

Evaluación microbiológica de la laguna de Tamiahua, Veracruz, en el ciclo 1994-1995

Guadalupe Barrera-Escorcia¹, Irma Wong-Chang²,
Alma S. Sobrino-Figueroa¹, Xóchitl Guzmán-García¹,
Fabiola Hernández-Galindo¹ y Fernando Saavedra-Villeda¹.

¹Laboratorio de Contaminación y Bioensayos. CBS. UAMI. Apartado Postal 55-535, México, D.F.

²Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Apartado Postal 70-305, México, D.F.

Barrera-Escorcia, G., I. Wong-Chang, A. S. Sobrino-Figueroa, X. Guzmán-García, F. Hernández-Galindo y F. Saavedra-Villeda, 1999. Evaluación microbiológica de la laguna de Tamiahua, Veracruz, en el ciclo 1994-1995. *Hidrobiológica* 9 (2): 125-134.

RESUMEN

La contaminación bacteriológica de la Laguna de Tamiahua se evaluó, en agua, sedimento y ostión, por el método de tubos múltiples (Número Más Probable), utilizando como indicadores a las bacterias coliformes y estreptococos fecales. Se midieron simultáneamente: pH, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura. Se realizaron muestreos en mayo, septiembre (1994) y marzo (1995). La parte central de la laguna presentó una severa contaminación, superando las 2,400 coliformes/100 ml en agua y las 240,000 coliformes/100 g en sedimento. La calidad sanitaria del agua fue inadecuada para cultivo de moluscos, considerándose contaminadas hasta el 63% de las muestras por coliformes fecales, también fue inadecuada para la recreación con contacto primario y para la protección de la vida acuática, ya que el 26% de las muestras rebasaron los límites. Las condiciones de la laguna se han visto deterioradas comparando con estudios previos. El ostión fue inadecuado para consumo humano, el máximo registro fue de 15,000 coliformes fecales/100g y de 4,300 estreptococos fecales/100g. Los estreptococos fecales superaron las 2,400 bacterias/100 ml en agua y 24,000 bacterias/100g en sedimento, presentando estacionalidad, su presencia fue escasa en época de lluvia. Este grupo demostró su valor como indicador complementario en muestras cuyas concentraciones de coliformes no rebasaron los límites. Las relaciones entre parámetros fisicoquímicos y bacterias fueron generalmente poco relevantes; el pH y temperatura tuvieron poca variación. El oxígeno disuelto tuvo una relación directa con coliformes fecales y estreptococos, coincidiendo las mayores concentraciones del primer grupo con los niveles de oxígeno disuelto más altos y la escasa presencia del segundo grupo en sitios con bajos niveles de este parámetro. La salinidad tuvo valores bajos en sitios con altas concentraciones de bacterias, aunque se encontraron altas concentraciones de bacterias en sitios de influencia marina debido a los aportes de la ciudad de Tamiahua.

Palabras clave: calidad sanitaria, coliformes, estreptococos, moluscos, Tamiahua, Golfo de México.

ABSTRACT

The Tamiahua lagoon bacteriological pollution was evaluated, in water, sediments and oyster, through the multiple tubes method (Most Probable Number), utilizing faecal coliforms and streptococci bacteria as indicators. Physicochemical parameters: pH, dissolved oxygen, salinity and temperature were measured. The samplings were performed in May, September (1994) and March (1995). The central part of the lagoon showed a severe pollution surpassing the 2,400 coliforms/100 ml in water and 240,000 coliforms/100g in sediment. The water quality was inadequate for mollusk cultivation, the 63% of the samples were polluted by cultivate faecal coliforms; it was inadequate for recreation with primary contact and for the protection of the aquatic life too, because 26% of the samples exceeded the limits. The lagoon conditions have shown deterioration comparing with previous studies. The oyster was inadequate

for human consumption, with a maximum of 15,000 faecal coliforms/100 g and 4,300 cultivate faecal streptococci/100g. The faecal streptococci surpassed the 2,400 bacteria/100 ml in water and 24,000 bacteria/100g in sediment and presented seasonality with low incidence in water during rainy season. This group had value as complementary indicator, in samples that not exceeded the limits by coliforms. The relationships between the physicochemical parameters and bacteria showed low importance. The pH and temperature had few variations. The dissolved oxygen had a direct relationship with faecal coliforms and streptococci, the greater concentrations of the first group were associated with the higher levels of dissolved oxygen and the scarce presence of the second group with sites with oxygen low levels. The salinity had low values in localities with high concentrations of bacteria, though it was found high concentrations of bacteria in sites with marine influence, due to discharges of the Tamiahua city.

Key words: sanitary quality, coliforms, streptococci, molluscs, Tamiahua, Gulf of México.

INTRODUCCIÓN

El agua residual contiene bacterias, hongos, virus, protozoarios y metazoarios en diversas formas (Rheinheimer, 1987), los cuales pueden ser introducidos a los ecosistemas costeros, por las descargas de aguas negras a través de drenajes y escorrentías. Su presencia implica el deterioro de la calidad sanitaria del agua y de los organismos que en ella se desarrollan, particularmente aquellos destinados al consumo humano, pudiendo actuar como transmisores de enfermedades (Hood *et al.*, 1983).

