

CONTAMINACION ENTEROBACTERIANA EN LA RED DE AGUA POTABLE Y EN ALGUNOS SISTEMAS ACUATICOS DEL SURESTE DE MEXICO

HECTOR RODRIGUEZ-SANTIAGO y ALFONSO V. BOTELLO

Laboratorio de Contaminación Marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Coyoacán, México D. F., Ap. Postal 70-305
(Recibido agosto 1986, Aceptado febrero 1987)

RESUMEN

Fueron determinadas las bacterias coliformes totales y fecales así como algunas bacterias patógenas, en muestras de sedimento y de agua superficial de los ríos Coatzacoalcos y Tonala y de la Laguna del Ostión, Veracruz, México. Su distribución parece estar influenciada por las descargas de aguas negras y el drenaje superficial de los municipios que bordean a dichas áreas. También se estudió la calidad sanitaria del agua potable de las ciudades de Cosoleacaque, Minatitlán, Coatzacoalcos, Agua Dulce, Las Choapas y Nanchital, Veracruz y se determinó la existencia de contaminación en la red de distribución. Los conteos de bacterias coliformes se hicieron empleando la técnica del número más probable (NMP) y los valores obtenidos se pueden usar como índices de contaminación por aguas negras o desperdicios de los asentamientos urbanos establecidos en áreas costeras.

ABSTRACT

The total number of coliform, fecal, and other pathogenic bacteria were established in the surface layers of water and sediment samples collected at stations located in the Coatzacoalcos and Tonala rivers and the Ostion Lagoon in Veracruz, México. The distribution of the microorganisms found in the area studied seems to be influenced by the waste water discharges and surface drainage from nearby urban settlements. The quality of drainage water was also studied in the cities of Cosoleacaque, Minatitlan, Coatzacoalcos, Agua Dulce, Las Choapas and Nanchital, employing the MPN techniques for the quantification of coliform bacteria. The results of this investigation can be used as evidence that waste discharges from coastal settlements cause contamination.

INTRODUCCION

El agua ha sido requerida por los seres vivos desde su existencia en el planeta. Actualmente para el abastecimiento público de agua se dispone tanto de recursos superficiales como subterráneos los cuales han sido contaminados por las actividades del hombre o bien por algunas causas naturales, originando daños en la salud de los seres humanos y de especies animales, alterando también la calidad del agua potable, así como aquella de uso agrícola. Uno de los principales problemas que muestran los sistemas fluviales del país es la elevada contaminación a que están expuestos ya sea por las descargas industriales y municipales o bien por las aguas de drenaje procedentes de es-

currimientos de zonas urbanas y/o de campos agropecuarios, provocando con ello alteraciones en el ecosistema acuático (Weibel 1975). Así, las aguas costeras y los ríos reciben descargas de aguas negras sin ningún tratamiento, agua de lluvia, así como desperdicios orgánicos e industriales, por lo que pueden contener una elevada concentración de microorganismos patógenos (Evans *et al.* 1968, Geldreich 1974). En la literatura consultada se encontraron catorce casos de enfermedades transmitidas por el agua que se han relacionado con deficiencias en los abastecimientos de la misma (Gunther 1973). Por otra parte, han sido mencionadas infecciones nosocomiales relacionadas con la flora bacteriana del agua (Herman *et al.* 1965). La desinfección es un proceso necesario en el tratamiento del agua destinada para el suministro público, ya que por ejemplo en los sistemas de distribución puede haber crecimientos bacterianos en las grasas que se aplican en los anillos flexibles usados para sellar las uniones de las tuberías (Ridway 1981).

Aunque el deterioro de la calidad del agua en el sistema de distribución puede ser temporalmente reducido haciendo lavados de las tuberías y aplicando altas concentraciones de desinfectantes (cloración), la contaminación persistirá en los sistemas de agua si las fuentes de contaminación microbiana no son localizadas y eliminadas.

También es indudable que las descargas de aguas negras sin tratamiento en los ríos y lagunas representan un peligro potencial para la salud, ya que además de bacterias indicadoras de contaminación fecal pueden contener bacterias patógenas tales como *Salmonella*, *Shigella*, *Arizona* y *Vibrio*, causantes de enfermedades gastrointestinales (Kampelmacher 1970, Blake *et al.* 1980).

Por otra parte, la distribución de bacterias coliformes en aguas costeras o en aguas estuarinas ha sido la causa de que se clausuren lugares en donde se cultivan moluscos bivalvos y zonas recreativas en las playas en donde el problema se ha agudizado a medida que aumentan las descargas de aguas negras (Vaccaro *et al.* 1950, Cabelli *et al.* 1979).

El movimiento de las aguas negras descargadas en algún cuerpo receptor ha sido monitoreado por varios métodos, tales como el de agregar trazadores (White 1972), usando un colorante fluorescente (Talbot 1970), o bien haciendo determinaciones de indicadores químicos en las aguas negras como es el caso del coprostanol (Goldfellow *et al.* 1977) y del amoníaco (Newell 1967); o bien evaluando las poblaciones de bacterias fecales (Ayres 1977, Geldreich 1979).

También se han encontrado concentraciones significativas de bacterias y virus entéricos humanos en el agua y sedimentos de canales costeros en los que se descargan aguas negras tratadas secundariamente (Gerba *et al.* 1977). Asimismo, se ha observado que la principal fuente de organismos coliformes que entra a los ríos y estuarios procede del alcantarillado municipal (Geldreich *et al.* 1961).

La contaminación bacteriana ha sido estudiada en lagunas costeras de México, describiéndose números mas probables (NMP) de coliformes fecales hasta de $24 \times 10^3/100$ ml de agua (Rodríguez 1981, Romero 1982 y Botello *et al.* 1982).

