

ESTUDIO PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA EN LA LAGUNA PUEBLO VIEJO, VERACRUZ, MÉXICO

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, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Apdo. Postal 55-535, Iztapalapa, México, D.F.

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

(Recibido febrero 1997, aceptado agosto 1998)

Palabras clave: contaminación bacteriológica, coliformes, estreptococos, calidad sanitaria

RESUMEN

La contaminación bacteriológica de la laguna de Pueblo Viejo fue evaluada en agua, sedimento y ostión, a través de las concentraciones de bacterias coliformes y estreptococos fecales (en dos épocas del año). Los conteos se realizaron utilizando la técnica de tubos múltiples de fermentación y se determinaron parámetros fisicoquímicos simultáneamente. Los resultados indican que el agua de la laguna fue inadecuada tanto para el cultivo de ostión, como para la recreación con contacto primario y para la protección de la vida acuática. La región que registró mayor contaminación por coliformes fue la boca de la laguna (>2,400 bacterias cultivables/100 ml). La distribución de estas bacterias fue semejante en agua y sedimento, con concentraciones más altas en este último (>240,000 bacterias/100 g). El ostión rebasó los límites permitidos para su consumo durante un muestreo de la época de secas (400 coliformes fecales/100 g). La distribución espacial de estreptococos se consideró homogénea en la laguna y mostró concentraciones menores que las coliformes. Este grupo, manifestó estacionalidad en el periodo y tuvo una correlación directa con la salinidad. Se considera que el sedimento puede ser un ambiente protector para ambos grupos. La relación coliformes fecales/estreptococos fecales indicó que los aportes son de origen humano. La contaminación se asoció con los aportes que recibe el Río Pánuco, así como con la circulación del agua que es lenta, representando una desventaja en la dispersión de estas bacterias.

ABSTRACT

Bacteriological pollution levels were evaluated in water, sediment and oysters of Pueblo Viejo lagoon. Bacterial concentrations of coliforms and streptococci were determined during two seasons. The multiple fermentation tubes technique was employed for counting. Physicochemical parameters were simultaneously measured in the sampling site. The water column showed that water has bad sanitary quality for mollusks cultivation, activities with primary contact and for the protection of aquatic life. Amounts of coliform bacteria were highest (> 2,400 coliforms/100 ml) at the lagoon's mouth. Their distribution in water and sediments were similar, but with higher concentration in the last one (>240,000 bacteria/100 g). Oyster surpassed the permissible limits of bacterial count for their consumption mainly during the dry season (400 fecal coliforms/100 g). The spatial distribution of streptococci was homogeneous in the lagoon showing low concentrations in each sample taken. This group was studied during the dry season, and was correlated with salinity. Sediment might be a protective environment for both bacterial groups. The faecal coliforms/faecal streptococci ratio suggests that the bacterial pollution is of human origin. This pollution was associated with the residual waters of the Panuco River and with slow water circulation, that difficult the bacterial dispersion.

INTRODUCCIÓN

Los coliformes fecales son ampliamente utilizados como indicadores de la calidad sanitaria y su presencia en sistemas acuá-

ticos es evidencia de contaminación fecal (Laws 1981, APHA 1989). Estas bacterias tienen origen exclusivamente en el tracto digestivo. El grupo de estreptococos fecales se utiliza como indicador complementario de contaminación fecal, debido a su mayor ca-

pacidad para tolerar cambios y sobrevivir en ambientes naturales que los coliformes (Pettibone *et al.* 1987). Entre los estreptococos, se encuentran especies patógenas de origen fecal humano o animal (APHA 1989). Tanto coliformes como es-treptococos fecales se reconocen como indicadores rigurosos en la evaluación de la calidad del agua (Wyer *et al.* 1995).