La contaminación por microorganismos provenientes del agua residual, se tipifica a través del grupo coliforme, utilizado ampliamente en el análisis de la calidad del agua y en organismos de consumo humano, como los moluscos, cuyos hábitos alimenticios (filtración) favorecen la retención de bacterias (Dutka, 1979; Al-Jebouri y Trollope, 1984; Hobson y Poole, 1988). Los estreptococos fecales también han sido utilizados como indicadores complementarios, que permiten establecer el origen de la contaminación, ya que se asocian principalmente al aporte de heces fecales de animales (APHA, 1989).

En México existen pocos registros sobre contaminación microbiológica en cuerpos de agua naturales. La mayor parte de los estudios se han realizado en tomas de agua potable y diversos depósitos (Marín, 1991), así como en organismos con posibilidad de ser consumidos crudos (Rosas, *et al.*, 1985; Rodríguez-Santiago y Botello, 1987). El trabajo de Martínez-Manzanares *et al.* (1993), es uno de los pocos estudios que relaciona la contaminación del agua y el contenido microbiológico de los organismos que en ella se desarrollan. Las zonas estuarino/lagunares retienen nutrientes y contaminantes, además de ser habitats con una gran diversidad de especies (Contreras, 1993), en estas se incorporan bacterias de origen fecal y materia orgánica que pueden brindarles alimento y protección, por lo que las condiciones sanitarias de estas zonas afectan importantes recursos explotables. La laguna de Tamiahua tiene una

importancia fundamental por su producción pesquera, siendo el ostión una fuente principal de ingresos (Ibañez y Campos, 1991). Este es consumido localmente, así como enviado a la ciudad de México. La producción de ostión en el estado de Veracruz (18,005 ton en 1996), proviene principalmente de las lagunas de Pueblo Viejo y Tamiahua, y en menor proporción de las lagunas de Mandinga y Alvarado (Anuario Estadístico de Pesca, 1996; MacKenzie y Wakida-Kusunoki, 1997). Además, de la laguna de Tamiahua se extrae jaiba y camarón, así como peces de importancia comercial como la lisa, la lebrancha, el jurel y el robalo, entre otros (Franco-López y Chávez-López, 1992).

Estudios anteriores realizados en esta laguna (Rosas *et al.*, 1985; Barrera, 1995), basados en los indicadores de contaminación fecal, como son los grupos coliformes (totales y fecales) y estreptococos fecales, indican que la calidad sanitaria del agua no es apta para el cultivo de moluscos y puede afectar a organismos que ahí se desarrollan.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio de la contaminación bacteriológica en agua, sedimento y ostión, con la finalidad de precisar las zonas más impactadas en la laguna, así como el comportamiento estacional de estas bacterias en relación a algunos parámetros fisicoquímicos.

ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Tamiahua (Fig. 1) es un sistema estuarino-lagunar, ubicado en la porción occidental de las costas del Golfo de México, en el estado de Veracruz, entre las coordenadas geográficas extremas 21° 06' y 22° 05' de latitud norte y los 97° 23' y 97° 46' de longitud oeste (Contreras, 1993).

Su profundidad promedio es de 2.2 m (De la Lanza y Cáceres, 1994). Su clima es cálido húmedo con lluvias en

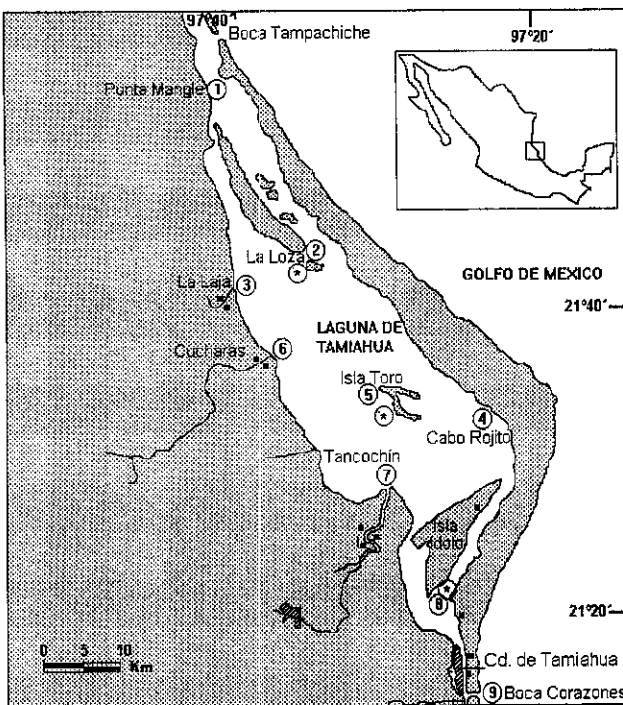


Figura 1. Localidades de colecta \odot Banco ostrícola.

verano, la temporada de lluvias se extiende de agosto a noviembre y la de secas de mayo a julio. La temperatura promedio del agua es de 26°C y la salinidad promedio es de 26.6 ‰. En ella descargan numerosos esteros, entre los que destacan: La Laja, Chucharas y Tancochín que reciben los aportes de agua residual de las poblaciones de La Laja, Chucharas y Naranjos respectivamente, así como los asentamientos humanos ubicados en las riberas. Actualmente cuenta con dos bocas: una al norte del sistema, la Boca de Tampachiche y otra al sur, la Boca de Corazones, esta última se encuentra frente a la ciudad de Tamiahua. La vegetación circundante se compone principalmente de manglar y en las playas se encuentra vegetación pionera (Contreras, 1993). Los sedimentos son de tipo limo-arcilloso procedentes de los esteros o de la erosión de las islas (Ayala-Castañares *et al.*, 1969).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las colectas se llevaron a cabo en los meses de mayo, septiembre (1994) y marzo (1995), en nueve estaciones (Fig. 1), con la siguiente ubicación: cerca de las bocas de Tampachiche (1) y de Corazones (9), frente a las desembocaduras de esteros (3, 6 y 7), asociadas a bancos de ostión (2, 5 y 8) y en el extremo este de la laguna (4). Se