Tomando en cuenta que los índices de morbilidad de enfermedades gastrointestinales y de la piel son muy elevados en las regiones costeras, principalmente en la población infantil, se ha considerado importante determinar el grado de contaminación que se presenta en ríos y lagunas localizados en el sur de Veracruz.

Siendo el área industrial del bajo río Coatzacoalcos un sitio donde se concentran significativos núcleos humanos en sus dos más importantes poblaciones, el Puerto de

Coatzacoalcos y la ciudad de Minatitlán, y careciéndose de una información adecuada sobre el problema de la contaminación bacteriana, el desarrollo de esta investigación y los datos emanados de ella son de interés, sobre todo en los aspectos relacionados con la salud pública. Por lo tanto el objetivo primordial de este trabajo estuvo enfocado a la identificación de microorganismos presentes normalmente en el tracto intestinal del hombre y/o de animales de sangre caliente, los cuales son indicadores de contaminación fecal y cuyo nivel en un determinado volumen de agua o peso de sedimento, representa un índice de la intensidad de la contaminación. Además se investigó la presencia de bacterias patógenas tales como *Staphylococcus*, *Salmonella* y *Vibrio*, ya que algunas de sus especies pueden ser causantes de diversas enfermedades en los pobladores de esas áreas.

MATERIALES Y METODOS

En la Tabla I se presentan las fechas y los lugares de colecta de los materiales empleados durante la investigación. Los sedimentos recientes se obtuvieron empleando un draga tipo Van Veen de 1.5 de capacidad transfiriéndose de inmediato a frascos estériles con tapón de plástico.

TABLA I. LOCALIDAD Y FECHA DE COLECTA DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

Localidad	Fecha de Colecta	Material colectado	Cantidad de muestras analizadas
Estuario del Río Coatzacoalcos	Marzo 1982	Agua Superficial	10
		Sedimentos	10
	Junio 1982	Agua Superficial	10
		Sedimentos	10
Litoral Adyacente	Marzo 1982	Agua Superficial	5
Estuario del Río Tonalá	Agosto 1983	Agua Superficial	10
		Sedimentos	5
Laguna del Ostión	Septiembre 1982	Agua Superficial	10
		Sedimentos	10
Ciudad de Coatzacoalcos	Junio 1982	Agua Potable	10
	Agosto 1983	Agua Potable	10
Ciudad de Minatitlán	Agosto 1983	Agua Potable	10
	Julio 1984	Agua Potable	5
Municipio de Cosoleacaque	Agosto 1983	Agua Potable	4
Municipio de Agua Dulce	Marzo 1984	Agua Potable	8
	Abril 1984	Agua Potable	8
Municipio Las Choapas	Marzo 1984	Agua Potable	9
	Abril 1984	Agua Potable	9
Municipio de Nanchital	Junio 1984	Agua Potable	10

Las muestras de agua superficial se colectaron por medio de una botella Van Dorn y se transfirieron a frascos de vidrio de 250 ml, previamente esterilizados que contenían una pequeña concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ para neutralizar la actividad germicida del cloro residual. La metodología que se empleó para los análisis microbiológicos de agua, fue la que recomienda American Public Health Association (1985) y para los análisis de sedimentos, la recomendada por APHA (1970), en la que se determina el número más probable de bacterias (NMP) mediante la técnica de los tubos de fermentación.

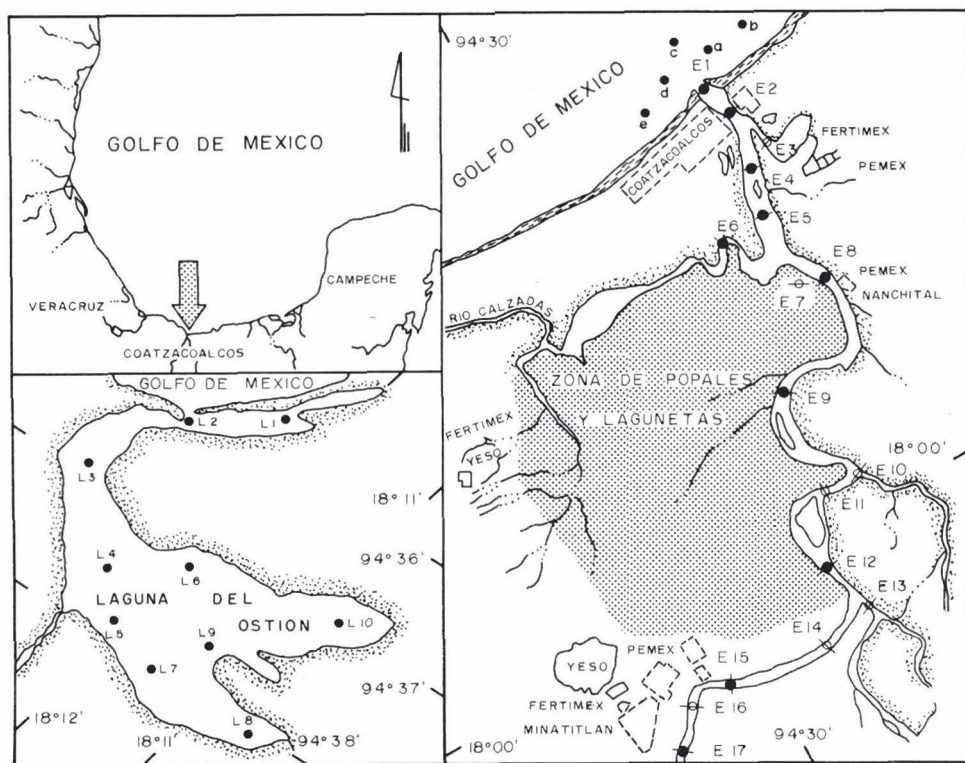


FIG. 1. Localización de las estaciones muestreadas en el estuario del río Coatzacoalcos y la Laguna del Ostión, Veracruz, México

En la Fig. 1 se indica la localización de las aguas de muestreo en el estuario del río Coatzacoalcos y la Laguna del Ostión. En la Fig. 2 se indican las estaciones de muestreo en el estuario del Río Tonalá. En la Fig. 3 se muestra la localización de las estaciones de muestreo de la ciudad de Coatzacoalcos y en la Fig. 4 se indican las estaciones de muestreo en la ciudad de Minatitlán.

