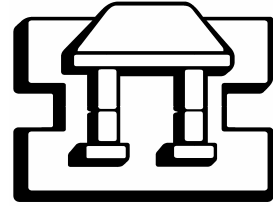




**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN
BACTERIANA PRODUCIDA POR EL HOMBRE EN AGUAS
DE RECREO DE BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, MÉXICO.
(1992-2002)”**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

PRESENTA :

ERIKA TREJO REYES

DIR. M. en C. JONATHAN FRANCO LÓPEZ

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO 2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I), por adentrarme en un mundo tan maravilloso como es la Biología.

Al Dr. Sergio Cházaro Olvera, Jefe de la Carrera de Biología, por contribuir a mi formación académica durante mis años de estudiante y, hoy en día, participar en esta fase tan importante de la vida que es mi examen profesional.

Al M. en C. Jonathan Franco López, Director del presente trabajo, por guiarme y permitir que mi desempeño profesional en la Licenciatura de Biología llegara a su culminación. Espero que sigas impulsando a los biólogos que, en su momento, nos quedamos varados por no contar con el apoyo suficiente para derribar las barreras que se nos presentan al finalizar nuestros estudios.

A la Q.F.B. María Isela Torres, Jefe de Proyecto de Saneamiento y Calidad del Agua, Gerencia Regional Golfo Centro, de la Comisión Nacional del Agua, por ser una excelente persona; ya que sin conocerme me brindó todo el apoyo profesional que necesitaba, con la mejor disposición, dedicando un espacio de su valioso tiempo para enviarme la información requerida, sin la cual no hubiera sido posible la terminación de la presente investigación. Sería fabuloso que México contara con más investigadores como tú.

A María del Carmen Pérez Peña, Asistente Ejecutivo de la Carrera de Biología, por sus sabios consejos y fina atención, pues con su optimismo me inyectó el ánimo para concluir mi trabajo y trámites administrativos de manera satisfactoria. Nunca cambies Mary.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	11
III. JUSTIFICACIÓN.....	15
IV. OBJETIVOS.....	17
V. MARCO JURÍDICO.....	18
VI. ZONA DE ESTUDIO.....	21
VII. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
VII.1. TRABAJO DE LABORATORIO.....	28
VII.1.1. MATERIAL.....	29
a) Aparatos.....	29
b) Vidriería.....	29
c) Varios.....	29
d) Medios de Cultivo.....	30
e) Reactivos.....	30

VII.1.2. MÉTODOS.....	30
a) Elección y Esterilización de los recipientes.....	31
b) Procedimiento de muestreo.....	31
c) Almacenamiento de las muestras.....	32
VII.1.2.1. PRUEBA DE COLIFORMES TOTALES POR TUBOS DE FERMENTACIÓN MÚLTIPLE (NMP).....	32
VII.1.2.2. PROCEDIMIENTO PARA COLIFORMES FECALES	33
VII.1.2.3. PROCEDIMIENTO PARA ESTREPTOCOCOS FECALES.....	34
VII.2. TRABAJO BIBLIOGRÁFICO.....	35
VIII. RESULTADOS.....	36
IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
X. ANÁLISIS COMPARATIVO.....	55
XI. CONCLUSIONES.....	61
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXO.....	67

I. INTRODUCCIÓN.

México es un país que cuenta con una amplia extensión de mar patrimonial. La principal actividad desarrollada en este territorio es la extracción de recursos pesqueros y una actividad alternativa para las zonas litorales del país es el desarrollo turístico.

En este renglón, nuestro país cuenta con zonas litorales de una gran tradición turística que han abierto un amplio mercado de trabajo.¹

Tradicionalmente, las playas se han usado para el descanso y recreo y de esta forma, año tras año, la población espera la oportunidad para visitar estas zonas, tanto para diversión, práctica de deportes acuáticos o simplemente tomar el sol, esto trae como consecuencia un aumento significativo de desechos, tanto orgánicos como inorgánicos. Al respecto, cabe destacar que desde tiempos inmemoriales se ha usado el agua como un vehículo para la eliminación de los desechos. Por tal motivo, las aguas empleadas con fines recreativos tienen gran importancia desde el punto de vista de salud pública. Este hecho conduce a la necesidad de establecer criterios para evaluar el riesgo que tienen aquellas personas que se bañan, juegan o nadan en las aguas de mar.

El agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de un gran número de actividades humanas. Su creciente degradación por disminución de su calidad implica la reducción del número de usos que se le da; es por ello,

¹ Rodríguez-Santiago, H. Botello, A.V. 1987. Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México. Contaminación Ambiental. 3(1):37-53.

que se hace necesaria la realización de estudios que permitan determinar la calidad de esa agua.²

La calidad de agua para uso recreativo en centros turísticos es un factor primordial para garantizar la protección de la salud de los usuarios y un punto de interés para el sector turístico, dado que las playas adquieren un valor agregado al contar con un nivel aceptable de calidad del agua.³

Los estudios en agua marina y playas indican que las enfermedades de las mucosas, de la piel y digestivas asociadas con los bañistas están directamente relacionadas con los niveles de contaminación fecal. Uno de los indicadores más utilizados en el mundo para evaluar la calidad del agua es la medición de microorganismos, generalmente bacterias de origen fecal, entre los que se encuentran los coliformes y enterococos. La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda realizar un registro periódico de este grupo de bacterias.⁴

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. El grupo coliforme agrupa a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: ser aerobias o

² www.ubu.es/investig/aulavirtual/trabajo_05/Analisis_microbiologico_delagua.pdf#search=coliformes%20totales

³ Ob. cit. Rodríguez-Santiago, H. Botello, A.V.

⁴ http://portal.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico01.shtml

anaerobias facultativas; ser Gram negativas; no ser esporógenas; fermentar la lactosa a 35 °C en 48 horas.

"Las bacterias que pertenecen al grupo coliforme pueden definirse como aquellas aerobias y anaerobias facultativas con forma de pequeños bastones gram negativos y fermentadores de lactosa. Dentro de este grupo se encuentran los coliformes fecales cuyo nombre significa su origen fecal y su presencia en el cuerpo de agua es indicativo de una contaminación fecal reciente o constante. La mayoría de estos organismos patógenos llegan al agua principalmente mediante la contaminación con excretas humanas y finalmente ingresan al cuerpo a través de la boca, de allí, el término de transmisión "fecal-oral". Las enfermedades más importantes de este tipo incluyen la disentería amibiana, la shigelosis, el cólera, las diarreas del tipo *E. Coli*, las diarreas virales, el virus A de la Hepatitis, la fiebre tifoidea, etc."⁵.