Estudios previos sobre la calidad sanitaria del agua de la laguna de Pueblo Viejo, han sido realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1974 y 1981 (De la Lanza y Cantú 1986). Posteriormente la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Salud han efectuado análisis para monitorear la calidad sanitaria del agua y el ostión (Secretaría de Salud 1996). El origen de la contaminación bacteriológica de esta laguna se atribuye principalmente a las descargas urbanas de las ciudades de Tampico, Ciudad Madero y Villa Cuauhtémoc. Numero-sos asentamientos humanos que se ubican en la parte norte del cuerpo lagunar no cuentan con sistemas de drenaje regular, dando lugar a que el agua residual doméstica se descarge principalmente sobre el río Pánuco, cerca de la boca. En la barra, formada entre el río y la laguna, se encuentran algunas industrias que vierten también sus desechos al río.

La mala calidad del ostión representa una desventaja para el mercado nacional (Contreras 1993). Sin embargo, se desarro-llan actividades pesqueras cuyos productos, incluyendo la extracción de ostión, tienen consumo local y regional. Este estudio fue diseñado para evaluar la contaminación bacteriológica en agua, sedimento y ostión en la época de secas y lluvias, utilizando a las bacterias coliformes y estreptococos fecales como indi-cadores de la calidad sanitaria de la laguna de Pueblo Viejo, la cual tiene importancia por su actividad pesquera y su cercanía con la pobla-ción humana.

Área de estudio

La laguna Pueblo Viejo (Fig. 1), se localiza en el Estado de Veracruz, casi en los límites con Tampico. Limita al norte con el río Pánuco con el cual se comunica a través de un canal; al oriente, con ciudad Cuauhtémoc y Tampico Alto. Tiene una su-perficie de 93.7 Km² aproximadamente, su longitud máxima en sentido norte-sur es de 15 Km y su ancho máximo es de 9.5 Km en la parte norte de la laguna. El clima es cálido subhúmedo. Desembocan en ella los ríos: la Tapada, Pedernales, la Cuásima, la Puerca y Tamacuil, siendo éste último el más importante ya que los restantes sólo tienen aportes significativos en época de lluvias. Su mayor profundidad es de 2.5 m, con un promedio lige-ramente mayor a un metro. Sus sedimentos, compuestos de limo y arcilla, varían en proporciones, dependiendo de la época del año, siendo de limo fino a arcilla en lluvias (julio a octubre), con un incremento en materiales gruesos en la época de nortes (noviembre a febrero). En la región donde desemboca el estero la Tapada hay mayor varia-ción en el tamaño de sedimentos (Contreras 1996).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron 4 estaciones de colecta (Fig.1) cuya ubica-ción se relaciona con la posible influencia de aportes de agua

residual. Se realizaron 3 colectas, en mayo y septiembre de 1994 y Marzo de 1995, tomando muestras de agua superficial (± 10 cm) y subsuperficial (± 50 cm), sedimento y ostión procedente de los principales bancos de la laguna. Se analizaron 45 muestras (24 de agua, 12 de sedimento y 3 de ostión). Las muestras de agua fueron tomadas con frascos estériles con capacidad de 100 ml. El sedimento se colectó con una draga tipo Van Veen de tres li-tros de capacidad, eliminando los primeros 5 mm de sedimento, obteniéndose una submuestra de 20 cm³ por medio de una jeringa estéril sin punta (Lizárraga-Partida *et al.* 1987), la cual fue colocada en recipientes estériles. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico y después en hielo para su transporte al la-boratorio.

Se determinó el número más probable de bacterias por la técnica de tubos múltiples, con tres diluciones y tres réplicas. Las muestras de ostión se procesaron de acuerdo al procedi-miento de APHA (1970). Las secuencias de cultivo se basaron en los métodos propuestos por APHA (1989) para coliformes y por Merck (1982) para estreptococos fecales. Para coliformes totales (CTC) se utilizó cultivo en caldo lactosado con resiembra de tubos con crecimiento y producción de gas, en caldo bilis verde brillante al 2%, incubados ambos a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$. En el caso de coliformes fecales (CFC), se usó para la resiembra caldo EC incubado a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2$. El grupo de estreptococos fecales (EFC) se obtuvo por cultivo en caldo azida dextrosa con resiembra de tubos turbios en caldo púrpura de bromocresol azida, incuba-dos a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$, considerándose positivos, los