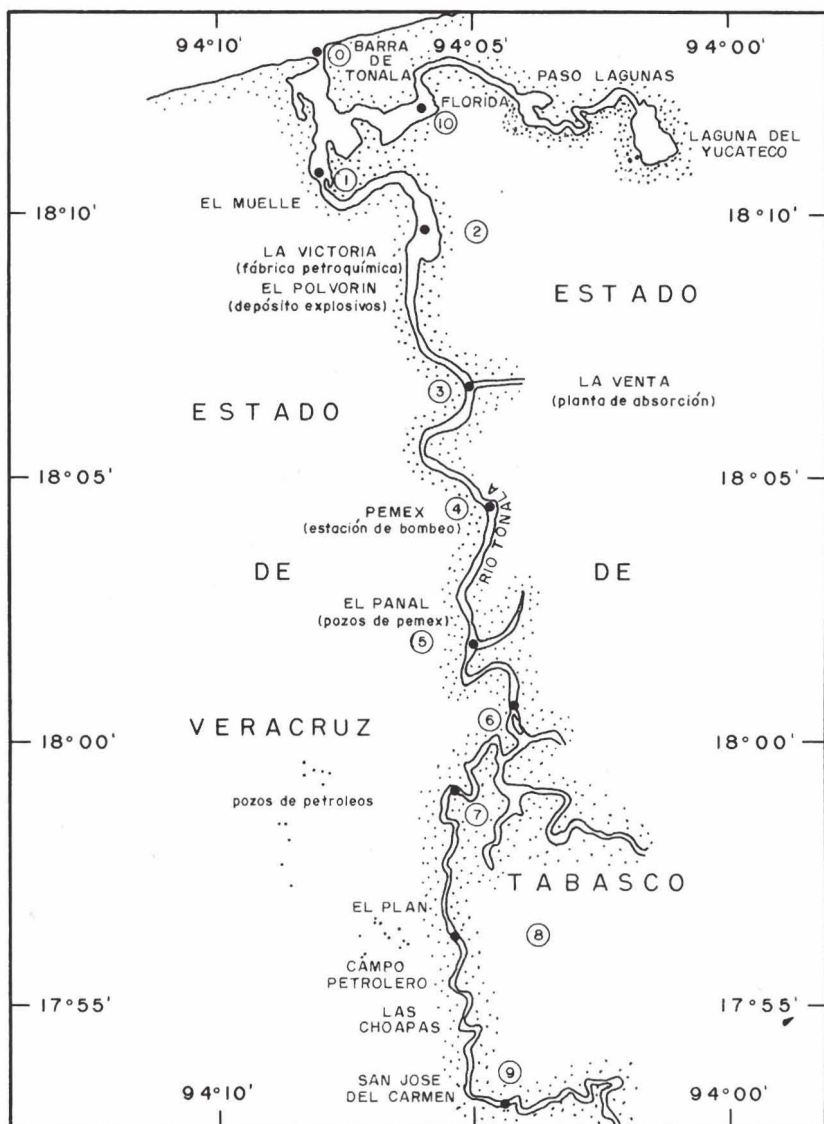


FIG. 2. Localización de las estaciones muestreadas en el estuario del río Tonalá, Veracruz, México

En esta prueba primeramente se determinaron los niveles de bacterias coliformes totales, inoculando tubos de ensayo conteniendo el medio de cultivo caldo-lauril-sulfato con una serie de diluciones de la muestra en estudio e incubando 24 a 48 horas a la temperatura de 35°C. Posteriormente, de los tubos que resultaron positivos (turbidez y producción de gas), se hicieron resiembras a tubos de fermentación conteniendo el medio de cultivo denominado caldo EC, se incubaron 24 horas, a 44.5°C en baño maría para la estimación de los niveles de bacterias coliformes fecales.