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

⁵ <http://orinoco.uneg.s5.com/Bastardo%20et%20al.pdf>

Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. En general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros: *Escherichia*; *Klebsiella*; *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Por su amplia diversidad el grupo coliformes ha sido dividido en dos grupos: coliformes totales y coliformes fecales; sin embargo, no todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales -que comprende la totalidad del grupo- y los coliformes fecales -aquéllos de origen intestinal-. Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44.5 – 45.5 °C, análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *E. coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *E. coli*.⁶

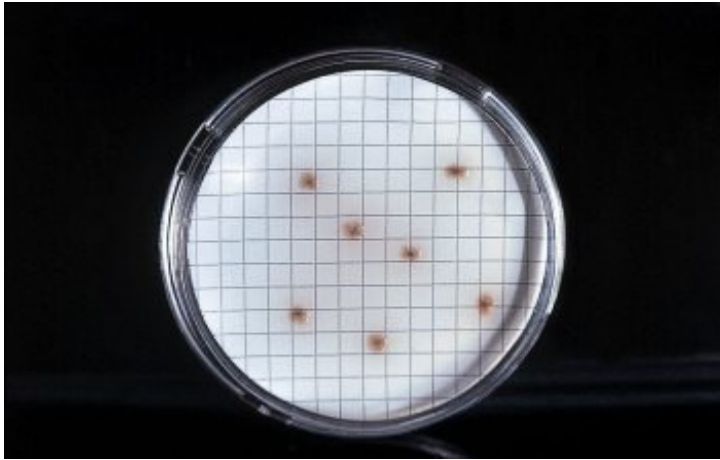
⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Coliforme>

"Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.- Formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias (que por tener forma similar se denominan genéricamente coliformes fecales) se transmiten, entre otras vías, a través de las excretas y comúnmente por la ingestión o el contacto con agua contaminada. La *Escherichia* no sobrevive por mucho tiempo en agua de mar, pero otros coliformes fecales sí, por lo que suelen reportarse en conjunto y ambos conforman un indicador de la contaminación bacteriológica de las playas".⁷



Coliformes fecales

⁷ Idem



Escherichia Coli

Los enterococos fecales son el indicador bacteriológico más eficiente para evaluar la calidad de agua de mar para uso recreativo de contacto primario, dado que resiste a las condiciones del agua de mar, pues son capaces de tolerar concentraciones relativamente altas de sales y ácidos. Son bacterias esféricas que forman sus colonias en grupos o cadenas. Se encuentran de manera natural en muchos organismos, incluidos los humanos, como parte de su flora intestinal.⁸

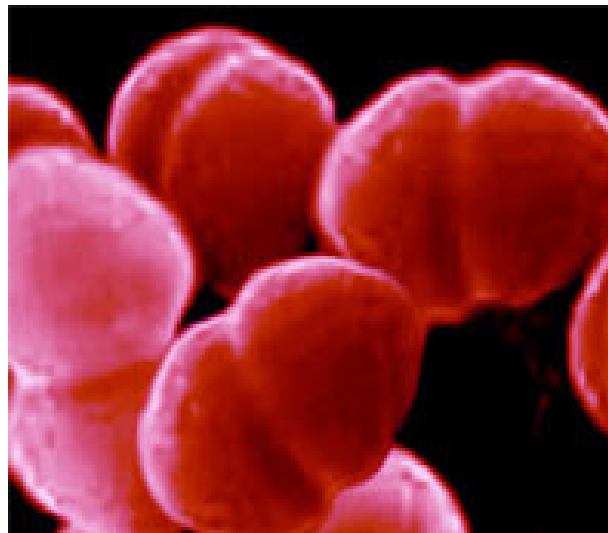
En muchos estudios los niveles de concentración de los enterococos, están relacionados directamente con la incidencia de enfermedades como gastroenteritis, enfermedades respiratorias, conjuntivitis y dermatitis, entre otras, adquiridas por bañistas y constituyen un indicador muy importante de la contaminación en las playas y de las aguas salobres. Por lo que al presentar una

⁸ Ob. cit. http://portal.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico01.shtml

mayor resistencia a la salinidad del agua marina y por el riesgo a la salud que representan, es que también se cuantifican los enterococos.⁹



Colonias de Enterococos



Enterococos

⁹ Idem

Se considera que uno de los principales problemas de los sistemas fluviales del país es la elevada contaminación a que están expuestos debido a las descargas industriales y municipales o por las aguas de drenaje procedentes de zonas urbanas y/o de zonas agropecuarias; esta agua llega a zonas costeras o ríos sin ningún tratamiento, por lo que pueden contener una elevada concentración de microorganismos patógenos, tales como *Salmonella*, *Shigella*, *Staphilococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *vibrio*, entre otros, además de indicadores fecales. Esto ha provocado que en algunos países se clausuren lugares en donde se cultivan bivalvos y zonas recreativas, a medida que aumentan las descargas de aguas negras.¹⁰ En nuestro país, se están llevando a cabo diversos estudios de monitoreo con fines de manejo y control de los contaminantes.

También, se ha observado que la principal fuente de coliformes que entra a ríos y estuarios procede del alcantarillado municipal. Las descargas de los ríos con altos contenidos de coliformes, son un riesgo para la salud de los nadadores en las playas, en las cuales, según la Secretaría de Salud, para clasificarlas, fija como límite máximo permisible de coliformes fecales tolerable para aguas de recreo un NMP (Número Más Probable) de 500CF/100ml. de agua¹¹.

En México la contaminación bacteriana se ha estudiado en lagunas costeras, siendo el caso que, en el año de 1992 (fecha en la que se llevó a cabo el muestreo para la realización del trabajo de laboratorio de la presente tesina), se

¹⁰ Ob. cit. Rodríguez-Santiago, H. Botello. A.V.