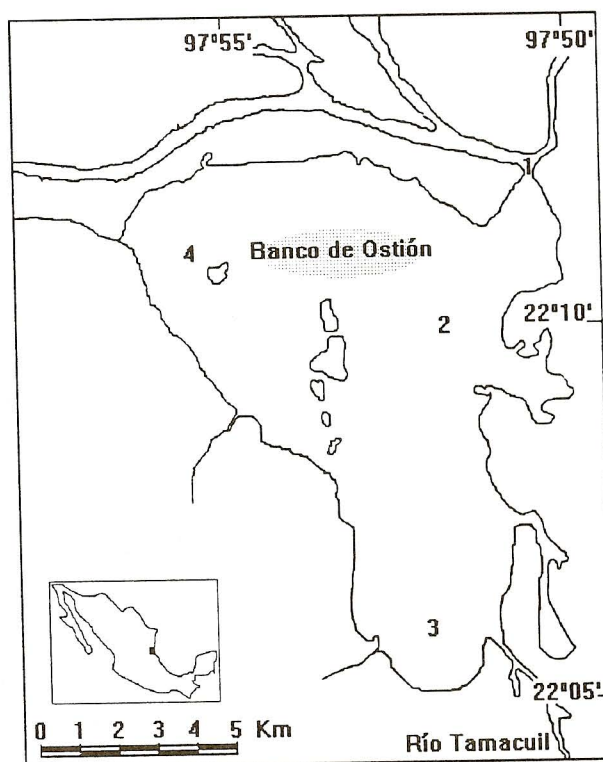


Fig. 1. Localización de estaciones de muestreo en la laguna Pueblo Viejo: 1. Mono verde, 2. Barranco amarillo, 3. Tamacuil, 4. La tapada

tubos con crecimiento y viraje de color. Los conteos se realizaron a las 24 y 48 horas.

La calidad sanitaria del agua se interpretó siguiendo las normas oficiales en México (**Tabla I**) para coliformes (Diario Oficial 1989). En México, no existen límites para coliformes totales, en los casos de uso recreativo con contacto primario y protección de la vida acuática, por lo que se siguió el criterio de Rheinheimer

TABLA I. LÍMITES PERMISIBLES DE BACTERIAS EN AGUA Y OSTIÓN

	Coliformes totales/100 ml	Coliformes fecales/100 ml
Cultivo de moluscos bivalvos	70	14
Protección de la vida acuática	500*	200
Recreación con contacto primario	500*	200
Ostión		330/100g**

* Según Rheinheimer 1987, ** FDA 1992

mer (1987) para interpretar a este grupo. En el caso del ostión se utilizó el criterio de la Food and Drug Administration (FDA 1992).

Debido a que tampoco existe regulación para el grupo de estreptococos fecales y considerando que los límites propuestos para países de la Comunidad Económica Europea son semejantes a los de coliformes fecales (Barrera 1995), la calidad sanitaria de este grupo fue interpretada a través de las concentraciones límite para coliformes fecales.

Los datos de parámetros fisicoquímicos, colectados por el laboratorio de Ecosistemas Costeros Hidrobiología, UAMI. Se determinaron simultáneamente a la colecta de bacterias, éstos incluyeron: temperatura, por termómetro de bulbo ± 0.5 °C, oxígeno disuelto por el método de Winkler, salinidad por salinómetro de inducción Beckman R57-C ± 0.001 % y pH por potenciómetro de campo Conductronic 10 ± 0.01 .