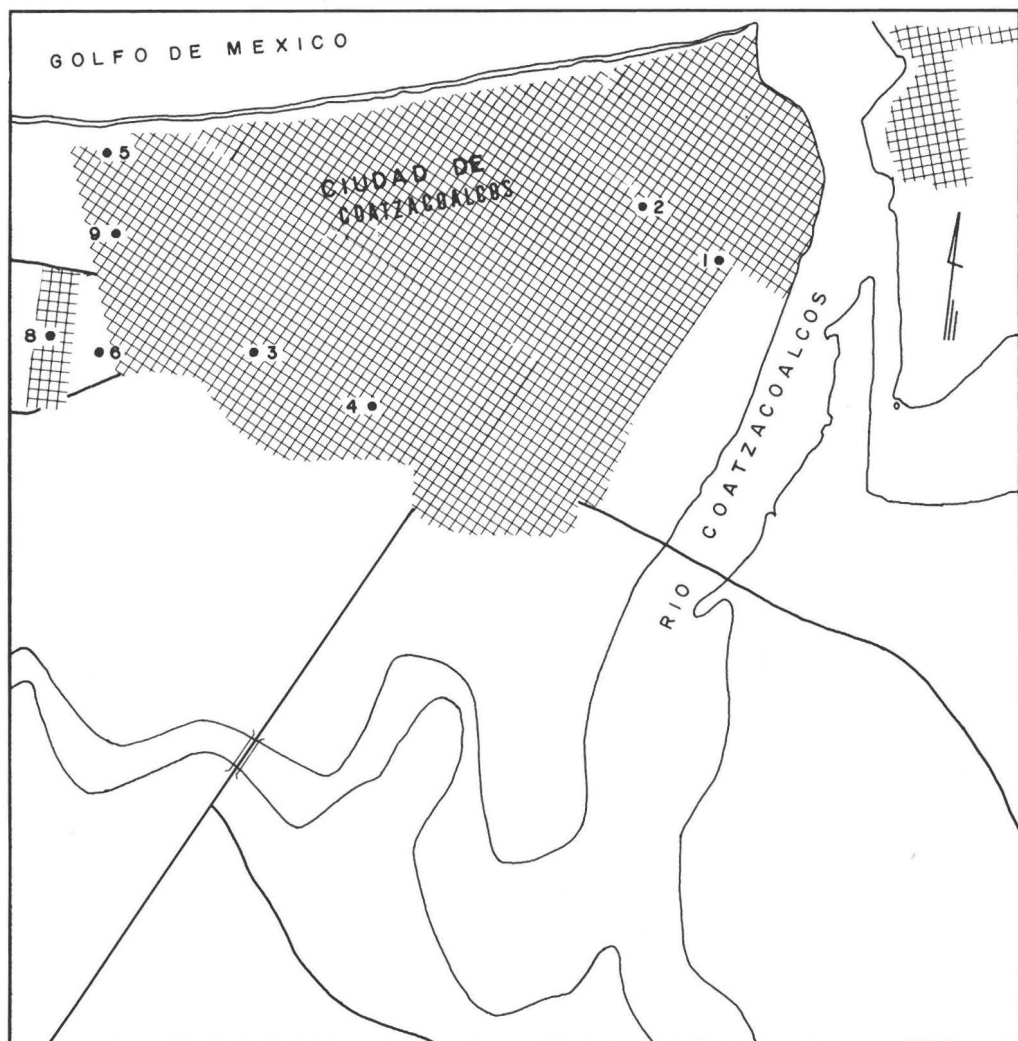


FIG. 3. Localización de las estaciones de muestreo en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México

Respecto a las bacterias patógenas (salmonelas y vibrios) se utilizaron medios de enriquecimiento (caldo tetratonato y agua peptonada alcalina, respectivamente) y posteriormente medios para el aislamiento (sulfito bismuto y TCBS agar, respectivamente). Los estafilococos patógenos (*S. aureus*) fueron cuantificados inoculando directamente placas de agar del medio Vogel-Johnson con 0.1 ml de las muestras de agua y con 0.1 ml de la dilución 10^{-1} de los sedimentos.

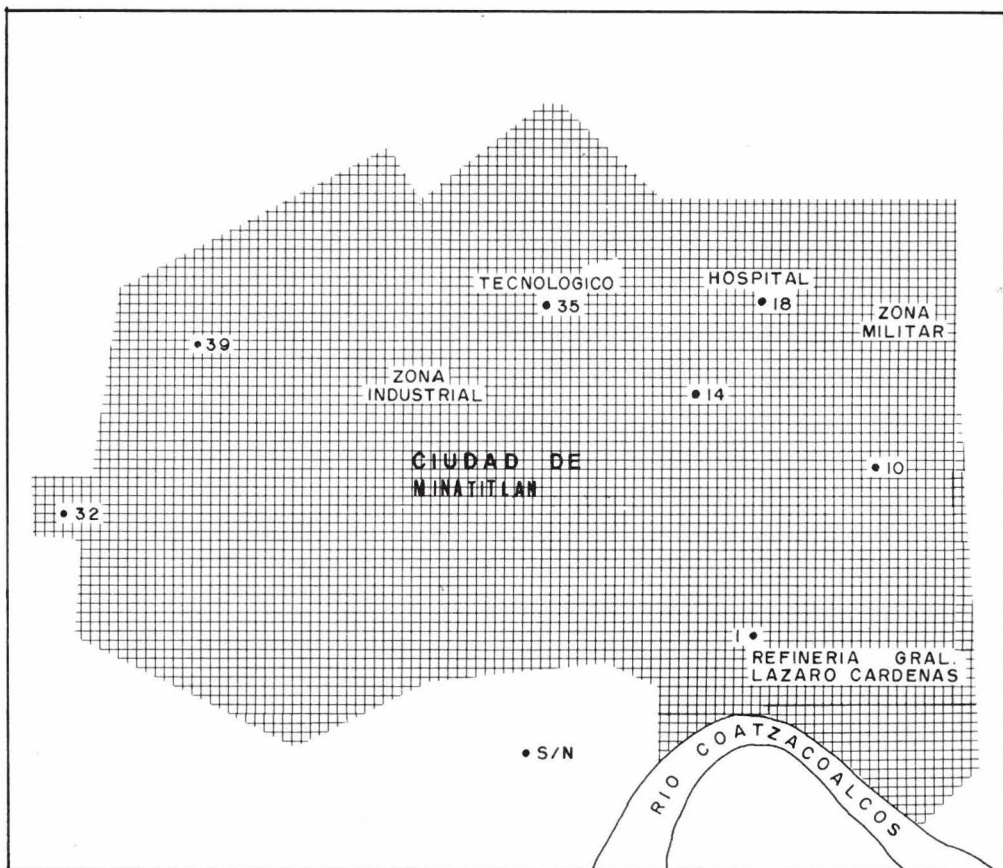


FIG. 4. Localización de las estaciones de muestreo en la ciudad de Minatitlán, Veracruz, México

El procesamiento de las muestras en estudio se hizo en los laboratorios de la SARH y en los laboratorios de la Universidad Veracruzana de Coatzacoalcos, Veracruz. Posteriormente la identificación de los cultivos bacterianos obtenidos se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, México, D.F., mediante pruebas bioquímicas (Cowan 1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla II se indican los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos efectuados en muestras de sedimentos colectados en el Río Coatzacoalcos durante los meses de marzo y junio de 1982.