¹¹ <http://www.semarnat.gob.mx/playas/playas.03/swf/lineamientosAgua.pdf>

reportaban niveles de coliformes fecales de hasta $24 \times 10^3/100^{-1}$ ml. de agua¹², cuando el NMP de coliformes permitidos, como se desprende del párrafo anterior, era mucho menor; más aún porque diez años después, tales niveles siguen siendo superiores a los criterios que la Secretaría antes referida determina.

A esto se debe la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales, ya que no se observan los límites tolerables de bacterias coliformes totales presentes en aguas de uso recreativo como en zonas destinadas al cultivo de ostión.¹³

Por lo tanto, es deseable establecer lineamientos referentes al riesgo relacionado con la salud pública de los usuarios de estas aguas recreativas, pero también en relación a su aspecto estético. El riesgo de salud asociado con el contacto directo con aguas recreativas contaminadas, incluye infecciones por microorganismos patógenos como los anteriormente citados; la determinación del riesgo de infección puede basarse en cierto número de factores entre los que se encuentran el registro de microorganismos indicadores como los coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y estreptococos fecales (EF), aislamiento de microorganismos potencialmente patógenos o patógenos por sí mismos, la temperatura e incluso la turbiedad o aspecto estético.

Por lo tanto, en caso de llevarse a cabo descargas de aguas negras directamente al mar o a otros cuerpos de agua, éstos pueden resultar

¹² Rosas, I., Yela, A. y Baez, A. 1985. Bacterias Indicadoras de contaminación fecal en ostión (*Crassostrea virginica*), durante su desarrollo y procesamiento en el mercado. Contaminación Ambiental. 1(1): 51-64.

¹³ Ob. cit. Rosas, I., Yela, A. y Baez, A.

contaminados de manera importante y, de no tomar precauciones, los bañistas pueden correr un riesgo¹⁴.

Microorganismos que se encuentran en aguas negras y provocan enfermedades	
Microorganismos	Algunas enfermedades y síntomas
Bacterias	Gastroenteritis (incluye diarrea y dolores abdominales), salmonelosis (intoxicaciones por alimentos), cólera, otitis, conjuntivitis, enfermedades respiratorias, de la piel, etcétera.
Virus	Fiebre, resfríos, gastroenteritis, diarrea, infecciones respiratorias, hepatitis.
Protozoarios	Gastroenteritis, criptosporidiosis y giardiasos (incluye diarrea y calambres abdominales), disentería.
Lombrices	Perturbaciones digestivas, vómito, inquietud, tos, dolor en la caja torácica, fiebre y diarrea.

¹⁴ http://www.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico01.shtml

II. ANTECEDENTES.

En México el conocimiento y aprovechamiento de la flora y fauna silvestres es ancestral y tiene diferentes usos: alimenticio, textil, medicinal, religioso, ornamental y otros. Lo apreciamos en los mercados, en el campo, en las casas, en los jardines, en las historias y en los mitos de los pueblos, la diversidad biológica va de la mano de la diversidad cultural en cada región del país.¹

Asimismo, el uso, manejo y conservación de los recursos costeros juega un papel primordial en la estrategia de desarrollo de un país. Para México, la franja litoral comprende uno de los ecosistemas naturales más productivos, pues es un área de transición e influencia entre la tierra y el mar donde los procesos de producción, consumo e intercambio de energía se efectúan con una extraordinaria intensidad.

A lo largo de la historia estos ecosistemas han permitido a los pobladores de nuestro país disponer de una gran cantidad y variedad de recursos para satisfacer sus necesidades, no sólo de los habitantes ribereños sino de aquellos que se encuentran en el centro del país. Ya incluso en épocas prehispánicas las grandes civilizaciones que habitaron el altiplano llegaron a utilizar productos marinos tanto en su alimentación como en sus cultos. Sin embargo, a pesar de esta situación costera, existe en México un notable rezago en el conocimiento, aprovechamiento y manejo adecuado de los recursos

¹ http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/index.html

costeros. Lo anterior es consecuencia histórica del desarrollo de los asentamientos humanos en México y se relaciona principalmente con cuestiones climáticas en sus inicios y, posteriormente, por un mayor interés de explotar actividades del altiplano, como la minería, agricultura y ganadería, que fueron fomentadas en tiempos de la colonia y que han sido continuadas hasta la actualidad.²

Otro recurso importante de la economía pesquera, es el caso de la producción de ostión. "En México la actividad ostrícola es practicada desde épocas prehispánicas. Con el tiempo se ha convertido en una de las actividades pesqueras de mayor importancia en el país.- El litoral del Golfo de México participa con el 90% de producción ostrícola nacional, en el período 2000-2002 su producción ascendió a 48,000 toneladas.- ...En la actualidad existe una disminución considerable en la producción ostrícola... esto es debido a diferentes factores, entre éstos podemos mencionar los siguientes: ...Contaminación por asentamientos humanos".³

Sin embargo, dicha actividad se ve amenazada conforme aumenta el grado de contaminación por coliformes fecales y totales de los bancos de ostión, cuando el nivel de dichos microorganismos excede el máximo aceptable para su cultivo (70CT/100 ml y 14 CF/100 ml)⁴; ya sea por la descarga de aguas negras o el tratamiento inadecuado del agua en la que se desarrollan estos

² <http://e-mar.sct.gob.mx/fileadmin/biblioteca/ecologia/308.pdf>

³ <http://alfinal.com/Mexico/ostintabasco.shtml>

⁴ V. Botello, Alfonso. Rendón Von, Osten. Gold-Bouchot, Gerardo y Agraz-Hernández, Claudia. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. S y G editores, S.A. de C.V. 2ª. Edición. Págs. 475-504.

bivalvos, lo cual representa un peligro latente para la población consumidora de ostión, mayormente a quienes acostumbran ingerir este tipo de alimento crudo.

Por tales motivos, resulta inaplazable la tarea de abordar los problemas más apremiantes en relación con la conservación de la biodiversidad, su manejo adecuado y su aprovechamiento sustentable. Afortunadamente esta tarea no la emprendemos solos, los problemas ambientales son ya conocidos, las causas están, en lo general, identificadas, son complejas e involucran numerosos factores de carácter histórico, social, económico y científico. Desde hace ya varias décadas las organizaciones no gubernamentales, las universidades y los gobiernos del mundo están plenamente inmersos en la batalla a favor de la conservación en sus diferentes vertientes. La tarea no es sencilla pues comprende a millones de seres humanos, con costumbres, formas de pensar y representar al mundo a veces de manera diametralmente opuesta, o con intereses opuestos.⁵

Recientemente se ha estado manifestando que las fuentes energéticas y alimenticias del futuro se encuentran en los océanos.