Para establecer diferencias entre estaciones de colecta y muestreos se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Milton y Tsokos 1987). Se obtuvo el índice de correlación de Spearman entre bacterias y parámetros fisicoquímicos. Se estableció la relación coliformes fecales/estreptococos fecales, para determinar

si la contaminación era de origen humano ($CF/EF > 4.0$) o animal ($CF/EF < 0.7$), de acuerdo a Fujioka *et al.* (1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de bacterias (**Tabla II**), indicaron que se rebasaron las normas permisibles para cultivo de moluscos, en el 54.2 y 45.8% de las muestras, con base en los límites para bacterias coliformes totales y fecales, respectivamente. En el caso de los estreptococos, el 29.2 % de las muestras tuvieron valores por arriba de los límites considerados. El agua resultó inadecuada para recreación con contacto primario y para protección de la vida acuática en el 33.3 y 29.2 % de las muestras en el caso de las coliformes. Con respecto a los estreptococos fecales, se presentó un porcentaje relativamente bajo de muestras contaminadas (8.3%) para estos usos.

Las concentraciones de bacterias de agua superficial y subsuperficial no tuvieron diferencias significativas, de manera que para el análisis posterior, se unieron los datos.

Las estaciones de colecta mostraron diferencias en las concentraciones de coliformes totales ($H=14.3$, $\alpha < 0.01$) y coliformes fecales ($H=13.7$, $\alpha < 0.01$), pero no en las de estreptococos. En la boca de la laguna (estación 1), se registraron concentraciones elevadas (210 a $>2,400$ CFC/100 ml) en todos los muestreos realizados. En la estación 2, que se encuentra en la parte media de la laguna, se rebasaron los límites con menor frecuencia pero con altas concentraciones en el muestreo de mayo de 1994 (1,100 CTC/100ml, 460 CFC/100ml), considerándose así, la segunda localidad más contaminada. En la estación 3, las concentraciones fueron menores (máximo 240 CTC/100 ml en septiembre), pero al menos una muestra en cada colecta, rebasó los límites para cultivo de moluscos bivalvos. En la estación 4, sólo en septiembre el agua presentó malas condiciones para este uso. Las diferencias entre los muestreos no fueron significativas para las bacterias coliformes.

TABLA II. CONCENTRACIONES DE BACTERIAS EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA PUEBLO VIEJO (NMP/100 ml ó g)

	Est.	Coliformes totales cultivables (CTC)			Coliformes fecales cultivables (CFC)			Estreptococos fecales cultivables (EFC)		
		Superficial	Subsup.	Sed.	Superficial	Subsup.	Sed.	Superficial	Subsup.	Sed.
Mayo 1994	1	>2,400**	>2,400**	46,000	>2,400**	>2,400**	46,000	93*	93*	300
	2	1,100**	460**	2,100	460**	93*	1,100	9	23*	110,000
	3	20	9	2,000	23*	11	1,100	4	24*	2,650
	4	9	4	1,080	4	NC	600	4	20*	920
Sept. 1994	1	1,100**	>2,400**	>240,000	1,100**	210**	1,500	NC	NC	NC
	2	4	93*	>240,000	NC	15*	1,400	NC	NC	24,000
	3	240*	187*	300	9	4	NC	NC	NC	NC
	4	23	93*	300	23*	NC	NC	NC	NC	1,100
Marzo 1995	1	>2,400**	>2,400**	24,000	>2,400**	>2,400**	2,300	>2,400**	210**	700
	2	93*	23	NC	3	4	NC	NC	NC	400
	3	NC	4	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	4	39	11	NC	7	NC	NC	3	NC	NC

Estaciones: 1. Mono verde; 2. Barranco amarillo; 3. Tamacuil; 4. La tapada

* Muestras inadecuadas para el cultivo de moluscos; ** Muestras inadecuadas para la protección de la vida acuática y recreación con contacto primario; NC, no cultivable

El sedimento presentó un patrón de distribución semejante al del agua pero con concentraciones mayores. En el grupo coliformes totales la relación sedimento:agua fue alrededor de 70:1; en coliformes fecales de 10:1; y en estreptococos fecales de 220:1. Davies *et al.* (1995), indicaron que el sedimento puede tener de 100 a 1,000 veces más bacterias fecales que el agua. Las concentraciones más altas se presentaron en septiembre en las estaciones 1 y 2 (>240,000 CTC/100 g). Las partículas proveen ambientes protectores y nutrientes para estos organismos (Mann y Jazier 1991) y entre más pequeñas presentan mayor superficie de adhesión, por lo que pueden encontrarse más bacterias en sedimentos finos como los que se presentan en la laguna de Pueblo Viejo. La estación 4 tuvo las menores concentraciones de bacterias en sedimento y es en ésta, en la que se ha registrado la mayor variación en el tipo de sedimentos (Contreras 1996).