TABLA II. NIVELES BACTERIANOS DETERMINADOS EN SEDIMENTOS COLECTADOS EN EL RIO COATZACOALCOS

MUESTRA	MARZO 19, 1982					JUNIO 24, 1982			
	CT	CF	E	S	V	CT	CF	E	S V
01	1.1×10^5	0	5×10^4	0	0	2.4×10^5	2.1×10^4	0	0 0
02	1.1×10^5	3.9×10^3	21×10^3	0	0	2.4×10^5	8.8×10^4	0	0 0
03	9.3×10^3	3.5×10^2	5×10^2	2×10^2	0	2.4×10^5	5.0×10^4	0	0 0
04	1.1×10^5	9.1×10^2	24×10^2	0	0	2.4×10^5	3.8×10^4	0	0 0
05	1.1×10^5	4.3×10^3	15×10^2	0	0	2.4×10^5	2.0×10^4	0	0 0
06	1.1×10^5	2.0×10^3	8×10^2	0	0	1.2×10^5	2.2×10^4	0	0.9×10^2
07	1.1×10^5	9.3×10^3	27×10^2	0	0	2.4×10^5	3.8×10^4	0	0 0
08	1.1×10^5	9.3×10^3	17×10^2	0	0	2.4×10^5	2.2×10^4	0	0 0
09	7.5×10^3	4.3×10^3	3×10^2	1×10^2	0	N	N	0	0 0
10	9.3×10^3	9.3×10^3	9×10^2	0	0	N	N	N	N N

CT: Coliformes totales NMP/100 ml

CF: Coliformes Fecales NMP/100 ml

E: Estafilococos en 100 g

S: *Salmonella* en 100 g

V: *Vibrio* en 100 g

N: No se determinó

Puede observarse que los niveles de coliformes fueron altos en los dos muestreos, estando ausentes las bacterias coliformes fecales en la muestra de la estación 01 en el mes de marzo.

Cabe señalar que, en el primer muestreo se detectaron niveles altos de contaminación con estafilococos en todas las estaciones, la cual no se observó en el segundo muestreo.

Otra observación interesante, es la referente a la presencia de salmonelas en las estaciones 03 y 09 durante el primer muestreo y su ausencia en el segundo. Por otra parte, solamente se detectó la presencia de *Vibrio parahaemolyticus* en la estación 06 durante el segundo muestreo.

En la Tabla III se indican los niveles de contaminación bacteriana determinados en muestras de agua colectadas en el cauce del río Coatzacoalcos y los determinados en muestras de agua colectadas en el estuario, durante el mes de marzo.

Los niveles de contaminación por coliformes totales probablemente fueron más bajos en las muestras de agua colectadas en el cauce del río, que en el estuario ya que no se hicieron mayores diluciones de las muestras colectadas. Algunos autores han investigado la contaminación fecal de las aguas costeras (Ide 1978) determinando el grado máximo en la línea costera y su disminución al alejarse de la playa. Así, en la zona del litoral los niveles de bacterias coliformes disminuyen debido a fenómenos de sedi-

mentación del material orgánico al cual están adheridas las bacterias (Gannon *et al.* 1983); y debido también a efectos de la alta salinidad (Vaccaro *et al.* 1950).

TABLA III. NIVELES BACTERIANOS EN MUESTRAS DE AGUA COLECTADAS EN EL RIO COATZACOALCOS Y EN EL ESTUARIO (MARZO 1982)*

RIO	CT	CF	E	S	V
E1	24×10^4	38×10^3	0	0	0
E2	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E3	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E4	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E5	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E6	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E7	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E8	24×10^4	24×10^4	0	0	0
E9	24×10^4	24×10^4	0	0	0
ESTUARIO	CT	CF	E	S	V
a Bocana entre las dos boyas	$\geq 24 \times 10^3$	24×10^3	34×10^2	14×10^2	19×10^2
b A la derecha de la bocana	$\geq 24 \times 10^3$	24×10^3	3×10^2	2×10^2	0
c Frente a la bocana	$\geq 24 \times 10^3$	24×10^3	23×10^2	59×10^2	6×10^2
d Frente al tanque de la SARH	$\geq 24 \times 10^3$	24×10^3	21×10^2	12×10^2	0
e Junto al barco encallado	$\geq 24 \times 10^3$	24×10^3	15×10^2	21×10^2	0

Los datos de la Tabla IV, muestran en general una mayor contaminación fecal en las muestras de sedimentos (a excepción de la estación 06) que aquellas del agua superficial. Esto concuerda con las observaciones de Hendricks (1971), de que el ambiente sedimentario posee el potencial para proteger los nutrientes necesarios para el desarrollo y la persistencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal, así como de bacterias patógenas.

Escherichia coli posee la habilidad para sobrevivir varios días en el sedimento acuático *in situ* (Laliberte 1982), por lo que se considera que los coliformes fecales en el agua, pueden no siempre ser indicadores de contaminación fecal reciente en el agua superficial, sino mas bien, resuspensión de bacterias que sedimentaron adheridas al material particulado (Matson 1978). Sin embargo, la utilidad de la cuantificación de bacterias coliformes en el sedimento, depende en gran medida de la tasa de sedimentación (Grimes 1975). En la Tabla V se incluyen los resultados de los análisis de bacterias coliformes obtenidos en muestras de agua y de sedimentos colectados en el río Tonala notándose que los índices del número más probable (NMP) de coliformes fecales, fueron muy semejantes tanto en las muestras de sedimentos como en las de agua super-

ficial. Esto, quizás se debe a la contaminación fecal constante que se causa al río Tonalá, ya que a la altura de las Choapas se localizaron asentamientos humanos en la ribera, carentes de servicios sanitarios y dotados de letrinas al aire libre.