Los trabajos que se han realizado en diversas playas del país reportan una urgente necesidad de llevar a cabo tales investigaciones, para conocer y controlar la calidad de aguas en las zonas costeras tanto de importancia turística como pesquera. El Puerto de Veracruz, como se indicó en

⁵ Ob. cit. http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/index.html

párrafos precedentes, es primordial por el comercio marítimo que se desarrolla en él, así como su industria turística existente.

Estudios anteriores se basan en la determinación de la temperatura, conjuntamente con la identificación de bacterias coliformes totales y fecales en el agua marina. Lo que permite designar las zonas donde la concentración de bacterias coliformes es mayor al límite establecido por la "Ley Federal de Derechos. Normas aplicables en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes" (NMX MX-AA-042-1987⁶ y NMX MX-AA-042-SCFI-2005)⁷, la cual señala un NMP/100 ml. como el gradiente de dilución de la bacteria de:

Coliformes Fecales (CF)	El límite establecido para descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales es de 1,000 NMP/100 mL; El límite de los Criterios Ecológicos es de 200 NMP/100 mL para uso recreativo y protección de la vida acuática marina.
Coliformes Totales (CT)	Los límites del Reglamento (1973) para recreación (1,000 NMP/100mL) y explotación pesquera 10,000 NMP/100 mL.

Los análisis que se pueden realizar al agua para controlar su calidad son: físicos, químicos y microbiológicos, siendo estos últimos, los aplicables para la identificación del grado de contaminación producido por microorganismos patógenos, tales como los coliformes totales y fecales, motivo de la presente investigación.

Por último, cabe señalar que las aguas contaminadas pueden provocar también enfermedades no infecciosas, si contienen productos tóxicos diversos, sobre todo de las aguas residuales industriales y domésticas; sin embargo, en el presente trabajo no nos ocuparemos del estudio de ese tipo de contaminantes.

⁶ [http://www.semarnat.gob.mx\(ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-1987.pdf](http://www.semarnat.gob.mx(ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-1987.pdf)

⁷ [http://www.semarnat.gob.mx\(ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-SCFI-2005.pdf](http://www.semarnat.gob.mx(ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-SCFI-2005.pdf)

III. JUSTIFICACIÓN.

México cuenta con una extraordinaria diversidad biológica a nivel de genes, especies y paisajes, y como en otras partes del mundo, ésta se encuentra amenazada por el crecimiento y desarrollo de la población humana. La presión sobre los recursos naturales aumenta día con día y el efecto sobre los ecosistemas se manifiesta notablemente en la pérdida de especies y en la desaparición, fragmentación y degradación de los hábitats, paisajes y ecosistemas.¹

Debido a lo anterior, se hace patente la necesidad de realizar una evaluación del grado de contaminación existente causada por las diversas fuentes que derraman aguas negras e industriales en esta localidad, causando graves deterioros en la calidad de aguas que son destinadas para diferentes usos, los cuales afectan: La preservación de la flora y fauna marina, la pesca comercial y lugares recreativos (natación, buceo, paseo en bote, paseo en la playa, etc.).

En México, a pesar de ser un país con grandes recursos para el turismo, no se ha mostrado una preocupación por este aspecto.

Este trabajo permite establecer ciertos criterios desde el punto de vista bacteriológico del control sanitario de las aguas naturales para el uso recreativo, así como alertar a las autoridades competentes para que tomen cartas en el asunto y aplique la normatividad en materia de contaminación de aguas.

¹ Idem

En virtud de lo anterior, es necesario resaltar que el presente proyecto se llevó a cabo en dos etapas, la primera de manera experimental (trabajo de laboratorio) y la segunda de forma teórica (análisis comparativo), esto es, partiendo de lo obtenido en la fase primigenia, se realizó un comparativo para determinar la variación del nivel de contaminación que ha ocurrido a más de una década (1992 al 2002), en aguas recreativas de la playa de Boca del Río, Veracruz, México.

IV. OBJETIVOS:

GENERAL:

Realizar un análisis comparativo del grado de contaminación bacteriana producida por el hombre en aguas de recreo de Boca del Río, Veracruz, México (1992-2000).

PARTICULARES:

Aislar e identificar microorganismos patógenos y potencialmente patógenos en aguas de recreo de Boca del Río, Veracruz, mediante muestreos realizados del mes de junio a diciembre de 1992.

Determinar si hay variación en el NMP de Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF) y Estreptococos Fecales (EF), obtenido en aguas recreativas de la zona turística de Boca del Río, Veracruz, México, entre 1992 y los reportados por la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua para 2002 y años subsecuentes.

V. MARCO JURÍDICO.

Todo proyecto ecológico debe contemplar la normatividad jurídica en que se ve inmerso, desde su estudio hasta las propuestas de solución, como es la aplicación del precepto legal que se encargue de regular tales problemas; en virtud de lo anterior y, tomando en cuenta que el presente trabajo tiene como propósito contribuir a mejorar la calidad de aguas para uso recreativo en playas turísticas, así como, las de los bancos de ostión destinadas para el cultivo de esos bivalvos localizados en la zona en análisis, resulta importante citar las principales legislaciones en las que encuentran su apoyo este tipo de investigaciones:

"Marco de Sustentación Jurídica Federal

El Ordenamiento Ecológico del Territorio, se basa en los siguientes ordenamientos jurídicos:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley General de Planeación.
- Ley General de Salud.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley Agraria.
- Ley Forestal.
- Ley Federal de Reforma Agraria.
- Ley General de Asentamientos Humanos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Ley General de Vida Silvestre.
- Ley Federal de Derechos. Normas aplicables en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.

