

## Contaminación por bacterias coliformes en la Presa de Atlangatepec, Tlaxcala

### Coliform bacterial pollution in Atlangatepec reservoir, Tlaxcala

Angélica Salomón-Serna\*, Roberto Pérez-Rodríguez\*\*, Obed García-Zúñiga\*\*.

\*Departamento Sistemas Biológico. \*\*Departamento El Hombre y su Ambiente. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calz. del Hueso 1100. Col. Villa Quietud C.P. 04960. Delegación Coyoacán. México. D.F.

#### RESUMEN

Se proporcionan datos sobre la contaminación bacteriana y su relación con temperatura, oxígeno y pH de cinco localidades y dos afluentes dentro del embalse mencionado, durante las épocas de Verano, Otoño e Invierno. Las bacterias coliformes totales (CT), fueron los indicadores de contaminación origen fecal y se hizo la determinación del número más probable (NMP) utilizando tubos múltiples de fermentación con las pruebas presuntiva, confirmativa y complementaria. Se detectaron las bacterias *Escherichia coli*, *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter agglomerans*, *Pseudomonas aureofaciens*, *P. aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Serratia licuefaciens*, *S. odorifera*, *Yersinia enterocolitica*, *Erwinia uredovora*, *E. stewartia*, *E. caretovora* y *Plesiomonas shigelloides*. La mayor contaminación por coliformes totales se manifiesta después de la época de lluvias en todas las localidades de muestreo y las zonas de mayor contaminación, se encuentran cercanas a la región ganadera de Zumpango y al afluente de Tlaxco.

**Palabras clave.**- Contaminación, Coliformes, Presa Atlangatepec, Tlaxcala.

#### ABSTRACT

Data on Atlangatepec reservoir bacterial pollution and their relation with temperature and dissolved oxygen and pH are provided for five localities and two tributaries in mentioned reservoir during summer and autumn and winter seasons. Total coliform bacteria (TC) were faecal pollution indicators and More Probable Number determination (MPN) was obtained by using multiple fermentation tubes including presumptive and confirmative and complementary tests. Detected bacteria were *Escherichia coli*, *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter agglomerans*, *Pseudomonas aureofaciens*, *P. aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Serratia licuefaciens*, *S. odorifera*, *Yersinia enterocolitica*, *Erwinia uredovora*, *E. Stewartia*, *E. caretovora*, *Plesiomonas shigelloides*. Biggest faecal coliforms pollution was present after rainy season in all sampling localities and most polluted places were close to Zumpango cattle areas and Tlaxco tributary

**Key words.**- Pollution, Coliforms, Atlangatepec reservoir, Tlaxcala.

#### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los cuerpos de agua son un importante reservorio de microorganismos, entre los cuales encontramos, bacterias, virus, protozoarios y algas; dentro del primer grupo es importante mencionar a las enterobacterias por estar relacionadas en muchos casos con problemas de contaminación fecal (Pelczar, 1977).

Según Mazari (1981), el acelerado aumento de la población en México aunado a la planeación inadecuada de los centros urbanos, ha ocasionado que los cuerpos de agua sean utilizados como vertederos de líquidos residuales sin previo tratamiento, conteniendo materia orgánica que proviene en parte de los desechos fecales de organismos homeotermos, transformándolos en un foco potencial de

enfermedades entéricas para el hombre; además esta materia orgánica puede llegar a sobrepasar la capacidad autodepuradora del ecosistema, alterando sus elementos bióticos y abióticos, razón por la cual resulta importante realizar estudios para determinar el grado de contaminación al que están expuestos.

En cualquier cuerpo de agua dulce acuática ya sea río o lago que esté localizado en una área poblada y que contenga mucha materia orgánica de desecho, constantemente hay posibilidades de generación de una gran variedad de microorganismos, los cuales llegan al agua no sólo de la tierra por las lluvias, sino del polvo aéreo y detritus vegetales, desechos industriales y materia fecal de gentes y animales (Burdon, 1980);

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces fecales contienen una gran variedad de organismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando formas patógenas, las cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto directo con los seres humanos (NOM-AA-42.1987).