tomaron muestras de agua superficial (10 cm y 50 cm), manualmente con frascos estériles con capacidad de 100 ml, así como de sedimento, el cual se colectó con una draga tipo Van Veen de 3 litros de capacidad eliminando los primeros 5 mm, obteniéndose submuestras de 20 cc por medio de jeringas estériles sin punta (Lizárraga-Partida *et al.*, 1987), que fueron colocadas en recipientes estériles. Las muestras de ostión se extrajeron de dos bancos, uno ubicado al norte de la laguna y otro en la parte sur de la Isla del Idolo. En marzo de 1995 se incluyó una colecta más de la parte central de la laguna. Todas las muestras se colocaron en bolsas de plástico y después en hielo para su transporte al laboratorio. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos de la siguiente manera: la temperatura del agua fue tomada con termómetro de cubeta, la salinidad con salinómetro de inducción de Beckman RS7-C, el pH con un potenciómetro de campo Conductronic y el oxígeno disuelto por el método de Winkler modificado (Strickland y Parson, 1977). Los resultados de dichas cuantificaciones fueron generados en el Laboratorio de Ecosistemas Costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Los números más probables (NMP) de bacterias cultivables se obtuvieron a través de la técnica de tubos múltiples de fermentación con tres diluciones y tres réplicas, siguiendo las secuencias de cultivo propuestas por APHA (1989). El procesamiento de las muestras de ostión siguió el procedimiento de APHA (1970). Para el grupo de coliformes totales cultivables (CTC) se realizó la siembra de enriquecimiento en caldo lactosado y la resiembra de los tubos positivos en caldo Bilis Verde Brillante al 2% para su confirmación, ambos incubados a 35°C (+/-0.5), realizando conteos a las 24 y 48 horas. El grupo coliformes fecales cultivables (CFC) se determinó con la resiembra de los tubos positivos en caldo EC, cuya incubación se realizó a 44.5°C (+/-0.2). Para el grupo estreptococos fecales cultivables (EFC) se siguió la secuencia propuesta por MERCK (1982) para tubos múltiples de fermentación, con enriquecimiento en caldo azida dextrosa y resiembra de los tubos positivos en caldo púrpura de bromocresol azida, incubados a 35°C (+/-0.5).

La calidad sanitaria del agua para cultivo de moluscos se determinó de acuerdo a los límites (70 CTC/100 ml y 14 CFC/100 ml) indicados en el "Reglamento para la prevención de la contaminación del agua" (Diario Oficial de la Federación 1973 y 1975) y los "Criterios ecológicos de calidad del agua" (Diario Oficial de la Federación 1989). Debido a que no hay límites establecidos en la legislación mexicana sobre la concentración de CTC para recreación con contacto primario, se utilizó el criterio de Rheinheimer (1987) para su evaluación (500 CTC/100 ml). Los estreptococos que se encuentran en la misma situación, fueron analizados

tomando en cuenta como base las concentraciones de CFC, ya que estas son similares en diferentes tipos de agua y los límites establecidos en diversos países son semejantes (Evison, 1979; Rheinheimer, 1987). La calidad sanitaria del ostión se evaluó con las concentraciones de CFC de acuerdo

al método de tubos múltiples con tres replicas de la Food and Drug Administration (FDA, 1992). Las pruebas estadísticas aplicadas fueron no paramétricas: la prueba de Kruskal-Wallis para establecer diferencias entre las colectas y el índice de correlación de Spearman (Elorza,

Tabla 1. Concentraciones de bacterias cultivables en agua y sedimento de la laguna de Tamiahua.

Mayo 1994		Coliformes totales (NMP/100 ml o g)			Coliformes fecales (NMP/100 ml o g)			Estreptococos fecales (NMP/100 ml o g)		
Est.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm.	50 cm.	Sed.	
1	15	4	NC	15 *	NC	NC	81 *	NC	NC	
2	14	39	1,100	4	14	1,500	23 *	18 *	NC	
3	210 *	23	300	20 *	23 *	230.	>2,400 **	NC	NC	
4	460 *	11	24,000	150 *	7	24,000	NC	NC	400	
5	>2,400 **	>2,400 **	46,000	187 *	>2,400 **	46,000	NC	1,100 **	NC	
6	240 *	93 *	4,300	23 *	93 *	NC	NC	9	24,000	
7	240 *	61	900	240 **	61 *	NC	NC	NC	NC	
8	75 *	NC	NC	75 *	NC	NC	NC	NC	NC	
9	7	240 *	NC	7	240 **	NC	NC	NC	NC	
Septiembre 1994		Coliformes totales (NMP/100 ml o g)			Coliformes fecales (NMP/100 ml o g)			Estreptococos fecales (NMP/100 ml o g)		
Loc.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm	50 cm	Sed.	
1	23	75 *	NC	NC	3	NC	NC	NC	NC	
2	9	9	400	NC	NC	400	NC	NC	400	
3	>2,400 **	21	2,300	23 *	3	NC	NC	NC	NC	
4	>2,400 **	43	NC	3	7	400	NC	NC	NC	
5	>2,400 **	15	2,300	NC	NC	400	NC	NC	NC	
6	>2,400 **	>2,400 **	9,300	NC	11	2,300	NC	NC	300	
7	>2,400 **	460 *	>240,000	>2,400 **	460 **	>240,000	NC	NC	1,500	
8	460 *	43	7,500	460 **	15 *	7,500	4	NC	NC	
9	460 *	93 *	NC	240 **	93 *	NC	NC	NC	NC	
Marzo 1995		Coliformes totales (NMP/100 ml o g)			Coliformes fecales (NMP/100 ml o g)			Estreptococos fecales (NMP/100 ml o g)		
Est.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm.	50 cm.	Sed.	10 cm.	50 cm.	Sed.	
1	93 *	15	1,100	93 *	15 *	1,100	NC	4	NC	
2	43	210 *	NC	43 *	210 **	NC	4	93 *	NC	
3	7	93 *	900	7	43 *	900	NC	23 *	NC	
4	>2,400 **	>2,400 **	900	>2,400 **	>2,400 **	900	39 *	460 **	NC	
5	>2,400 **	240 *	300	>2,400 **	240 **	300	43 *	NC	NC	
6	460 *	11	700	460 **	11	300	4	NC	NC	
7	15	43	4,380	7	23 *	2,710	3	21 *	NC	
8	21	15	400	15 *	15 *	NC	NC	3	NC	
9	>2,400 **	NC	400	>2,400 **	NC	NC	3	3	NC	