La sustentación legal para un proyecto de ordenamiento ecológico tiene dos vertientes básicas: la primera como base legal fundamental para gestionar el estudio y la segunda que permite su instrumentación legal".¹

¹ http://www.semarnat.gob.mx/tlaxcala/ordenamiento/oe_marco.htm

En ese sentido, debemos resaltar que: "Los estándares de calidad de agua están descritos en términos de niveles permisibles en la emisión de agua residual o las concentraciones aceptables en el agua de cuerpos receptores a los que se da un uso determinado. Estos límites están establecidos por una serie de documentos oficiales que constituyen el marco legal a partir del cual se pueden articular las acciones de protección. Desde luego, el documento más importante es la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada el 28 de enero de 1988. Esta ley menciona en su artículo 117, párrafo II, que: "*Corresponde al estado y a la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua incluyendo las aguas del subsuelo.*" En el párrafo IV indica que: "*Las aguas residuales de origen urbano, deben recibir un tratamiento previo a su descarga*". Lo anterior se considera básico para el establecimiento de criterios sanitarios de uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, así como para la formulación de normas que indican la calidad del agua para diversos usos (SEDUE, 1989).- Las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales, se describen en tres partes: la primera, que indica los límites de contaminantes que puede tener el agua que se vierte en aguas y bienes nacionales y que es de 1,000 coliformes fecales (CF)/100 ml promedio mensual (SEMARNAT, 1996); la segunda, que indica los límites para agua residual que es eliminada en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, en la cual no se mencionan los grupos de bacterias (SEMARNAT, 1988a); y la tercera relacionada con los niveles que puede

contener el agua residual que será sometida a tratamiento y después reusada en servicios públicos, en este caso 1,000 CF/100 ml promedio mensual, si el servicio implica un contacto directo ocasional y 240 CF/100 ml si está implícito el contacto directo (SEMARNAT, 1998b).- Los límites máximos permisibles de contaminantes en cuerpos receptores para la protección de la vida acuática (1,000 CF/100 ml, en agua dulce y humedales, así como para riego, y en agua costera y estuarios (240 CF/100 ml), se establecen en la "Ley Federal de Derechos. Normas aplicables en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes" (CNA, 2003)".²

La vigilancia de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua y a la Secretaría de Salud, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a las mismas se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.³

Por lo tanto, resulta imprescindible tomar en cuenta lo establecido por los citados ordenamientos jurídicos, pues en los mismos se describen específicamente los lineamientos aplicables para cada situación que ponga en riesgo tanto la salud del país como su entorno ecológico, así como la sanción correspondiente cuando se incurra en incumplimiento de dicha normatividad.

² Ob. cit. V. Botello, Alfonso. Págs. 480-481.

³ <http://www.economia-noms.gob.mx/>

VI. ZONA DE ESTUDIO.

ESTADO DE VERACRUZ

BOCA DEL RÍO

NOMENCLATURA

Denominación: Boca del Río.

Toponimia: Su nombre obedece a la barra que forma el río Jamapa al desembocar en el Golfo de México. Los mexicas la llamaron Tlapaquitan o tierra partida. Los españoles le llamaron Río de las Banderas, recordando que los indígenas se comunicaron con ellos por medio de éstas.

HISTORIA

Reseña Histórica: El lugar recibe el nombre por su ubicación en el margen izquierdo del río Jamapa en su desembocadura. Los españoles de Grijalva, en 1518 le llaman río de Banderas, porque ahí rescataron oro, con indígenas que llevaban pequeñas banderas para hacer señales. Después de 1474 quedan bajo la dominación mexicana que le llamó Tlapamiquitlan (tierra partida), y así figura en el código Mendocino con el distrito fiscal de Cuatlachtlan.

En 1879 se segregan de Boca del Río, la Hacienda de Santa María Punta, Hato y Antón Lizardo, para pertenecer al Municipio de Alvarado.

Por decreto del 26 de enero de 1988, se eleva a la categoría política de Ciudad, la Villa de Boca del Río.

Para facilitar la ubicación de la zona en estudio, primeramente se parte de un mapa del Estado de Veracruz, el cual se encuentra dividido en varias Regiones (Mapa 1), entre las que se encuentra la Región del Sotavento (Mapa 2), demarcación conformada por diversos Municipios entre los que se localiza la Ciudad de Boca del Río (Mapa 3).

DIVISIÓN DEL ESTADO DE VERACRUZ POR REGIONES



Mapa 1. División del Estado de Veracruz en Zonas Regionales.¹

¹ http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ENM_veracruz



Mapa 2. Región del Sotavento y Municipios que la conforman.²

MEDIO FÍSICO:

Localización:

Se localiza en la zona centro costera del Estado, en las coordenadas 19° 07' latitud norte y 96° 06' longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y noroeste con Veracruz, al este con el Golfo de México, al sureste con Alvarado, al sur con Medellín, al oeste con Veracruz y Medellín. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 95 Km.

² Idem



Mapa 3. Ubicación de Boca del Río en la Región del Sotavento en el Estado de Veracruz.³

Extensión: Tiene una superficie de 42.77 Km², cifra que representa un 0.06% del total del Estado.

Orografía: El Municipio se encuentra ubicado en la zona central del estado, sobre la parte costera de las Llanuras del Sotavento.

Hidrografía: Se encuentra regado por el río Jamapa que desemboca en la barra de Boca del Río en el Golfo de México.

Clima: Su clima es cálido-regular con una temperatura promedio de 25 °C; su precipitación pluvial media anual es de 1 mil 694 mm.

³ Idem

Principales Ecosistemas: Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de bosque alto o mediano tropical perennifolio con especies como el chicozapote, caoba y pucté (árbol de chicle); donde se desarrolla una fauna compuesta por poblaciones de armadillos, ardillas, conejos, tlacuaches, tejones, comadreas y zorrillos.

Recursos Naturales: Su riqueza está representada por yacimientos minerales como el petróleo y el gas natural.

Características y Uso del Suelo: Su suelo es de tipo regosol, se caracteriza por no presentar capas distintas, tonalidades claras y de susceptibilidad variable a la erosión. El mayor porcentaje de su suelo se utiliza en la ganadería y la agricultura.

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Principales Sectores, Productos y Servicios

Agricultura: El municipio cuenta con una superficie total de 1,618.246 hectáreas, de las que se siembran 898.580 en las 106 unidades de producción. Los principales productos agrícolas y la superficie correspondiente en hectáreas que se cosecha son maíz con 35.00 y 10.00 de frijol. Existen 49 unidades de producción rural con actividad forestal, de las que 21 se dedican a productos maderables.