Prescott (1993), menciona que las poblaciones de enterobacterias no se reproducen en el agua sino en el tracto intestinal de los organismos que las contienen y al llegar a algún embalse, río o lago se diseminan, de tal manera que esto es una razón importante para determinar los niveles de contaminación fecal por coliformes.

Es indudable que las descargas de aguas negras además de ocasionar disturbios estéticos, son causa directa del deterioro de la salud humana, porque además de llevar consigo bacterias indicadoras de contaminación fecal, pueden contener bacterias patógenas como *Salmonella*, *Shigella*, *Arizona* y

*Vibrio*, según lo establece Rodríguez et al (1987), las cuales causan un gran número de enfermedades peligrosas teniendo entre ellas a la tifoidea, paratifoidea, disentería, salmonelosis y varios tipos de gastroenteritis.

Tlaxcala cuenta con una buena producción pesquera, básicamente representada por el cultivo de carpa con 677 toneladas al año, siguiéndole en importancia el charal con 44 toneladas anuales y enseguida otras especies en menor cantidad; con este registro el Estado ocupa el décimo lugar en producción pesquera nacional (AEP, 1995).

Al respecto existen diversas cooperativas pesqueras que dependen en forma obligada del embalse de Atlangatepec, ya sea para autoconsumo o para su sustento económico; las especies que más se aprovechan son los charales y carpas; éstas últimas son proporcionadas por la Subdelegación de Pesca dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) mediante la intervención del Centro Acuícola de Atlangatepec con la continua producción de crías que son suministradas a diferentes embalses (Pérez- Rodríguez, 1996), siendo además de importancia alimentaria los acociles y ajolotes como fauna nativa, sin embargo con frecuencia se presentan enfermedades como la salmonelosis, paratifoidea, shigelosis, fiebre tifoidea e intoxicaciones alimentarias que son del tipo de las gastroenteritis (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Epidemiología, 1998).

Por otra parte la vivienda en la región municipal de Atlangatepec, aún después de muchos años sigue siendo deficiente en los terrenos ejidales, donde el 80 % tiene servicio de agua potable pero únicamente el 30 % tiene servicio de drenaje, razón por la cual viven en condiciones insalubres y se manifiestan principalmente enfermedades diarreicas.

Debido a la importancia socioeconómica y de salud que reviste este embalsamiento de agua para gran parte de los pobladores de la región, se realizó una determinación de los niveles de contaminación fecal, considerando los afluentes de donde proviene la mayor descarga bacteriana de origen intestinal, teniendo como indicadores a las coliformes totales (C.T.) así como la presencia de bacterias de la familia Enterobacteriaceae.

### ÁREA DE ESTUDIO

Con base en la información de Pérez-Rodríguez *et al* (1989), el cuerpo de agua denominado Presa de Atlangatepec, está localizada en el municipio del mismo nombre perteneciente al Estado de Tlaxcala y constituye parte del distrito de riego más importante formado por el Sistema Atoyac-Zahuapan, el cual

recorre las partes Norte, Centro y Sureste de la entidad; tiene una capacidad de riego de 4, 000 hectáreas.

La Presa tiene tres afluentes de los cuales dos son de temporal y uno permanente, este último pasa por el poblado de Tlaxco de donde recibe las aguas negras de ese lugar sin ningún tipo de tratamiento previo.

Este embalse se encuentra a 37 kilómetros de la Ciudad de Tlaxcala y su ubicación geográfica está limitada por los paralelos  $98^{\circ}32'50''$  con  $98^{\circ}10'00''$  de latitud Norte y los meridianos  $19^{\circ}35'00''$  con  $19^{\circ}32'50''$  de longitud Oeste (Fig.1). La capacidad volumétrica para almacenamiento es de 54 millones de metros cúbicos y ocupa una superficie de 1, 200 hectáreas, extendiendo su cuenca de captación hasta 27.5 kilómetros cuadrados, a una altitud de 2484 metros sobre el nivel del mar.