La diferencia sedimento:agua, más marcada en los estreptococos, puede asociarse de acuerdo con Pettibone *et al.* (1987), a que los estreptococos fecales tienen mayor tolerancia y sobrevivencia en aguas estuarinas comparándolos con las bacterias coliformes. El tiempo de sobrevivencia de este grupo, es el doble que el de coliformes fecales en agua marina (Fujioka *et al.* 1981).

De acuerdo a las normas, el ostión tuvo mala calidad sanitaria (400 CFC/100 g), en mayo de 1994 (Tabla III). Estos organismos fueron obtenidos en la parte central de la laguna, cercanos a la estación 4, la menos contaminada. Los bancos ostrícolas se desarrollan principalmente en la región central y oeste. Algunas muestras no presentaron bacterias cultivables. El hecho de no haberlas detectado, podría relacionarse con modificaciones fisiológicas que pueden presentar algunas bacterias como *E. coli*, las cuales les permiten adaptarse parcialmente a condiciones de estrés en agua salina. Estas modificaciones incluyen

TABLA III. CONCENTRACIONES DE BACTERIAS EN OSTIÓN (*Crassostrea virginica*) DE LA LAGUNA PUEBLO VIEJO (NMP/100 g)

Muestreo	Coliformes		Estreptococos
	totales	fecales	fecales
Mayo 1994	400	400*	9,300
Sept. 1994	2,300	NC	NC
Marzo 1995	400	NC	NC

* Norma consumo < 330 CF/100 g; NC, no cultivable

el funcionamiento anormal de ciertas enzimas como β -galactosidasa, que se asocia a la producción de gas y fermentación de lactosa, respuestas que se utilizan para su identificación en el cultivo y, que incluso, pueden asociarse con la modificación de la expresión de su patogenicidad (Munro *et al.* 1987).

En las normas mexicanas, no existen límites que establezcan la calidad del ostión basados en los contenidos de coliformes totales y estreptococos fecales, esto puede dar una visión limitada de la calidad de estos organismos para su consumo, ya que en este estudio se llegaron a registrar 2,300 CTC/100 g y 9,300 EFC/100 g.

Las máximas concentraciones de estreptococos fecales fueron >2,400/100 ml en agua, 110,000/100 g en sedimento y 9,300/100g en ostión. Este grupo presentó diferencias significativas entre los muestreos realizados ($H=12.6$, $\alpha<0.01$). Particularmente en mayo de 1994, el agua se consideró inadecuada para el cultivo de ostión, aunque las concentraciones registradas fueron relativamente bajas en todos los puntos. En marzo de 1995, solamente la boca de la laguna (estación 1), rebasó los límites, en este caso con altas concentraciones. Este sitio recibe la influencia directa del Río Pánuco. Los estreptococos tuvieron un comportamiento diferente al de las coliformes, su distribución fue más uniforme en la laguna.

TABLA IV. ORIGEN DE LA CONCENTRACIÓN FECAL EN LA LAGUNA PUEBLO VIEJO

	Estación	CF/EF	Origen
Mayo 1994	1 Mono verde	25.8	Humano
	2 Barranco amarillo	27.5	Humano
	3 Tamacuil	3.1	No determinado
	4 La tapada	1.0	No determinado
Sept. 1994	1 Mono verde	Sólo coliformes*	Humano
	2 Barranco amarillo	Sólo coliformes	No determinado
	3 Tamacuil	Sólo coliformes	No determinado
	4 La tapada	Sólo coliformes	No determinado
Marzo 1995	1 Mono verde	6.0	Humano
	2 Barranco amarillo	Sólo coliformes	No determinado
	3 Tamacuil	Sólo coliformes	No determinado
	4 La tapada	Sólo coliformes	No determinado

* Con altas concentraciones

La relación Coliformes Fecales/Estreptococos Fecales (CF/EF) indicó que la contaminación en el área de estudio tiene origen humano, que pueden atribuirse a los aportes de agua residual, de los asentamientos a orillas de la laguna y al aporte del río Pánuco (Tabla IV).