Estaciones: 1 Punta mangle; 2 La Loza; 3 La Laja; 4 Cabo Rojito; 5 Isla del Toro; 6 estero Cucharas; 7 estero Tancochín; 8 sur de la Isla del Idolo; 9 Boca de Corazones; NC: no cultivables.

* Muestras que rebasan los límites para cultivo de moluscos bivalvos, 70 CTC/100 ml y 14 CFC o EFC /100 ml.

** Muestras que rebasan los límites para recreación con contacto primario y protección de la vida acuática, 500 CTC/100 ml. (Rheinheimer, 1987) y 200 CFC/100 m.

1987), para establecer similitudes en el comportamiento de bacterias y parámetros fisicoquímicos, utilizando el paquete de Statgraphics (Salgado, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se presentan las concentraciones de bacterias coliformes y estreptococos fecales cultivables en agua y sedimento de la laguna de Tamiahua. Las muestras de agua de 10 cm de profundidad tuvieron diferencias significativas respecto al agua de 50 cm ($Z=2.87$, $\alpha < 0.01$ por la prueba de Kruskal-Wallis), observándose altas concentraciones de CTC a los 10 cm en la parte central de la laguna en todas las colectas ($> 2,400$ CTC/100ml). En agua de 50 cm de profundidad, los límites se rebasaron con menor frecuencia, aunque las concentraciones más altas se presentaron también en la parte central.

Las mayores concentraciones de CFC en agua, también se encontraron en la parte central de la laguna en marzo de 1995, pero en las colectas anteriores no se presentó este patrón.

Las concentraciones en sedimento fueron altas frente al estero Tancochín ($> 24,000$ CTC y CFC/100g), en el mes de septiembre de 1994.

El grupo de EFC presentó estacionalidad, lo cuál fue evidente por la prueba de Kruskal-Wallis, con una $Z=8.51$ y $\alpha = 0.03$ en agua de 10 cm y $Z=9.95$, $\alpha < 0.01$ en agua de 50 cm de profundidad, encontrándose las máximas concentraciones en mayo y siendo escasas en septiembre. Las mayores concentraciones en sedimento se presentaron en la colecta del mes de mayo frente a la desembocadura del estero Cucharas (24,000 EFC/100g), mientras que en el mes de marzo este grupo no fue detectado.

En términos generales, la calidad sanitaria de la laguna, fue inadecuada para el cultivo de moluscos, ya que en el agua, los límites de CTC fueron rebasados en el 54% de las muestras, el 63% rebasó los límites para CFC y el 20% para EFC. Estos datos podrían reflejar un aumento de la contaminación fecal, ya que en estudios realizados en el ciclo 1987-1988 (Barrera, 1995), el cuerpo lagunar se consideró inadecuado para el cultivo de moluscos bivalvos, con una proporción de muestras contaminadas por CTC de 59% y 21% por EFC. Sin embargo, la proporción de muestras contaminadas por CFC fue de 34%, es decir, aproximadamente la mitad respecto al porcentaje obtenido en la presente investigación.

Se consideró que hubo un deterioro en la calidad sanitaria del agua, ya que el 26 % de las muestras rebasó los

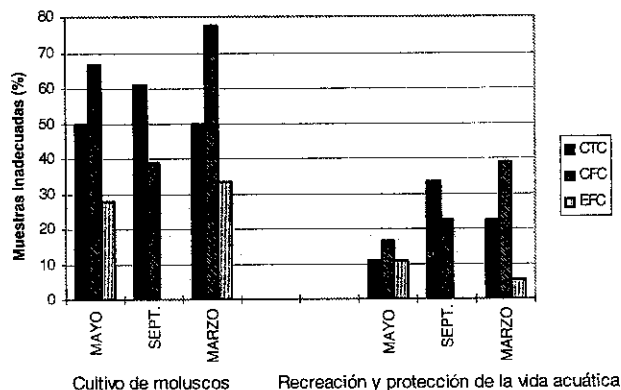


Figura 2. Muestras de agua que rebasan los límites establecidos para cultivo de moluscos por colecta. CTC, Coliformes totales cultivables; CFC, Coliformes fecales cultivables; EFC, Estreptococos cultivables.

límites para recreación y protección de la vida acuática con base en los CFC, mientras que en el ciclo 1987-1988 sólo el 9% de las muestras rebasó éstos límites (Barrera, 1995). La calidad del agua presentó variaciones en el periodo analizado (Fig. 2).