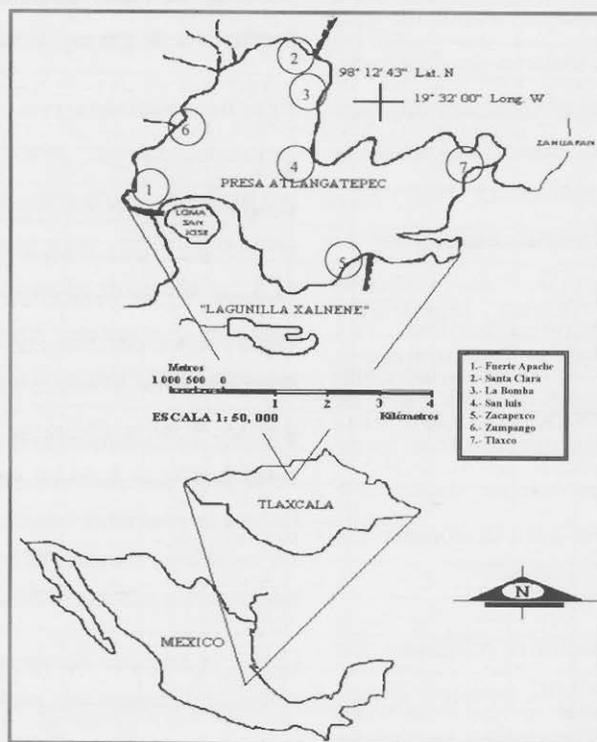


Figura 1.- Proyección cartográfica que muestra el área de estudio y localidades de observación y muestreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

De manera convencional se establecieron en la periferia del embalse cinco localidades de muestreo, ubicándolas de acuerdo con las zonas de pesca y de embarcaderos designadas con los nombres de 1) Fuerte Apache, 2) Santa Clara, 3) La Bomba, 4) San Luis, 5) Zacapexco y se incluyeron durante la época de Invierno los afluentes de 6) Zumpango y 7) Tlaxco (Fig. 1).

Se analizaron 34 muestras de agua, de las cuales 10 proceden de una primera visita al área de estudio, 10 de una segunda ocasión y 14 obtenidas en una tercera; las colectas de agua se realizaron en el periodo comprendido de Verano y Otoño de 1997 al Invierno de 1998 respectivamente, de tal manera que se incluye una época de lluvias otra de estiaje y una de heladas.

El agua se obtuvo aproximadamente a 20 centímetros por arriba de la profundidad máxima, con botellas de vidrio estériles de 800 ml. conteniendo un trozo de gasa en su interior y las muestras se tomaron por duplicado, las cuales fueron transportadas en cajas térmicas para conservar la temperatura a 4°C, como se indica en la Norma Oficial Mexicana (NOM-AA-42, 1987) para su posterior análisis microbiano en laboratorio.

Durante los muestreos fueron registrados simultáneamente los parámetros fisicoquímicos referentes a temperatura, oxígeno disuelto y pH; en todos los casos se empleó equipo electrónico de inducción consistente en termómetro, oxímetro y potenciómetro respectivamente para determinar los valores correspondientes.

El procedimiento para determinación de coliformes, fue el del número más probable (NMP), mediante el cual se registró la presencia de coliformes totales empleando la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación, que

permite obtener el número más probable de bacterias por 100 mililitros de agua; al respecto se utilizó la Serie de 3 tubos de acuerdo con el manual de American Public Health Association (APHA, 1977); la muestra fue diluida 1:10 en solución salina isotónica y a partir de ella se inocularon tubos preparados para efectuar las siguientes pruebas:

**Prueba presuntiva.-** Se dispusieron nueve tubos, de los cuales los tres primeros contenían 10 ml de caldo lactosado, otros tres con 9.0 ml y los últimos tres con 9.9 ml del mismo medio; todos los tubos estaban provistos de una campana de Durham en su interior.

A cada uno de los primeros tres tubos, se les adicionaron 10 ml. de la muestra a los segundos 1 ml y a los últimos tres 0.1 ml respectivamente; en estas condiciones se sometieron a incubación durante 48 horas a 37°C, para considerar presuntivamente positivos aquellos caldos lactosados que presentaran producción de gas en las campanas de Durham.