Ganadería: Tiene una superficie de 1,357 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 86 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. Cuenta con 6,147 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además de la cría de ganado porcino, ovino y equino. Las granjas avícolas tienen cierta importancia.

Industria: En el municipio se han establecido industrias entre las cuales encontramos 19 microempresas, 10 pequeñas empresas, 1 mediana y 3 grandes; es importante mencionar, que dentro de éstas hay 6 con calidad de exportación, encontrando 3 PITEX. Destacan las industrias empacadoras de cítricos, fabricación de tubos de concreto, productos químicos y elaboración de concreto premezclado.

Turismo: En el municipio existen, al 31 de diciembre de 1996, 33 establecimientos de hospedaje, los cuales hacen un total de 2,238 habitaciones disponibles.

Comercio: En el Municipio existen más de 4,000 comercios. De los cuales, tiene 95 almacenes y tiendas de ropa, 33 zapaterías, 35 ferreterías, 35 mueblerías, 12 mueblerías, 70 misceláneas y 22 tiendas de materiales para la construcción.

Servicios: En el municipio se brindan servicios de 28 hoteles, 8 moteles, 93 restaurantes, 14 agencias de viajes y 6 arrendadoras.

Población Económicamente Activa por Sector Productivo:

La actividad económica del municipio por sector, se distribuye de la siguiente forma:

Sector primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	1.78%
Sector secundario (Minería, extracción de petróleo y gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción)	32.70%
Sector terciario (Comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes, hoteles, personal de mantenimiento y otros.)	64.69%
No especificado	0.83%

Gastronomía: Es importante mencionar que en este municipio tienen el récord de Guínes de: "El filete de pescado relleno de mariscos más grande del mundo".

El pescado empapelado, el chilpachole de jaiba, el pulpo frito, la ensalada de caracol, los camarones y pulpos en su tinta, los buñuelos dulces de leche y de papa y los famosos "Toritos", que son bebidas preparadas a base de alcohol de caña y frutas.

Centros Turísticos: Municipio conurbado al Puerto de Veracruz, en el que se localiza el moderno desarrollo hotelero que satisface las necesidades del turista internacional, ya sea en viaje de placer o de negocios, cuenta con hermosas playas, restaurantes, centros nocturnos, instalaciones deportivas, centros de diversión, grandes y lujosas plazas comerciales y un importante centro de convenciones y exposiciones WTC "Expover".⁴

⁴ <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/mpios/30028a.htm>

VII. MATERIAL Y MÉTODOS:

VII.1. TRABAJO DE LABORATORIO.

EXAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA DE AGUAS RECREATIVAS.

Las aguas recreativas pueden ser categorizadas como "agua dulce de albercas" y aguas dulces y marinas "naturales". Históricamente, éstas son examinadas para bacterias coliformes y/o cuenta en placa estándar. Las técnicas descritas abajo son aceptables, los métodos disponibles para los microorganismos más frecuentemente sugeridos como indicadores de la calidad del agua recreativa son descritos.

Una playa natural para bañistas es cualquier área de línea de marea de un lago, río o el océano que es usado para la recreación. Una amplia variedad de microorganismos potencialmente patógenos pueden ser transmitidos al hombre a través del uso de aguas dulces o de mar contaminado por aguas de desecho. Éstos incluyen: a) Enteropatógenos, tales como *salmonellas*, *shigelas*, enterovirus y parásitos multicelulares; patógenos humanos y "oportunistas" tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Aeromonas hydrophila*, las cuales pueden multiplicarse en aguas recreativas cuando existen suficientes nutrientes; b) organismos llevados al agua por la piel y orificios superiores de los bañistas, tal es el caso de *Staphylococcus aureus* (4, 5, 6, 7) y c) otros organismos, por ejemplo, microbacterias patógenas y leptospiras, *Francisella tularensis* y especies de *Naegleria* patógenas.

Los métodos para la examinación del agua desde el punto de vista bacteriológico están perfectamente estandarizados y es necesario ajustarse a los detalles de cada procedimiento, si los resultados han de tener un significado oficial.

VII.1.1. MATERIAL.

a) Aparatos

Autoclave	Parrilla
Estufa de incubación bacteriológica	Baño María de temperatura constante
Balanza granataria	

b) Vidriería

Tubos de ensaye	Frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado, de 250 ml. de capacidad
Campanas Durham	
Cajas petri	Vasos de precipitado de 100 ml. de capacidad
Cristalizados	Termómetro
Matraces E.M.	Pipetas serológicas de 10.0 y 1.0/100 ml.
Probeta de 100 ml.	

c) Varios

Gradillas	Etiquetas autoadheribles
Asa de siembra bacteriológica	Mecheros
Algodón	
Gasa	
Masking tape	

d) Medios de Cultivo

Caldo Lactosado	Agar EMB
Caldo Bilis Verde Brillante	Agar TSA
Caldo Azida Dextrosa	Caldo rojo fenol base más azúcares disponibles
Medio E.C.	
Agar KF-estreptococos	Caldo rojo fenol base más azúcares disponibles

e) Reactivos

Tren de tinción Gram	Reactivo de Kovac
Naftol	Agua de dilución
Indicador Rojo de metilo	2,3,5 trifenil tetrazolio

VII.1.2. MÉTODOS:

Para la presente investigación se seleccionó como área de estudio las aguas de recreo de la playa de Boca del Río, Veracruz, México, localizadas frente a la zona turística.

Se realizó un total de 6 salidas con un lapso intermedio de mes y medio entre cada una.

Se tomaron dos muestras (una de superficie y otra de profundidad) en dos puntos de la zona a una distancia de 50 metros aproximadamente, proporcionando un total de cuatro muestras por día.

A estas muestras se les aplicaron las siguientes pruebas:

- 1) Coliformes totales y fecales
- 2) Estreptococos fecales

Se efectuaron dos muestreos por cada salida al campo, el primero de ellos se realizó a las 15:00 p.m. horas y el segundo a las 8:00 a.m. horas.

Las muestras se tomaron desde una lancha, justamente por debajo del espejo del agua (la de superficie) y a 30 centímetros de profundidad (la de profundidad) y a 50 metros de distancia del primer muestreo, se hace lo mismo.

Las técnicas que se emplearon en el presente estudio, fueron las siguientes:

a) Elección y Esterilización de los recipientes.