El ostión presentó mala calidad para su consumo en todos los muestreos, pero particularmente en marzo, las concentraciones fueron altas, alcanzando 15,000 CFC/100g en la Isla del Toro ubicada en la parte Central (Tabla 2). Los grupos CTC y EFC no tienen límites establecidos en las normas mexicanas para contenidos en ostión, sin embargo llegaron a registrarse altas concentraciones en las muestras (46,000 CTC/100g y 4,300 EFC/100g).

El ostión reflejó la calidad sanitaria del agua en la mayor parte de los casos, con excepción de la muestra colectada en la localidad de la Loza en el mes de septiembre. En este caso se registraron 400 CFC/100g en sedimento, misma concentración que fue encontrada en el ostión, lo cual hace suponer que exista alguna relación entre los contenidos de bacterias de sedimento y la acumulación de estas en el ostión.

Las normas para evaluar la calidad del ostión para su consumo y del agua para el cultivo de moluscos están basadas sólo en CFC, considerando lo anterior en la colecta de marzo, el ostión de la Isla del Idolo presentó buena calidad y el agua apenas rebasó los límites con 15 CFC/100 ml, sin embargo, se registraron altas concentraciones de EFC (4,300 bac/100g). De manera que el uso de un sólo indicador (CFC) podría ser insuficiente, para establecer la calidad sanitaria del ostión y del agua.

La parte central de la laguna presentó una marcada contaminación originada por coliformes, que parece indicar

Tabla 2. Concentraciones de bacterias cultivables en muestras de ostión (*Crassostrea virginica*).

	Localidad	Coliformes totales (NMP/100 g)	Coliformes fecales (NMP/100 g)	Estreptococos fecales (NMP/100 g)
Mayo 1994	2. Loza	300	300	NC
	8. I. Idolo	NC	900 *	NC
Sept. 1994	2. Loza	900	400 *	NC
	8. I. Idolo	1,500	400 *	NC
Marzo 1995	2. Loza	7,500	7,500 *	NC
	5. I. Toro	46,000	15,000 *	NC
	8. I. Idolo	300	300	4,300

* Muestras no aptas para consumo humano 330 CFC o EFC/100 g; NC, no cultivables

la importancia de los aportes de aguas residuales arrastradas por los esteros Cucharas y Tancochín. Ambos esteros reciben descargas de la ciudad de Cucharas y Naranjos respectivamente, de pequeños poblados ubicados en sus riberas y de industrias. Estos aportes podrían ser el origen de las altas concentraciones de bacterias registradas en Cabo Rojito e Isla del Toro, las cuales se encuentran en la parte media de la laguna. Las altas concentraciones de bacterias hacen suponer que existen factores que favorecen su permanencia, tales como las corrientes superficiales. La hidrodinámica de la laguna es fuerte pero constante, generada por las corrientes de mareas y los vientos en la margen oriental de la laguna alrededor de la Isla Juana Ramírez y en la Boca de Corazones. Las corrientes de las desembocaduras de los ríos son bajas pero fluctuantes y transportan partículas, que al entrar en un medio de aguas quietas depositan su carga (Botello, 1994).

Los estreptococos fueron escasos, presentándose las mayores concentraciones hacia el norte de la laguna en el estero La Laja (>2,400 EFC/100ml). Algunas especies de EFC se originan en el tracto digestivo de animales de granja y este grupo de bacterias es más resistente al estrés ambiental en aguas costeras que el grupo coliforme (Godfree et al., 1997). Se considera que, debido a que hay pocos asentamientos humanos en la zona norte, los ranchos y potreros podrían contribuir a la contaminación por animales de granja. Sin embargo, el hecho de que las CFC tengan concentraciones mayores a pesar de ser menos resistentes que los EFC, hace suponer que los aportes de aguas residuales de las poblaciones sean determinantes en la laguna.

La presencia de bacterias entéricas de origen humano en ambientes costeros se considera indeseable para peces y otros organismos como jaibas, ya que aunque no incluyan

bacterias patógenas para ellos, favorecen la entrada de infecciones divesas (Austin y Allen-Austin, 1985; Welsh y Sizemore, 1985), por lo que las condiciones sanitarias de un cuerpo de agua pueden afectar a diversas especies explotables que se desarrollan en ella.

En la Tabla 3, se presenta el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en la laguna.

Los registros de la temperatura de la laguna fueron bastante uniformes (29.1°C promedio), con un registro mínimo de 26.5°C, y un máximo de 30.9°C, sin variaciones importantes entre las colectas. La zona con temperaturas más homogéneas se ubicó en la parte central, los valores más altos se localizaron frente al estero Cucharas y al sur de la isla del Idolo. Se observó una relación inversa entre estreptococos fecales y temperatura de acuerdo al índice de correlación de Spearman ($r = -0.63$, $\alpha < 0.01$), ya que en septiembre prácticamente no se registró la presencia de este grupo, y la temperatura promedio de esta colecta fue la más alta (29.7°C).