**Prueba confirmativa.-** A partir de los caldos lactosados con gas, se tomó una asada y se sembró por medio de estría cruzada en placas de agar-eosina-azul de metileno, para incubarse durante 24 horas a 37°C; en el caso de adquirir un brillo verde metálico las colonias o presentar un centro oscuro (lactosas positivas) se consideraron sospechosas de ser coliformes.

**Prueba complementaria.-** Las colonias con brillo verde metálico, fueron sembradas en tubos con caldo lactosado provistas con campanas de Durham, para ser incubadas durante 48 horas a 37°C, considerando más tarde los tubos que mostraron la producción de gas.

Como la muestra de agua se diluyó 1:10, para el cálculo del número más probable, se aplicó la ecuación

$$\text{NMP/ml} = \text{NMP (Tabla)} \times \text{Factor de dilución intermedio}$$

a fin de registrar los resultados del conteo de coliformes por medio del NMP, los cuales fueron interpolados en la tabla establecida para tal fin, (Tabla 1), según la proporción el Manual de Ecología Microbiana (1996), de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

	DILUCIÓN		NMP		DILUCIÓN		NMP
$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$		$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	
0	0	0	<3.0	2	0	0	9.1
0	0	1	3.0	2	0	1	14.0
0	0	2	6.0	2	0	2	20.0
0	0	3	9.0	2	0	3	26.0
0	1	0	3.0	2	1	0	15.0
0	1	1	6.1	2	1	1	20.0
0	1	2	9.2	2	1	2	27.0
0	1	3	12.0	2	1	3	34.0
0	2	0	6.2	2	2	0	21.0
0	2	1	9.3	2	2	1	28.0
0	2	2	12.0	2	2	2	35.0
0	2	3	16.0	2	2	3	42.0
0	3	0	9.4	2	3	0	29.0
0	3	1	13.0	2	3	1	36.0
0	3	2	16.0	2	3	2	44.0
0	3	3	19.0	2	3	3	53.0
1	0	0	3.6	3	0	0	23.0
1	0	1	7.2	3	0	1	39.0
1	0	2	11.0	3	0	2	64.0
1	0	3	15.0	3	0	3	95.0
1	1	0	7.3	3	1	0	43.0
1	1	1	11.0	3	1	1	75.0
1	1	2	15.0	3	1	2	120.0
1	1	3	19.0	3	1	3	160.0
1	2	0	11.0	3	2	0	93.0
1	2	1	15.0	3	2	1	150.0
1	2	2	20.0	3	2	2	210.0
1	2	3	24.0	3	2	3	290.0
1	3	0	16.0	3	3	0	240.0
1	3	1	20.0	3	3	1	460.0
1	3	2	24.0	3	3	2	1100.0
1	3	3	29.0	3	3	3	>1100.0

**Tabla 1.-** Tabla para el cálculo del Número Más Probable (NMP), según el Manual de Ecología Microbiana 1996.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a las muestras de agua analizadas, se observó que en Verano y Otoño hubo una disminución notable en la densidad bacteriana, sin embargo los valores encontrados pueden explicarse por el efecto que ejercen la radiación solar y la temperatura, los cuales son factores que controlan la sobrevivencia de las bacterias coliformes (Orozco-Borbón y Delgadillo, 1989; Becerra-Tapia y Botello, 1995).

El Verano coincidió con la época de lluvias que usualmente se presenta retardada en la región, mostrando de manera importante el incremento de la densidad de coliformes y esto se explica por la precipitación pluvial registrada en el principio de la estación, ocasionando un arrastre de bacterias proveniente del drenaje urbano de los poblados aledaños que descargan en el embalse; con esto se aportan excrementos de animales silvestres, como mamíferos y aves por el agua de lluvia (Romero-Jarero *et al.* 1981); se considera también que la precipitación pluvial tiene efectos sobre el aumento de contaminación por coliformes, porque al existir mayor mezcla en el cuerpo de agua se suspenden las bacterias que se encuentran sedimentadas y adheridas al material particulado (Rodríguez-Santiago y Botello, 1987).