Los parámetros fisicoquímicos (Tabla V), no mostraron relación con coliformes en ningún caso, sin embargo, se encontraron altas concentraciones de estreptococos asociadas a mayor salinidad. La relación con el pH, no se consideró importante dado que los registros de este parámetro fluctuaron entre 7.80 y 8.75, los valores de pH adecuados para el desarrollo de estas bacterias. El hecho de encontrar a los estreptococos en salinidades altas, aparentemente contradice la hipótesis de que el agua de mar tiene una acción bactericida, sin embargo esta depende de parámetros biológicos además de los fisicoquímicos (Gauthier 1980).

Diversas lagunas costeras del Golfo de México presentan altos niveles de contaminación microbiológica (Wong-Chang y Barrera-Escorcia 1996). Existen registros que confirman que las concentraciones de bacterias en los cuerpos costeros de Veracruz tienen una gran importancia sanitaria (ITMAR 1996, SSA 1996). Las bacterias coliformes fecales son frecuentes en ambientes costeros tropicales y algunos autores indican que pueden presentarse, incluso, en ausencia de una fuente de contaminación fecal (Paul *et al.* 1995). Sin embargo, es un hecho indiscutible que se presentan elevadas concentraciones de bacterias en las cercanías de grandes núcleos de población huma-

TABLA V. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS REGISTRADOS EN LA LAGUNA PUEBLO VIEJO Y SU RELACIÓN CON BACTERIAS

	Localidad	Temperatura (°C)	Salinidad (%)	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)
Mayo 1994	1 Mono verde	27.3	27.07	7.86	5.84
	2 Barranco amarillo	28.2	13.19	7.97	6.07
	3 Tamacuil	28.0	19.02	7.80	5.00
	4 La tapada	28.0	18.60	7.91	7.76
Septiembre 1994	1 Mono verde	30.9	1.49	8.49	6.77
	2 Barranco amarillo	31.0	2.66	8.75	7.11
	3 Tamacuil	30.0	0.66	7.89	3.85
	4 La tapada	31.7	7.59	8.47	5.87
Marzo 1995	1 Mono verde	27.0	25.89	7.89	8.47
	2 Barranco amarillo	28.2	38.10	8.10	7.72
	3 Tamacuil	29.1	20.03	7.90	11.42
	4 La tapada	29.0	22.64	8.15	8.09
Índice de correlación					
Coliformes totales		$r = -0.23, \alpha = 0.26$	$r = 0.02, \alpha = 0.92$	$r = -0.11, \alpha = 0.60$	$r = -0.29, \alpha = 0.15$
Coliformes fecales		$r = -0.39, \alpha = 0.06$	$r = 0.09, \alpha = 0.65$	$r = -0.29, \alpha = 0.17$	$r = -0.29, \alpha = 0.16$
Estreptococos fecales		$r = -0.80, \alpha < 0.01$	$r = 0.44, \alpha = 0.03$	$r = -0.62, \alpha < 0.01$	$r = -0.18, \alpha = 0.93$

na como Coatzacoalcos (Rodríguez y Botello 1987).

La descarga de agua residual no tratada a ecosistemas acuáticos costeros implica la entrada de una microcomunidad diferente a la nativa (Campbell 1987). El impacto de éstas descargas, puede ir, desde la alteración de la microcomunidad natural encargada de diversas funciones en el ecosistema, hasta el desarrollo de condiciones anóxicas que impiden la vida animal. Esto depende de la intensidad de los aportes, de la forma del cuerpo receptor y de las corrientes, entre otras cosas (Bellan 1980). Las altas concentraciones de coliformes en distancias lejanas a los puntos de vertimiento se atribuyen al movimiento de masas de agua, derivados de las mareas, las corrientes, la existencia de canales y la profundidad, entre otros factores; de manera que no sólo es un proceso de difusión simple (Paul *et al.* 1995).