Respecto al pH, se encontró cierta relación con los grupos de bacterias analizados ($r = 0.45$, $\alpha = 0.02$, con CTC; $r = -0.51$, $\alpha = 0.01$ con EFC), sin embargo los resultados de este parámetro mostraron poca variación, el registro mínimo fue de 8.1 y el máximo de 9.0, con un promedio de 8.5, de manera que estas relaciones, a pesar de ser estadísticamente significativas se consideran poco relevantes desde un punto de vista biológico.

El oxígeno disuelto, tuvo un valor mínimo de 2.1 mg/l en septiembre y un máximo de 9.5 mg/l en marzo, con un promedio general de 5.7 mg/l. Se observó una relación directa de las CFC ($r = 0.63$, $\alpha < 0.01$), y los EFC ($r = 0.51$, $\alpha = 0.01$), con este parámetro. Las concentraciones más altas de CFC se presentaron en la parte central de la laguna

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos registrados en la laguna de Tamiahua.

Est.	Mayo 1994				Septiembre 1994				Marzo 1995			
	Temp (°C)	pH	Salinidad (‰)	O. D. (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Salinidad (‰)	O.D. (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Salinidad (‰)	O.D. (mg/l)
1	26.5	8.3	30.6	4.7	28.6	8.7	19.0	3.5	28.0	8.3	22.4	7.3
2	27.7	8.1	21.1	6.0	30.5	8.3	17.9	3.3	28.0	8.2	20.3	8.2
3	28.6	8.3	18.3	5.5	29.0	8.7	14.7	2.3	29.0	8.4	17.1	8.0
4	29.2	8.1	20.3	6.2	29.4	8.6	18.5	2.3	28.0	8.4	17.9	8.5
5	29.9	9.0	19.4	6.1	29.4	8.6	17.7	2.3	28.0	8.4	17.8	8.9
6	30.6	9.0	17.7	6.2	30.9	8.8	14.9	2.1	30.0	8.3	16.3	9.5
7	29.0	8.4	33.3	5.8	28.8	-	14.4	6.1	29.0	8.5	17.3	5.7
8	29.8	8.4	34.9	5.8	30.9	-	17.8	6.3	30.0	8.3	17.4	6.2
9	29.2	8.7	35.5	5.7	30.2	-	16.9	6.2	28.0	8.5	37.4	5.7
M	30.6	9.0	35.5	6.2	30.9	8.9	19.0	3.5	30.0	8.5	37.4	9.5
m	26.5	8.1	17.7	4.7	28.6	8.3	14.4	2.1	28.0	8.2	16.3	5.7
P	28.9	8.5	25.6	5.8	29.7	8.6	16.9	3.6	28.7	8.4	20.4	7.6

Estaciones: 1 Punta mangle; 2 La Loza; 3 La Laja; 4 Cabo Rojito; 5 Isla del Toro; 6 estero Cucharas; 7 estero Tancochín; 8 sur de la Isla del Idolo; 9 Boca de Corazones; M, Máximo; m, mínimo; P, Promedio.

en la colecta de marzo, en la que los registros de oxígeno disuelto fueron más altos (8.0 y 9.5 mg/l). Por otro lado, los EFC, cuya presencia fue mínima en septiembre, se asociaron a los valores más bajos de oxígeno, que se presentaron en la parte central (2.1 a 2.3 mg/l). La zona sur de la laguna tuvo en términos generales valores uniformes que flucturaron solamente entre 5 y 6 mg/l. A pesar de estas relaciones, la influencia de este parámetro parece no ser determinante en la presencia de los grupos bacterianos analizados ya que estos sobreviven en bajas tensiones de oxígeno y se consideran bacterias aerobias facultativas (Brock *et al.*, 1984).

La salinidad tuvo un valor promedio de 21 ‰, la variación fue desde 14.4‰, frente al estero Tancochín en septiembre, hasta 37.4‰, en la boca de Corazones en marzo. La influencia marina se localizó en ambas bocas de la laguna en mayo y sólo en la Boca de Corazones en marzo; la mayor parte de las muestras tuvieron una salinidad intermedia entre 14 y 17 ‰ y fue bastante uniforme en septiembre. La correlación entre CTC y este parámetro ($r = -0.30$, $\alpha = 0.14$) fue negativa, sin embargo, los registros de altas concentraciones de bacterias (CTC) en sitios de influencia marina, indica que estos organismos pueden sobrevivir en agua de mar cuando se presentan altas concentraciones de materia orgánica provenientes de aguas residuales, adaptándose a situaciones de estrés y modificando sus respuestas fisiológicas, lo que les permite

soportar altas salinidades (Munro *et al.* 1987). En marzo, la Boca de Corazones presentó en agua superficial más de 2,400 CTC/100 ml y la salinidad fue de 37.4‰. En el mismo sitio, se encontró una concentración de 9,868 CTC/100 ml, en una salinidad de 35.1‰, en el ciclo 1987-1988 (Barrera, 1995). Grimes y Colwell (1986), han demostrado el crecimiento de cepas de *E. coli* patógenas en salinidades de hasta 38 ‰.

La época de lluvias se acompaña de una disminución en la salinidad por escorrentías, además de una modificación en la tasa de sedimentación e introducción de aguas residuales y de nutrimentos en las zonas costeras (Coles y Jokiel, 1992), que pueden aumentar las concentraciones de materia orgánica y microorganismos. La resuspensión de bacterias del sedimento puede incrementar el contenido de bacterias en agua (Rheinheimer, 1987), esto podría explicar las altas concentraciones de coliformes en la colecta de septiembre. La entrada de materia orgánica y la resuspensión de sedimento se han asociado a una disminución en el oxígeno disuelto (Boto, 1992). Así, los bajos niveles de oxígeno en el agua en septiembre, se relacionan con las altas concentraciones de coliformes. Por otro lado, Fujioka, *et al.* (1981), puntualizan que los estreptococos fecales son más resistentes que los coliformes a niveles altos de salinidad. La escasa presencia de este grupo en la colecta de septiembre puede ser el resultado de condiciones ambientales más favorables para las coliformes.