Los niveles de contaminación más altos ocasionados por coliformes, con respecto a las tres ocasiones de muestreo, corresponden a las localidades denominadas La Bomba con 15000 Cél/ml; Santa Clara y San Luis con 21000 Cél/ml.; (Tabla 2.) es necesario mencionar que en estas localidades se realizan actividades pesqueras de tipo artesanal por algunos pobladores, de tal manera que se presenta contaminación bacteriana del agua cuando regresan desperdicios o realizan el procesado del producto en la orilla de la presa

(Romero-Jarero *et al.* 1982) y por si fuera poco se encuentran contiguos a estos lugares un Rancho ganadero grande de toros de lidia y el afluente de aguas negras procedente de Tlaxco.

Durante el Invierno las coliformes totales (CT) vuelven a disminuir en todo el cuerpo de agua del embalse, bajando las concentraciones hasta 0 Cél/100ml, que a su vez corresponde al nivel inferior no detectable en todos los muestreos en la estación del Fuerte Apache y 4300 Cél/ml en la estación San Luis; (Tabla 2.); al parecer la causa de los cambios drásticos en estas localidades se deben a las variaciones de temperatura que son características de presentarse con cambios de hasta 15°C en 24 horas (Pérez-Rodríguez *et al.* 1989)

Las muestras provenientes de los afluentes de los poblados Zumpango y Tlaxco resultaron con concentraciones mayores siendo 9300 y 360 Cél/ml respectivamente (Tabla 2.), lo cual indica que el primer poblado aporta la mayor cantidad de coliformes (Romero-Jarero y Rodríguez, 1987).

Sólo en algunas de las estaciones, los tres muestreos realizados se acercaron a los estándares establecidos de uso de agua para recreación en contacto humano directo (< 200 Cél/ 100ml.) tal fue el caso de la estación Fuerte Apache en el Invierno; para el riego agrícola (1000 Cél/100ml), (Tabla 2); las estaciones Santa Clara y la Bomba mantuvieron estos valores e indican que existe contaminación es crónica y grave con posibilidades de incidir en la salud en forma de enfermedades gastrointestinales, principalmente entre las personas que tienen contacto directo con el agua y las que consumen crudos o mal cocidos los organismos acuáticos que provienen de este embalse.

Los estudios bacteriológicos realizados en las muestras de agua demostraron la presencia de

*Escherichia coli*, la cual es una bacteria indicadora de contaminación fecal, ya que característicamente son Enterobacterias (Jawetz, 1992).

En relación a los factores ambientales de carácter físico y químico prevalentes en la Presa de Atlangatepec, pudo determinarse que durante el periodo de muestreos la temperatura del agua mostró cambios entre 12°C y 18°C.; el pH fluctuó entre 7.1 y 8.9; por su parte el oxígeno disuelto mostró variaciones entre 6.1 y 6.8 mg/l. En algunas muestras se identificaron bacterias patógenas como *Pleisomonas shigelloides*, presentes en Tlaxco y Zumpango; en Santa Clara, San Luis y Bomba se registró la presencia de *Proteus mirabilis* y *P. vulgaris* entre otras consideradas de menor riesgo.

De acuerdo al análisis estadístico aplicado sobre la base de conglomerados y componentes principales en relación a las especies identificadas, las estaciones de muestreo y la influencia de los parámetros fisicoquímicos, puede decirse lo siguiente: que la máxima concentración de organismos coliformes fue encontrada en las estaciones Santa Clara, San Luis y Bomba durante el otoño. De acuerdo con las densidades de coliformes las estaciones que tuvieron mayor similitud fueron San Luis, Bomba, Zacapexco y Fuerte Apache, quizá por su cercanía o por los valores

parecidos que se registraron en cada uno de ellos.

