumate Jesus, Gordillo Gustavo; Enfermedades diarreicas en el niño; Ediciones Medicas del Hospital Infantil de México; Ed. Ba.; México 1983; pp. 188-191, 206-210.
19. Kumate Jesús, Liausas Alejandro, Rodríguez Luis y Isibasi Armando; La serología en el diagnóstico de la fiebre tifoidea y sus complicaciones en la edad pediátrica. Boletín Médico del Hospital Infantil, México 1972; 29; 4; pp. 405-412.
20. Lee H. Sai, Boardman D. Gregory Arundel E. Catherine; Detection and occurrence of waterborne bacterial and viral pathogens; Journal W.P.C.F. 1985; 57; 6; pp. 742-747.
21. Manual de Medios de Cultivos Bioxon; pp. 6-29.
22. Manual de Medios de Cultivos Merck; pp. 53, 89, 101, 152.
23. Mendizábal-Morris, C.A., Mata, L.J.; Gangarosa, E.J. y Guzmán, G.; Epidemic Shiga-bacillus dysentery in Central America. Derivation of the epidemic and its progression in Guatemala; 1968-1969; Am. J. Trop. Med. Hyg. 1971; 20; pp. 929.
24. Metcalf, T.G., Blanzet, L.W., and Bartley C.H.; Enteric Pathogens in Estuary Waters and Shelfish; C.O. Chisholm and H.D. Graham, Edit. New York Academic Press. 1973; pp. 215-234.
25. Methods for Microbiological; Analysis of Waters, Wastewaters and Sediments; Inland Waters Directorate; Scientific operations Division, Canada Centre for Inland Waters. Burlington, Ontario.

26. Mohr, H.J., Tank H.L., Yeterian M.; Comparison of fluorescent antibody methods and enrichments serology for the detection of Salmonellae; Applied Microbiology. 1974; 27; pp. 324-328.
27. Olarte, J., Varela, G. y Galindo, E.; Infección for Shigella dysenteriae (Bacilo Shiga) en Mexico; Boletín Médico del Hospital Infantil. México 1971; 28; pp. 605.
28. Papasian, J. Christopher, Bartholomew William, Neter W. Ervinan and Amsterdam Daniel; Recovery of Salmonella group B Blood an Salmonella group C, from feces and serological evidence of fecal infection in one patient; J. Clinical Microbiology. 1984; 20; 3; pp. 584-585.
29. Pirke P.M.; Application of the Rapid Lysine Descarboxylase Test for Early Isolation and Detection of Salmonellae in Sewage an Other Wastewaters; Applied and Environmental Microbiology. 1977; 34; 4; pp. 453-455.
30. Prost A., Health risks stemming from wastewater reutilization; Water Quality Bulletin. 1987; 12; 2; pp.79-80.
31. Ralph Mitchell; Water Pollution Microbiology; Edit. Wiley Interscience; Ed. 1a. I.U.S.A. 1971; pp. 207-212.
32. Reasoner J. Donald; Microbiology; detection of bacterial pathogens and their occurrence; J. Water Pollution Control Federation. 1978; 55; 6; pp. 1383-1395.
33. Rivera Ramírez, L.; Efecto en la salud pública por el uso de aguas residuales en el Distrito de Riego 03 del área de Tula del estado de Hidalgo, Tesis, Maestro en Salud Pública, Escuela de Salud Pública, México. 1980.
34. Rivera Ramírez, L.; Investigación de el uso de aguas residuales y riesgos a la salud en agricultores en Guadalajara, Jal., Tesis, Maestro en Salud Pública, Escuela de Salud Pública, México. 1980.
35. Sánchez Leyva R.; Uso de aguas residuales para irrigación en el Distrito 03 y 88 y su impacto en la salud humana, Tesis, Maestro en Salud Pública, México, 1976.
36. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.; Actualización del estudio geohidrológico del Valle del Mezquital, Hidalgo. SARH, México 1981.
37. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica; Legislación Federal en materia de Aguas; México 1986.

38. Secretaría de Recursos Hidráulicos - Dirección de Planeación y Gerencia en el Estado de Hidalgo; México 1979.
39. Shuval, H.I., Fattal A. Adin, Kuwiz B. and Yekutiel P.; Health effects of wastewater reuse in agriculture; World Banck, Washington D.C.
40. Shuval, H.I.; Wastewater reuse for irrigation; evolution of health standarts; Water Quality Bulletin. 1987; 12; 2; 79-83.
41. Spino, D.F.; Elevated temperature technique for the isolation of salmonella from streams; Appl Microbiology. 1966; 14; 591-595.
42. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección General de Desarrollo Tecnológico. Subdirección de Investigación y Entrenamiento; Aspectos generales sobre contaminación del agua; Ed. 4a; México 1976.
43. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección General de Desarrollo Tecnológico. Subdirección de Investigación y Entrenamiento; Manual del Curso Técnicas de Muestreo y Análisis de Campo; Ed. 3a; México 1970.
44. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección General de Desarrollo Tecnológico. Subdirección de Investigación y Entrenamiento; Manual de Microbiología del Agua; Ed. 3a; México 1983.
45. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Protección Ordenación Ecológica; Legislación Relativa al Agua y su Contaminación; México 1975.
46. Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente; El estado del medio ambiente; Folletos de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, México 1981.
47. Tejeda González Carlos; Programa Nacional de Aprovechamiento de Aguas Residuales; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, SARH; México 1987; 88-91.
48. Teltsh Benjamin; Diet - Away Kinetics of Aerolized Bacteria from Sprinkler; Application of Wastewater; Applied and Environmental Microbiology. 1980; 30; 6; pp. 1191-1197.
49. Thomason M. Benerice; Current status of Immunofluorescent methodology for Salmonella; J. Food Protection. 1981; 44; pp. 381-384.

50. Verduco Heredia J., Oviedo A.M., Felix A.S., Angel Ruiz M. y Ordoñez M.E.: Estudio para detectar la contaminación bacteriológica en hortalizas que son regadas con aguas residuales en la zona de Xochimilco; Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación; México 1983.
51. Water, Mc Bee and Temple; Introducción la Microbiología; Ed. C.E.C.S.A.; 11a. Ed.; México 1980; pp. 193-201.
52. Wetzler T. F.; Microbiology; Detection of Bacterial Pathogens; J. Water Pollution Control Federation. 1983; 55; 6; pp. 845-905.
53. Yosphe-Purer, Ricklis, Y.S. and Paist M; A convenient method for isolation of Salmonellae from sewage and contaminated sea water; Water Res. 1971; 5; pp. 113-120.