CONCLUSIONES

La calidad sanitaria del agua de la laguna fue inadecuada para cultivo de moluscos, la recreación con contacto primario, y la protección de la flora y la fauna. Se considera que las condiciones de la laguna se han deteriorado, ya que para el ciclo 1987-1988 (Barrera, 1995), sólo se encontró inadecuada para cultivo de moluscos.

La parte central de la laguna fue la más contaminada por bacterias coliformes (CTC y CFC). Los aportes de aguas residuales afectaron evidentemente la calidad del agua frente a los esteros de Cucharas y de Tancochín. La influencia de la ciudad de Tamiahua se hizo patente en la Boca de Corazones, donde se encontraron altas concentraciones de coliformes a pesar de su alta salinidad. Las concentraciones de coliformes fueron altas en todas las colectas.

La contaminación se atribuye a los aportes de los esteros mencionados y a los asentamientos ubicados a orillas de la laguna. Las altas concentraciones de estreptococos en la parte norte de la laguna se atribuyen a los potreros y ranchos con animales de granja.

La calidad sanitaria del ostión fue mala, en la colecta de marzo, presentando los mayores niveles de contaminación en los organismos extraídos de la Isla del Toro, por el contrario, las muestras de la Isla del Idolo no rebasaron los límites de acuerdo a las normas, pero presentaron altas concentraciones de estreptococos, el cuál no está incluido en la legislación mexicana.

Únicamente se presentó estacionalidad en el grupo de estreptococos fecales, cuyos niveles no se consideraron peligrosos en el periodo analizado.

Las escorrentías derivadas de las lluvias pueden tener una influencia muy importante en el contenido de bacterias de origen fecal de la laguna, independientemente de los aportes constantes.

Las altas concentraciones de bacterias en sitios de influencia marina como la Boca de Corazones se atribuyen a la ciudad de Tamiahua.

Es recomendable que exista un control de vertimientos, eliminando los aportes directos, además de un programa de control regional de tratamiento de aguas residuales para evitar un mayor deterioro de la laguna, con un monitoreo regular de los parámetros bacteriológicos en agua y ostión que determinen la calidad sanitaria. También, debe incluirse el análisis en sedimento, ya que este puede presentar altas

concentraciones e influir en los contenidos en el ostión. A pesar de la incorporación de bacterias de manera constante y de que la permanencia de éstas en la laguna se vea favorecida, existe la posibilidad de mejorar sus condiciones si se reducen los aportes con un manejo adecuado.

Para establecer el riesgo sanitario asociado a la presencia de estos grupos bacterianos en las zonas costeras mexicanas, se requiere de la determinación de su patogenicidad y resistencia.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del Convenio 400200-5-3232-T y de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Los datos de parámetros fisicoquímicos fueron proporcionados por el Lab. de Ecosistemas Costeros, Dpto. de Hidrobiología, UAMI. Las colectas tuvieron el apoyo de: Sergio Castillo S., Marco A. Pérez H., Federico Suárez T., Esteban Hernández V., Rafael Bazán A. y Teresa López Barreiro.

LITERATURA CITADA

- AL-JEBOURI, M. M. y D. R. TROLLOPE, 1984. Indicador bacteria of fresh-water and marine molluscs. *Hidrobiologia* 111: 93-102.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA, 1996. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 273 p.
- APHA (American Public Health Association), 1970. *Recommended procedures for the bacteriological examination of water and shell-fish*. 4th. Ed. APHA, N.Y. 105 p.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), 1989. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17^a Ed. APHA, Washington. 1220 p.
- AUSTIN, B. y D. ALLEN-AUSTIN, 1985. Microbial quality of water in intensive fish rearing. *J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement*: 207S-226S.
- AYALA-CASTAÑARES, A, A. GARCÍA-CUBAS, R. CRUZ y R. SEGURA, 1969. Síntesis de los conocimientos de la geología marina de la Laguna de Tamiahua, Ver., México. En: AYALA-CASTAÑARES A. y F. B. PHLEGER (Comps.) *Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO. México. 39-48.
- BARRERA, E. G., 1995. Contaminación exógena de origen fecal en la laguna de Tamiahua, Veracruz y su influencia en tres especies