De acuerdo con Botello (1994), la laguna de Pueblo Viejo cuenta con una corriente lenta superficial (10 cm/seg) con dirección norte, que corre por el lado Este de la laguna, originada principalmente por el aporte del río Tamacuil, que permite la salida del agua hacia la boca, en donde la velocidad de la corriente superficial es de 40 cm/seg y el agua se vierte hacia el río Pánuco. Las zonas que tienen corriente lenta y más someras se encuentran en la región central y oeste de la laguna. Aparentemente, la corriente indicada permite evitar en cierta medida que los aportes de agua residual afecten la totalidad del cuerpo lagunar. Sin embargo, la baja velocidad involucra el riesgo de que la laguna pueda retener esta forma de contaminación en caso de no existir un control de los vertimientos. De hecho, los altos niveles de bacterias detectados pueden afectar los recursos bióticos que se extraen de ella, como es el caso del ostión.

La permanencia de bacterias de origen fecal en ambientes naturales puede resultar del balance entre la acción de los depredadores y la tasa de crecimiento en ambientes protectores, ya que se ha demostrado su crecimiento en ausencia de depredadores en aguas salinas (Davies *et al.* 1995).

CONCLUSIONES

La calidad sanitaria del agua de la laguna de Pueblo Viejo se consideró inadecuada para cultivo de ostión, e incluso para la conservación de la vida acuática, presentando altas concentraciones en la boca.

La contaminación es atribuible a las descargas directas de agua residual proveniente de los asentamientos humanos ubicados en la barra, además de los aportes que arrastra el río Pánuco y en menor proporción a los asentamientos ubicados a orillas de la laguna.

Existe un riesgo sanitario asociado a los constantes aportes debido a que las corrientes que permiten la salida del agua de la laguna son lentas.

El ostión se consideró inadecuado para consumo en el mes de mayo. Sin embargo, la presencia de bacterias de origen fecal en el sedimento, implica un riesgo sanitario para las especies de tipo filtrador o detritívoras porque estos organismos pueden incorporarlas.

El sedimento puede actuar como microambiente protector para los grupos de bacterias analizados, encontrándose altas concentraciones respecto al agua.

El grupo de estreptococos registró una distribución más homogénea en el cuerpo lagunar, con altas concentraciones asociadas directamente a la salinidad y a la temperatura, lo cual puede indicar mayor tolerancia a las condiciones ambientales, respecto a las coliformes. Por lo que sería importante considerar a este grupo en los criterios de calidad sanitaria de ambientes costeros mexicanos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con el Proyecto clave 3232-

T9308 y de la UAM-I, a través de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

La información sobre los parámetros fisicoquímicos, fue proporcionada por el Laboratorio de Ecosistemas Costeros del Departamento de Hidrobiología, UAM-I.

Se agradece al Hidrobiólogo Sergio Castillo S., su participación como responsable de las colectas de campo.