Los recipientes de elección para la toma de muestra de análisis bacteriológico son botellas de vidrio de boca ancha, tapón esmerilado de 250 ml. de capacidad, previamente lavados con detergente y enjuagados al menos por 3 veces con agua corriente y un enjuague final con agua destilada. Su esterilización se efectuó por autoclave a 15 lb de presión, 121 °C, 15 minutos, colocando una tira pequeña de papel entre el frasco y el tapón para facilitar la apertura en el momento de tomar la muestra (2,8).

b) Procedimiento de muestreo.

Las muestras se tomaron desde una lancha y se colectaron por un costado de ella, justamente por debajo del espejo de agua, dejando un espacio vacío en la botella (al menos 2.5 cm), para facilitar el homogenizado en el momento de sembrar y en las áreas de mayor densidad de bañistas.

c) Almacenamiento de las muestras.

A pesar de que las muestras fueron procesadas dentro de un tiempo máximo de una hora, todas ellas se colocaron en hieleras al momento de ser recolectadas, para evitar que hubiera desarrollo de microorganismos.

Los medios de cultivo que se emplean para la determinación de la calidad bacteriológica del agua son muy variados. En este caso, se utilizó el método por tubos de dilución en donde los medios de cultivo empleados tienen diferente aplicación, dependiendo del tipo de muestra que se esté procesando (2, 3, 11).

VII.1.2.1. PRUEBA DE COLIFORMES TOTALES POR TUBOS DE FERMENTACIÓN MÚLTIPLE (NMP) [2].

Prueba presuntiva. Esta prueba se realizó en tubos de dilución múltiple en 3 series de 3 tubos, cada uno conteniendo Caldo Lactosado como medio de cultivo y campana de Durham para evidenciar el desprendimiento de gas (tubos "primarios" de fermentación). La primera serie de tubos contenía 10 ml. de medio de cultivo a doble concentración, las dos series restantes contenían, también, 10 ml. de medio pero a concentración normal. En la primera serie se inocularon 10 ml. de muestra, en la segunda serie 1 ml. y en la tercera serie 0.1 ml.

Los tubos de fermentación así inoculados se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Después de 24 ± 2 horas, se examinaron los tubos para la presencia de gas, los tubos negativos, en los que hubo ausencia de gas, se reincubaron para su posterior examinación a las $48 \pm$ horas.

Interpretación.

Prueba Presuntiva.- La formación de gas en cualquier cantidad dentro de la campana de Durham, dentro de las 48 ± 3 horas, constituyó una Prueba Presuntiva Positiva, el medio vira a color amarillo debido a formación de ácido.

Prueba confirmativa.- La prueba confirmativa se efectuó en Caldo Bilis Verde Brillante al 2%.

Los tubos que fueron positivos en Caldo Lactosado se resembraron en los tubos de fermentación con campana de Durham por medio de una asa bacteriológica, anotando adecuadamente el tubo primario de fermentación de donde procedía y se incubaron a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ por 24 ± 2 ó 48 ± 3 horas.

Interpretación.

La formación de gas en cualquier cantidad dentro de la campana de Durham, dentro de las 48 ± 3 horas, constituyó una Prueba Confirmativa Positiva.

Cálculo de la densidad de coliformes.

Tanto en la prueba de CT como en CF, la densidad de microorganismos se efectuó a través de las tablas estándares que aparecen en bibliografía especializada.

VII.1.2.2. PROCEDIMIENTO PARA COLIFORMES FECALES.

Esta prueba de temperatura elevada permitió la separación de organismos del grupo coliformes en aquéllos de origen fecal y no fecal, usando el medio EC.

Procedimiento.

Se efectuó una transferencia de todos los tubos positivos de la prueba presuntiva de CT al medio EC con una asa bacteriológica. Se incubaron a baño María a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, por 24 ± 2 horas.

Interpretación.

La producción de gas los tubos de fermentación a las 24 horas o menos se consideró una prueba positiva, si no se presentó gas en este lapso de tiempo, la prueba se consideró negativa y por tanto una fuente diferente a la fecal.

Cálculo de la densidad de coliformes.

Tanto en la prueba de CT como en CF, la densidad de microorganismos se efectuó a través de las tablas estándares que aparecen en bibliografía especializada.

VII.1.2.3. PROCEDIMIENTO PARA ESTREPTOCOCOS FECALES.

Técnica por tubos de fermentación múltiple.

Interpretación.

Prueba Presuntiva.- Se inoculó una serie de 3 tubos que contenía Caldo Azida Dextrosa a doble concentración con 10ml. de muestra. 3 tubos con concentración sencilla de Caldo Azida Dextrosa se inoculó con 1ml. de muestra y una serie final de 3 tubos se inoculó con 0.1ml de muestra.

Se incubaron los tubos a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se examinaron en busca de turbiedad a las 24 ± 2 horas o a las 48 ± 3 horas.

La prueba confirmativa se efectuó tomando una asada de los tubos positivos y se resembraron en placas de agar KF-estreptococos. Se incubaron invertidas a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas. Las colonias cafés-negro con halo café confirman la presencia de EF.

Para preparar el agar KF-estreptococos se disolvió 76.4g de medio en un litro de agua destilada estéril, en un matraz también estéril y se calentó en baño María a ebullición hasta su disolución total. Posteriormente se dejó enfriar a $50-60^{\circ}\text{C}$ y se le adicionaron 10 ml. de solución estéril de 2,3,5 trifenil-tetrazolio al 1% (Este medio puede permanecer hasta por 30 días en refrigeración a $2-10^{\circ}\text{C}$ en la obscuridad).