- de importancia comercial. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 60 p.
- BOTELLO, A. V., 1994. Reporte final del proyecto multidisciplinario: "Evaluación Ambiental de las lagunas costeras de Pueblo Viejo, Tamiahua y Tampamachoco, Veracruz, para el aprovechamiento y conservación de su biodiversidad". Div. CBS, UAM-I, México. 98 p.
- BOTO, K. G., 1992. Nutrients and mangroves. En: Connell, D.W. y D.W. Hawker (Eds.). *Pollution in Tropical Aquatic Systems*. CRC Press, Inc., London. 129-145.
- BROCK, T. D., D. W. SMITH y M. T. MADIGAN, 1984. *Microbiología*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 906 p.
- COLES, S. L. y P. L. JOKIEL, 1992. Effects of salinity on coral reefs. En: CONNELL, D. W. y D. W. HAWKER (Comps.). *Pollution in Tropical Aquatic Systems*. CRC Press, Inc., London. 147-166.
- CONTRERAS, E. F., 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma Metropolitana. México. 155-156.
- DE LA LANZA, E. G. y M. C. CÁCERES, 1994. *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. UABC-UNAM. México. 525 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1973. Reglamento para la Prevención de la Contaminación del Agua. 23 de marzo. 31 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1975 Decreto que modifica los Artículos 24 y 70 del Reglamento para la Prevención de la Contaminación del Agua. 22 de diciembre. 22 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1989. Criterios Ecológicos de Calidad del agua. 13 de diciembre. CCE-CCA-001/89. 26-36.
- DUTKA, B. J., 1979. Microbiological Indicators, problems and potential of new microbial indicators of water quality. En: JAMES A. y L. EIVSON (Comps.). *Biological Indicators of Water Quality*. John Wiley and Sons Inc. 6B: S1- S28.
- ELORZA, H., 1987. Estadística para las ciencias del comportamiento. Ed. Harla, México. 571 p.
- EIVSON, L., 1979. Microbial parameter of raw water quality. pp. 16-1 - 16-19. En: A. JAMES y L. EIVSON (Comps.). *Biological Indicators of Water Quality*. J. Wiley and Sons, Gran Bretaña.
- FRANCO-LÓPEZ, J. y R. CHÁVEZ-LÓPEZ, 1992. Síntesis sobre el conocimiento de la ictiofauna de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Hidrobiológica* 3/4:53-63.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1992. *National shellfish sanitation program manual of operations*. U.S. National Shellfish Program. Shellfish Sanitation FDA. Washington, D.C. 10-87.
- FUJIOKA, R. S., H. H. HASHIMOTO, E. B. SIWAK y R. H. YOUNG, 1981. Effect of sunlight on survival of indicator bacteria in sea water. *Applied Environmental Microbiology* 41(3): 680-686.
- GRIMES, D. J. y R. R. COLWELL, 1986. Viability and virulence of *Escherichia coli* suspended by membrane chamber in semitropical ocean water. Federation of European Microbiological Societies. *Microbiological Letters* 34: 161-165.
- GODFREE, A. F., D. KAY y M. D. WYER, 1997. Faecal streptococci as indicators of faecal contamination in water. *J. Appl. Microbiol. Sym. Suppl.* 83: 1105-1195.
- HOBSON, P. N. y N. J. POOLE, 1988. Water pollution and its prevention. pp. 302-321. En: J. M. LYNCH y J. E. HOBBIÉ (Comps.). *Micro-organisms in Action: Concepts and Applications in Microbial Ecology*. Blackwell Science Pub. Boston.
- HOOD, M. A., G. NESS y N. J. BLAKE, 1983. Relationship among fecal coliforms *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in shellfish. *Applied Environmental Microbiology* 5(1): 122-126.
- IBAÑEZ, A. L. y V. R. CAMPOS, 1991. Análisis de las pesquerías en Veracruz. *Hidrobiológica* 1(1): 36-48.
- LIZÁRRAGA-PARTIDA, L., R. CARBALLO-CRUZ, F. B. IZQUIERDO-VICUÑA, R. R. COLWELL e I. WONG-CHANG, 1987. Bacteriología de la laguna de Términos, Camp. *An. Inst. Cien. del Mar y Limnol.* UNAM, México. 4(1): 97-108.
- MACKENZIE, C. L. JR. y A. T. WAKIDA-KUSUNOKI, 1997. The oyster industry of eastern Mexico. *Marine Fisheries Review* 59(3): 1-13.
- MARÍN, M. L., 1991. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de abasto de los rastos del D.F. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 29 p.
- MARTÍNEZ-MANZANARES, E., M. A. MORIÑO, D. CASTRO, M. C. BALEBONA y J. J. BORREGO, 1993. Comparison and evaluation of different microbiological quality criteria for shellfish-growing waters. *Water Science Technology* 27(3-4): 31-34.
- MERCK, E., 1982. *Análisis microbiológico del agua. Medios de Cultivo MERCK*. Darmstad, R.F.A. 35 p.
- MUNRO, P. M., M. J. GAUTHIER y F. M. LAUMOND, 1987. Changes in *Escherichia coli* cells starved in seawater or grown in seawater-wastewater mixtures. *Applied Environmental Microbiology* 53: 1476-1481.
- RHEINHEIMER, G., 1987. *Microbiología de las aguas*. Ed. Acribia, S.A., México. 299 p.
- RODRÍGUEZ-SANTIAGO, H. y A. V. BOTELLO, 1987. Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y algunos sistemas

- acuáticos del sureste de México. *Contaminación Ambiental* 3(1): 37-53.
- ROSAS, I., A. YELA y A. BAEZ, 1985. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en ostión (*Crassostrea virginica*), durante su desarrollo y procesamiento en el mercado. *Contaminación Ambiental* 1: 51-64.
- SALGADO, U. I. H., 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Marc Ediciones, México. 243 p.
- STRICKLAND, J. D. H. y T. R. PARSONS, 1977. A practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa: 310 p.
- WELSH, P. C. y R. K. SIZEMORE, 1985. Incidence of bacteremia in stressed and unstressed population of the blue crab *Callinectes sapidus*. *Applied Environmental Microbiology* 50(2): 420-425.

Recibido: 23 de octubre de 1998.

Aceptado: 7 de mayo de 1999.