TABLA IV. NIVELES DE CONTAMINACION COLIFORME EN LA LAGUNA DEL OSTION (SEPTIEMBRE 1982)

MUESTRA No.	AGUA		SEDIMENTO	
	CT	CF	CT	CF
L1	24.0×10^2	24.0×10^2	24.0×10^3	38.0×10^2
L2	3.8×10^2	1.5×10^2	5.0×10^2	4.4×10^2
L3	3.8×10^2	1.5×10^2	15×10^2	1.2×10^2
L4	24.0×10^2	9.6×10^2	15×10^2	8.8×10^2
L5	24.0×10^2	24.0×10^2	24.0×10^2	9.6×10^2
L6	24.0×10^2	24.0×10^2	1.5×10^2	1.2×10^2
L7	24.0×10^2	9.6×10^3	24.0×10^3	3.8×10^2
L8	3.8×10^2	2.1×10^2	24.0×10^3	9.6×10^2
L9	24.0×10^2	9.6×10^2	1.5×10^2	1.2×10^2
L10	1.2×10^2	0.88×10^2	8.8×10^2	7.6×10^2

Los datos obtenidos de la contaminación coliforme en los ríos Coatzacoalcos y Tonalá así como en la Laguna del Ostión fueron similares a los descritos para las lagunas costeras localizadas en los Estados de Campeche y Tabasco (Rodríguez 1981, Romero 1982).

TABLA V. NIVELES DE CONTAMINACION COLIFORME DETERMINADOS EN EL RIO TONALA EN AGOSTO DE 1983

SEDIMENTO	CT	CF	MICROORGANISMOS
0	3.8×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
1	3.8×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
3	24.0×10^3	2.1×10^3	<i>K. pneumoniae</i>
8	24.0×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
9	24.0×10^3	5.0×10^2	<i>E. coli</i>
AGUA			
1	1.5×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
3	2.1×10^3	1.2×10^3	<i>Salmonella</i> spp
4	24.0×10^3	3.8×10^3	<i>K. pneumoniae</i> y <i>Salmonella</i> spp
5	2.1×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
6	24.0×10^2	3.8×10^3	<i>E. coli</i> y <i>K. pneumoniae</i>
7	24.0×10^3	3.8×10^3	<i>E. coli</i>
8	0.88×10^3	0.5×10^3	<i>K. pneumoniae</i>
9	24.0×10^3	1.2×10^3	<i>K. pneumoniae</i>
10	3.8×10^3	1.5×10^3	<i>E. coli</i>
0	24.0×10^3	3.8×10^3	<i>E. coli</i>

En la Tabla VI se describen los niveles de contaminación coliforme encontrados en muestras de agua potable colectadas en las ciudades de Cosoleacaque, Minatitlán y Coatzacoalcos, observándose que la contaminación de microorganismos es frecuente en la red de distribución.

TABLA VI. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN
COSOLEACAQUE, MINATITLAN Y COATZACOALCOS
(AGOSTO 1983)

Muestra	CT	CF	Bacterias
COSOLEACAQUE			
C-1	0	0	
C-2	0	0	
C-3	0	0	
C-4	38	2.2	<i>Escherichia coli</i> <i>Enterobacter aerogenes</i>
MINATITLAN			
1	240	2.2	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
25	240	15	<i>E. coli</i>
39	0	0	
32	240	240	<i>E. coli</i>
35	240	21	<i>K. pneumoniae</i>
18	240	2	<i>K. pneumoniae</i>
14	0	0	
10	0	0	
6	240	240	<i>K. pneumoniae</i>
S/N	0	0	
COATZACOALCOS			
1	15	2.2	<i>K. pneumoniae</i>
2	240	240	<i>Enterobacter cloacae</i>
3	12	5	<i>Citrobacter spp</i>
4	21	8.8	<i>K. pneumoniae</i>
5	0	0	
6	2.2	2	<i>K. pneumoniae</i>
7	0	0	
8	240	21	<i>K. pneumoniae</i>
9	0	0	
10	15	2.2	<i>Citrobacter spp</i>

Los géneros bacterianos que se identificaron fueron *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter* spp., lo que indica que el agua supuestamente potable puede sufrir cambios en su calidad microbiológica debido a fugas o fallas en las operaciones de bombeo.

En la Tabla VII se indican los niveles de bacterias coliformes registrados en muestreos domiciliarios en el Municipio de Agua Dulce, Veracruz.

TABLA VII. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN AGUA DULCE (MARZO Y ABRIL 1984)

MUESTREOS	MARZO		ABRIL	
	CT	CF	CT	CF
Agua de pozo filtrada (Alaska)	240	12	240	38
Agua de pozo	38	7.6	38	38
Agua de garrafón	240	5	38	5
Agua purificada	0	0	2.2	0
Agua filtrada de la factoría de Pemex	7.6	0	0	0
Agua de Pemex almacenada en la Cruz Roja	38	7.6	0	0
Agua de Pemex Restorán	7.6	2.2	240	15
Agua entubada	N	N	0	0

TABLA VIII. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN LAS CHOAPAS (MARZO 1984)

MUESTREOS	CT	CF	
Agua entubada	15	5	<i>E. coli</i>
Agua de pozo	15	5	<i>Citrobacter</i> sp
Agua entubada	240	12	<i>K. pneumoniae</i> y <i>Citrobacter</i> sp
Agua entubada	38	8.8	<i>Proteus</i> sp
Agua de garrafón "La Nacional"	5	2.2	<i>K. pneumoniae</i>
Agua entubada	2.2	0	
Agua entubada	38	2.2	<i>Citrobacter</i> sp
Agua entubada	8.8	0	
Agua de pozo No. 1 "Los Soldados"	8.8	0	

En las diversas muestras de agua analizadas se nota que el proceso de filtración para purificar el agua es deficiente tal y como sucede en la fábrica de hielo "Alaska" (agua de pozo filtrada).