REFERENCIAS

- APHA (American Public Health Association). (1970). Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Water and Shellfish. 4a. ed. American Public Health Association, Nueva York, 105 p.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association), WPCF (Water Pollution Control Federation) (1989). Standard methods for the examination of water and wastewater. 17a. ed. 1220 p.
- 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. Fac. de Ciencias. UNAM, México, 60 p.
- Bellan G. (1980). Acción de los factores de polución sobre las comunidades bentónicas. En: *La polución de las aguas marinas* (J.M. Pérès, Ed.) Omega, España, pp. 150-160.
- 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. CBS., UAM-I. México, 80 p.
- Campbell R. (1987). Ecología Microbiana. Limusa, México, pp. 166-167.
- Contreras E.F. (1993). *Ecosistemas Costeros Mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, UAM-I. México, pp. 153-155.
- Contreras, E.F. (1996). Informe Final del proyecto de investigación: Evaluación geoquímica ambiental y diagnosis de la zona costera de Veracruz: Lagunas de Tamiahua, Pueblo Viejo y Tampamachoco. Informe UAM-CONACyT clave 3232-T9308, México, 285 p.
- Davies Ch.M., Long J.A., Donald M. y Ashbolt N.J. (1995). Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1888-1896.
- De la Lanza E.G. y Cantú M.C. (1986). Cuantificación de clorofilas y aplicación del índice de diversidad de pigmentos (D_{430}/D_{665}) para estimar el estado biótico de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Universidad y Ciencia* 3, 31-42.
- Diario Oficial de la Federación. (1989). Criterios ecológicos de calidad del agua. CE-CCA-001/89. 13 de diciembre. México, pp. 7-23.
- Food and Drug Administration (FDA). (1992). National Shellfish Sanitation Program Manual of Operations. Part I. Sanitation Shellfish Growing Areas. U.S. National Shellfish Program. Shellfish Sanitation FDA. Washington, D.C., pp. 10-87.
- Fujioka R.S., Hashimoto H.H., Siwak E.B. y Young R.H. (1981). Effect of sunlight on survival of indicator bacteria in sea water. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, 680-686.
- Gauthier, J.M. (1980). Poluciones bacterianas en el medio marino. En: *La polución de las aguas marinas* (J.M. Pérès, Ed.) Omega, España, pp. 127-141.
- Instituto Tecnológico del Mar (ITMAR) (1996). Determinación del potencial ostrícola del sistema lagunar Boca del Río-Mandinga, Alvarado, Ver. SEMARNAP, México, 48 p.
- Laws E.A. (1981). *Aquatic Pollution*. Wiley, Nueva York, 482 p.
- Lizaraga-Partida L., Carballo-Cruz R., Izquierdo-Vicuña F.B., Colwell R. R. y Wong-Chang I. (1987). Bacteriología de la Laguna de Términos, Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, México*, 14, 97-108.
- Milton J.S. y Tsokos J.O. (1987). *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid, 527 p.
- Mann K.H. y Jazier J.R.N. (1991). *Dinamics of Marine Ecosystems*. Backwell Scientific Pub. Boston, 465 p.
- Merck E. (1982). Análisis microbiológico del agua. Medios de Cultivo. Darmstad, Alemania, 35 p.
- Munro P.M., Gauthier M.J. y Laumond F.M. (1987). Changes in *Escherichia colicells* starved in seawater or grown in seawater-wastewater mixtures. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 1476-1481.
- Paul J.H., Rose J.B., Jiang S., Kellog Ch. y Shinn E.A. (1995). Occurrence of fecal indicator bacteria in surface waters and the subsurface aquifer in Key Largo, Florida. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 2235-2241.
- Pettibone G.W., Sullivan S.A. y Shiaris M.P. (1987). Comparative Survival of antibiotic-resistant and sensitive fecal indicator bacteria in estuarine water. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 1241-1245.
- Secretaría de Salud (SS) (1994). Manual de procedimientos para análisis microbiológico de moluscos bivalvos. Secretaría de Salud, México, 23 p.
- Secretaría de Salud (SS) (1996). Plan integral para la prevención y control de la contaminación en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. Dirección General de Salud Ambiental, México, 42-46.
- Rheinheimer G. (1987). *Microbiología de las aguas*. Acribia. México, 299 p.
- Rodríguez, S.H. y Botello A.V. (1987). Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y algunos sistemas acuáticos del sureste de México. *Contam. Amb.* 3, 37-53.
- Wong-Chang I. y Barrera-Escorcia G. (1996). Niveles de contaminación microbiológica en el Golfo de México. En: *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. (A.V. Botello, J.L. Rojas, J.A. Benitez y D. Zárate, Eds.) EPOMEX Serie Científica 5, 383-397.
- Wyer M.D., Kay D., Jackson G.F., Dawson H.M., Yeo J. y Tanguy L. (1995). Indicator organism sources and coastal water quality: a catchment study on the island of Jersey. *J. Appl. Bacteriol.* 78, 290-296.