En las estaciones Fuerte Apache, Santa Clara y Zacapexco se observó una relación entre el pH y las especies *Enterobacter gergoviae*, *Serratia odorifera*, *Enterobacter agglomerans*, *Alcaligenes faecalis*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas aeruginosa* y *P. Aureofaciens*, ya que estas estaciones mostraron tendencia a la alcalinidad el cual es un factor para su sobrevivencia; por otra parte las especies *Yersinia enterocolitica* y *Proteus mirabilis*, se encontraron influenciadas por el bajo oxígeno disuelto que presentaron las estaciones San Luis y Santa Clara sin embargo están capacitadas para adecuar su metabolismo a las condiciones prevalentes. (Tabla 3)

La especies *Escherichia coli*, *Erwinia caretovora* y *Proteus vulgaris*, (Tabla 3) tuvieron estrecha relación con la elevación de la temperatura en la estación Bomba, sin embargo este no es un factor determinante para estas bacterias solamente, sino para todos los organismos del cuerpo de agua.

*Erwinia uredovora*, y *E. cypripedii* (Tabla 3), son especies que no se mostraron influenciadas por los parámetros fisicoquímicos, ya que permanecieron propiamente constantes y frecuentes en la mayoría de las localidades de trabajo. Las estaciones que mostraron mayor similitud

ESTACIÓN	PH	OXÍGENO DISUELTO	TEMPERATURA °C	CÉLULAS/100ML (NMP)
Fuerte Apache	7.5 a 8.9	6.8 a 6.2	12.0 a 18.0	0 a 7500
Santa Clara	7.2 a 8.0	6.8 a 6.4	13.5 a 16.5	360 a 21000
San Luis	7.4 a 8.3	6.6 a 6.1	14.0 a 18.0	2000 a 21000
Bomba	7.1 a 7.9	6.8 a 6.4	13.0 a 16.0	360 a 15000
Zacapexco	7.4 a 8.8	6.7 a 6.4	13.5 a 16.0	360 a 990
Tlaxco	7.3 a 7.5	6.8 a 6.4	12.0 a 16.0	360 a 9300
Zumpango	7.6 a 7.7	6.6 a 6.1	14.0 a 18.0	360 a 9000

**Tabla 2.** Factores fisicoquímicos que muestran relación con los mínimos y máximos para NMP de coliformes en las estaciones de la Presa de Atlangatepec.

durante los muestreos y al momento de ser evaluadas por su biodiversidad y cuantificación

de células, fueron las estaciones Santa Clara y San Luis, en tanto que la más diferente correspondió al Fuerte Apache

ESTACIÓN	COLIFORMES
Fuerte Apache	Erwinia uredovora E. stewartii Escherichia coli Alcaligenes fecalis Enterobacter agglomerans Pseudomonas aureofaciens
Santa Clara	Escherichia coli Proteus mirabilis Serratia odorifera Alcaligenes faecalis Pseudomonas aeruginosa
San Luis	Escherichia coli Yersinia enterocolitica Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa Serratia liquefaciens S. odorifera Proteus mirabilis
Bomba	Erwinia uredovora E. caretovora Escherichia coli Proteus vulgaris Enterobacter agglomerans
Zacapexco	Escherichia coli Proteus mirabilis Pseudomonas aerofaciens
Tlaxco	Plesiomonas shigelloides
Zumpango	Plesiomonas shigelloides

**Tabla 3.-** Especies de coliformes más frecuentes y comunes registradas en las estaciones de muestreo de la Presa de Atlangatepec.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista bacteriológico, puede decirse que este cuerpo de agua presenta un alto índice de contaminación por coliformes a lo largo del año, no obstante las drásticas variaciones climatológicas características de esta región, además la principal fuente contaminadora es alóctona, ya que las estaciones de muestreo situadas en las bocas de los afluentes y su cercanía presentaron las densidades poblacionales más altas, sugiriendo con ellos que esta contaminación es acarreada hacia la Presa, aunque no es despreciable la contaminación autóctona causada por los asentamientos humanos establecidos alrededor del embalse y de animales de la localidad.

La fuente principal de contaminación por coliformes en el embalse está constituida por la materia orgánica proveniente de sus alrededores y a las descargas de aguas negras que proceden del poblado de Tlaxco, las cuales en ambos casos drenan libremente a su interior sin ser sometidas a un tratamiento previo.