El agua surtida por Petróleos Mexicanos mostró regular calidad sanitaria en el muestreo de marzo ya que se obtuvo un NMP de CT de 7.6; sin embargo, si se almacena en recipientes, con el tiempo puede llegar a contaminarse con coliformes fecales como se observa en la muestra de agua colectada en la Cruz Roja; por otra parte, en el muestreo de abril se demostró buena calidad sanitaria.

Los análisis de agua potable realizados en el municipio de las Choapas, que incluyeron muestras procedentes de pozo profundo, de tanques de almacenamiento, de la red de distribución, agua de garrafón y agua de noria, demostraron que existe contaminación fecal en la red de distribución, a excepción de las que tiene la superintendencia de Pemex (Tablas VIII y IX).

TABLA IX. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN LAS CHOAPAS (ABRIL 1984)

Muestreo	CT	CF	
Agua entubada	15	5	<i>K. pneumoniae</i>
Agua entubada	240	38	<i>K. pneumoniae</i>
Agua entubada	8.8	5	<i>E. coli</i>
Agua entubada	15	15	<i>K. pneumoniae</i>
Agua de garrafón "La Nacional"	0	0	
Agua del tanque de almacenamiento de distribución	0	0	
Agua entubada	5	5	<i>K. pneumoniae</i>
Agua entubada Col. Huapacal	8.8	0	
Agua entubada de la Superintendencia de Pemex	5	0	

En Nanchital el agua potable colectada en la red de distribución (Tabla X) mostró contaminación fecal; en cambio el agua colectada en los pozos de abastecimiento mostró regular calidad sanitaria, ya que estuvieron ausentes las bacterias coliformes fecales.

Finalmente, en la Tabla XI se describen los resultados de los análisis bacteriológicos de muestras de agua, colectadas de los cinco pozos de abastecimiento actualmente en operación en la ciudad de Minatitlán, en los que no se evidenció contaminación fecal.

En todas estas ciudades el agua que es transportada a través de la red de distribución puede sufrir cambios en su calidad microbiológica, ya que el destino de las bacterias que le han contaminado está gobernado por la exposición a concentraciones residuales de desinfectantes, por las fuentes de disponibilidad de nutrientes bacterianos en

los depósitos de cañería, por la temperatura del agua, por la acción antagónica de otros microorganismos, así como por las pulsaciones repentinas que frecuentemente se observan en la presión del agua.

TABLA X. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN NANCHITAL
(JUNIO 1986)

MUESTREOS	CT	CF	
Agua entubada	5	5	<i>E. coli</i>
Agua entubada	8.8	5	<i>E. coli</i>
Agua entubada	5	5	<i>E. coli</i>
Agua entubada	20	20	<i>E. coli</i>
Agua del pozo No. 1; Col. Tepeyac	20	0	—
Agua del pozo No. 2	5	0	—
Agua entubada	38	4.4	<i>E. coli</i>
Agua entubada	96	8.8	<i>E. coli</i>
Agua entubada	12	7.6	<i>E. coli</i>
Agua entubada	15	5	<i>E. coli</i>

A ésto se debe la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales ya que no se observan los límites tolerables de bacterias coliformes totales presentes en agua potable, los cuales no deben ser mayores de 2 bacterias en 100 ml de agua potable.

TABLA XI. CALIDAD SANITARIA DEL AGUA POTABLE EN MINATITLAN
(JULIO 1984)

Muestreos	CT	CF
Pozo 8 Calle Lázaro Cárdenas; Col. Hidalgo-Casino Petrolero	8.8	0
Pozo 9 Calle Tegucigalpa esquina con Río Rosalía	8.8	0
Pozo 5 Atenas y Reforma	0	0
Pozo 10 Managua y París; Col. Nva. Mina	0	0
Pozo 6 Av. Lázaro Cárdenas; Col. Cuauhtémoc	0	0

Por otra parte, las descargas de los ríos con altos contenidos de coliformes, son un riesgo para la salud de los nadadores en las playas, en los cuales se toleran NMP de coliformes fecales de 350/100 ml de agua.

También las descargas de aguas negras sin tratamiento previo desinfectante, contaminan las aguas de los bancos ostrícolas, aguas que no deben de contener más de 14 bacterias coliformes fecales por 100 ml, ya que cantidades mayores pueden ser concentradas por los moluscos bivalvos en desarrollo y no llenar los requisitos establecidos por las normas de un máximo de 230 coliformes fecales por cada 100 g de pulpa de ostión (APHA 1970).

Sería entonces muy satisfactorio que los efluentes de aguas negras fueran tratados y desinfectados antes de ser arrojados a los cuerpos de agua receptores, ya que estos procesos permiten reducir el contenido de microorganismos patógenos, así como el contenido de nutrientes necesarios para su persistencia en el medio acuático.

Los problemas de contaminación bacteriana que se tienen en las redes de distribución de agua potable en las áreas estudiadas se deben tanto a la falta de cloración constante del agua en los tanques de distribución, como a fallas en los procesos de suministro (retrosifonaje) y a las pésimas condiciones en que probablemente se encuentran las cañerías.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos efectuados en muestras de agua y sedimento colectadas en algunos cuerpos de agua y en muestras de agua colectadas de la red de distribución en ciudades del sur de Veracruz, se puede concluir lo siguiente:

1. El agua colectada directamente de los pozos artesianos, se encuentra libre de contaminación coliforme fecal.
2. El agua que se distribuye através de la red, se llega a contaminar en algunos lugares de la ciudad, lo que hace sospechar que hay deterioro en las tuberías o fallas en los sistemas de bombeo.
3. El agua y sedimentos de ríos y lagunas, se encuentran contaminados con bacterias coliformes fecales debido a que los efluentes de aguas negras son descargados sin recibir tratamiento desinfectante.
4. Se demostró la presencia de las bacterias *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Vibrio parahaemolyticus*, en las muestras de sedimento colectadas en el río Coatzacoalcos y en las muestras de agua colectadas en la zona del litoral.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Ecodesarrollo por el apoyo financiero para la ejecución del presente estudio. Al Dr. Alejandro Toledo Ocampo y al señor Elpidio Toledano por su invaluable ayuda, así como a la bióloga Ana Lilia Terrats por la elaboración del manuscrito.

REFERENCIAS

- APHA (American Public Health Association) (1970). Recommended procedures for the examination of seawater and Shellfish. 4th. Ed. American Public Health Association Washington, D.C.
- (1985). Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th Ed. American Public Health Association Inc. Washington, D.C.

- Ayres P.A. (1977). The use of faecal bacteria as a tracer for sewage sludge disposal in the sea. *Marine Pollut. Bull.* 8, 283-285.
- Blake P.A., Weaver R.E. y Hollis D.G. (1980). Diseases of human (other than cholera) caused by vibrios. *Ann. Rev. Microbiol.* 34, 341-367.
- Botello A., Rodríguez S.H., Goñi J.A., Castro S.A., Salas G.R., Celis G.L. y Valle J. (1982). Niveles actuales de compuestos organoclorados, desechos lagunares costeros del Estado de Tabasco, Informe presentado a la Sría. de Pesca del Estado de Tabasco.
- Cabelli J.W., Dufour A.P., Levin M.A., McCabe L.J. y Haberman P.W. (1979). Relationships of microbial indicators to health effects at marine beaches. *Am. J. Publ. Health* 69, 690-696.
- Cowan S. (1974). *Manual for the identification of medical bacteria*. 2th Ed. Cambridge University Press, Inglaterra 328 p.
- Evans F.L., Geldreich E.E., Weibel S.R. y Robeck G.G. (1968). Treatment of urban stormwater runoff. *J. Water Pollut. Control. Fed.* 40, 162-170.
- Ganon J.J., Busse M.K. y Shillinger J.E. (1983). Faecal coliform disappearance in a river impoundment. *Water Res.* 17, 1995-1601.
- Geldreich E.E. (1974). Microbiological criteria concepts for coastal bathing waters. *Ocean Management* 3, 225-248.
- (1979). Microbiology of water. *J. Water Pollut. Control. Fed.* 51, 1721-1743.
- Bordner R.H., Huff C.B., Kabler P.N. y Clark H.F. (1962). The faecal coli-aerogenes flora of soils from various geographical areas. *J. Appl. Bacteriol.* 25, 87-93.
- Gebra C.P. y McLeod J.S. (1976). Effect of sediments on the survival of *Escherichia coli* in marine waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 32, 114-120.
- Goodfellow R.M., Cardoso J., Eglinton G., Dawson J.P. y Best G.A. (1977). A faecal sterol survey in the estuary. *Marine Pollut. Bull.* 8, 273-277.
- Grimes D.J. (1975). Release of sediment-bound faecal coliforms by dredging. *Appl. Microbiol.* 29, 109-111.
- Gunther F.C. y McCabe L. (1973). Review of causes of water borne diseases outbreaks. *Water Technology/Quality AWWA*.
- Hendricks C.W. (1971). Enteric bacterial metabolism of stream sediment eluates. *Can. J. Microbiol.* 17, 551-556.
- Herman L.G. y Himmelsback C.K. (1965). Detection and control of hospital sources of Flavobacterium. *J. Amer. Hosp. Assn.* 39, 72-76.
- Ide M. y De Meayer-Cleempoel S. (1978). Faecal pollution of Belgian coastal water. *Marine Poll. Bull.* 11, 108-110.
- Kampelmacher E. y Van Noorle Jansen L. (1970). *Salmonella* its presence in and removal from a waterwater system. *J. Water Pollut. Control Fed.* 42, 2069-2073.
- Laliberte P. y Grimes D.J. (1982). Survival of *Escherichia coli* in lake bottom sediment. *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 623-628.
- Maston E.A., Hornor S.G. y Buck J.D. (1978). Pollution indicators and other microorganisms in river sediment. *J. Water Pollut. Control Fed.* 50, 13-20.
- Newell B.S. (1967). The determination of ammonia in seawater. *J. Mar. Biol. Assoc.* 47, 271-275.
- Ridgway H.F. y Olson B.H. (1981). Microscope evidence for bacterial colonization of a drinking-water distribution system. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, 274-287.
- Rodríguez S.H. y Romero J.J.M. (1981). Niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas fluvio-lagunares asociados a Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, Univ. Nal. Autón. México 8, 63-67.
- Romero J.J.M. y Rodríguez S.H. (1982). Niveles actuales de contaminación coliforme en el sistema lagunar del Carmen-Machona, Tabasco, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Autón. México 9, 121-125.
- Talbot J.W. (1970). The influence of tides and other factors on diffusion rates in marine and coastal situations. UN-FAU Technica Conference on Marine Pollution and its effects on living resources and fishing. Paper No. FIR: MP/10E-43.

- Vaccaro R.F., Briggs M.P. Carey C.L. Y Ketchum B.H. (1950). Viability of *Escherichia coli* in seawater. Am. J. Publ. Health 40, 1257-1266.
- Weibel S.R., Anderson J.R. y Woodward R.L. (1979). Relationships of microbial indicator to health effects at marine beaches. Am. J. Publ. Health 69, 690-696.
- White K.E. (1972). Conference on measurement techniques in air and water pollution. Organized by the Institute of Mechanical Engineers I Birdcage Walk, Londres.