Los niveles más altos de coliformes totales se encontraron en las estaciones San Luis, Santa Clara y Bomba, además se detectó la presencia de patógenos oportunistas causantes de enteritis como *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, debido a que algunos serotipos no se incluyen dentro de la flora normal del intestino, sino que puede actuar como invasor o como forma toxigénica.

El mayor porcentaje de especies de coliformes fue asignado a *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* y varios representantes del género *Erwinia*, debido a su abundancia y frecuencia de aparición en las estaciones ubicadas en el área de estudio.

De acuerdo con los diferentes estándares de calidad del agua como agua potable, de recreación y riego agrícola, se rebasan los límites de tolerancia permitidos, lo que evidencia un problema potencial de riesgo para la salud humana en la localidad.

En algunas estaciones se determinó la relación directa entre las poblaciones de coliformes y enterobacterias con respecto al pH, Oxígeno disuelto y Temperatura; el comportamiento del oxígeno disuelto con respecto a la temperatura en las estaciones Santa Clara, San Luis y Bomba, manifiestan una relación inversa, sin embargo el pH se mantuvo propiamente de manera constante.

#### LITERATURA CITADA

- APHA, AWWA and AWACS. 1997. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14rd Ed. Amer. Public Health Association, Inc.; Washington, D.C.
- Becerra, T. N y A. V. Botello. 1995. Bacterias coliformes totales, fecales y patógenos en el sistema lagunar Chatuto-Panzacola, Chis, México. *Hidrobiológica*, 5 (1-2):87-94
- Burdon, L. y R. P. Kenneth. 1980. *Microbiología*. 1a Ed. Publicaciones Culturales S.A. México D.F. p. 81-130.
- Jawetz, E., L. J. Melnik y E.A. Adelberg. 1992. *Microbiología Médica*. Ed. Manual Moderno. 14ª Ed. México, D.F. p. 159-191.
- Manual de Laboratorio de Ecología Microbiana. 1996. 1ª Ed. Escuela Nacional de Ciencias. Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. p. 99-102.
- Mazari, H. 1981. Evaluación de la calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico y fisicoquímico en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-AA-42-1987. Calidad del agua. Determinación del Número Más Probable (NMP), de Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) y *Escherichia coli* Presuntiva.
- Orozco-Borbón, Ma. V. Delgadillo, H. F. 1989. Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la bahía de Todos Santos, Baja Cal. *Ciencias Marinas*, 15 (1): 4-69.
- Pelczar, M. J., R. Reid y E.C. Chan, 1977. *Microbiology*. 4a Ed. MacGraw-Hill Book Company. Ney York. p. 781-790.
- Prescott, M.L., J.P. Harley y A. K. Donald, 1993. *Microbiology*. 2a Ed. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque. Iowa. p. 834-835
- Pérez-Rodríguez, R., A. Malpica-Sánchez y J. Balderas. 1989. Sedimentología y Fauna Bentónica (Presa de Atlangatepec, Tlaxcala). Cuadernos CBS; Núm. 21 UAM-Xochimilco. México, D.F. 51p.
- Rodríguez, S. H. y A. V. Botello. 1987. Contaminación Enterobacteriana en la Red de agua y en algunos Sistemas acuáticos del sureste de México. *Contaminación Ambiental*. 9: 37-53.
- Romero-Jarero, J. y S. H. Rodríguez. 1981. Niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas Fluvio-Lagunares asociados a la Laguna de Términos, Campeche. *Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM 8 (1): 63-68.

- Romero-Jarero, J. y S. H. Rodríguez. 1982. Niveles actuales de contaminación coliforme en el Sistema Lagunar del Carmen- Machona, Tabasco. Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología UNAM. 9 (1) :121- 126.
- SEMARNAP. 1995. Anuario Estadístico de pesca. 1ª Edición. México, D.F. p.41-50
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 1998 Epidemiología. 15 (8):1-10
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 1998. Epidemiología. 15 (22): 1-10
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 1998 Epidemiología. 15 (33):1-10