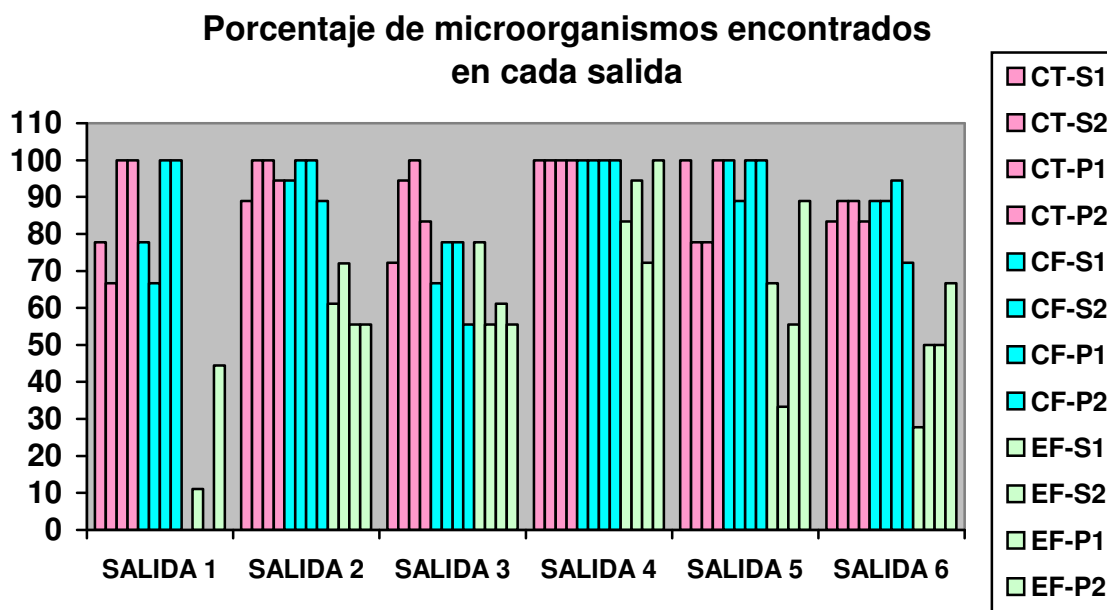
El cálculo de la densidad de EF se efectúa a través de tablas preestablecidas en bibliografía especializada, de igual forma que para CT y CF.

VII.2. TRABAJO BIBLIOGRÁFICO.

Para la parte teórica correspondiente al análisis comparativo, se utilizaron diversas fuentes bibliográficas y consulta de resultados aportados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Golfo Centro, así como múltiples publicaciones de carácter informativo en Internet.

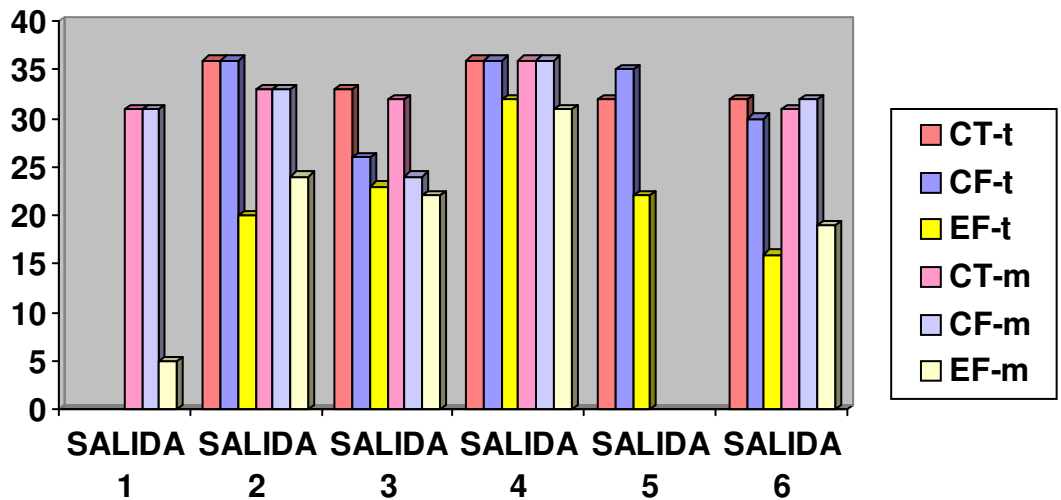
VIII. RESULTADOS

Los registros obtenidos de las pruebas confirmativas para identificar la presencia de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Estreptococos Fecales (ver Anexo tablas 1, 2, 3, 4 y 5), reflejaron porcentajes variables para cada microorganismo. Tomando en cuenta que el número total de tubos con distintas diluciones para dichas pruebas era de 9 por lugar de muestreo (zonas S1, S2, P1, P2), al resultar todos positivos, se consideró que tal cantidad correspondía al 100% de tubos positivos y partiendo de ello se determinó el porcentaje de bacterias encontradas en las demás muestras, lo que permitió diferenciar de manera precisa la presencia de los organismos en estudio; cabe resaltar que, para los casos en que se llevó a cabo el muestreo en ambos días, se calculó el promedio de los datos obtenidos, para así, poder obtener el porcentaje aducido.



Gráfica 1

DE TUBOS POSITIVOS POR BACTERIA Y HORA DE MUESTREO (TARDE O MAÑANA)



Gráfica 2. Muestra el número de tubos que dieron positivo en las pruebas confirmativas realizadas para cada tipo de bacterias en estudio (un color para cada bacteria), realizando un comparativo de las muestras que fueron tomadas en la tarde con las que se recolectaron en la mañana (estas últimas se indican con un color más tenue).

Los datos obtenidos con las pruebas presuntivas y confirmativas para Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Streptococcus Fecales*, para así poder calcular el Número Más Probable, se agregan en el anexo donde pueden ser consultadas y los resultado de NMP se reportan en hojas separadas, una por cada día de muestreo, anotando la estación, número de salida y fecha en que se llevó a cabo, así como ciertas características del lugar, temperatura, clima, momento en que se recolectó la muestra (si fue en la tarde o en la mañana) y algún otro antecedente que permita realizar un análisis más preciso de los resultados en estudio.

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

1

FECHA

1 Y 2 DE FEBRERO DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 1 de febrero de 1992	Medio Ambiente: 21 °C Agua: No se tomó	Mar revuelto o picado.	Templado
NOTA: El sábado no se llevó a cabo el muestreo porque no conseguimos lancha			
Domingo 2 de febrero de 1992	Medio Ambiente: 19.5 °C Agua: 20 °C	Marea alta, el agua invadió la playa, mar muy rebotado.	Frío, un poco nublado

Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	132	24
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
000	0
100	3.6
000	0
310	43

Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	132	24
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
000	0
100	3.6
000	0
310	43

Coliformes Fecales
(Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	132	24
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

2

FECHA

17 Y 18 DE ABRIL DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Viernes 17 de abril de 1992	Medio Ambiente: 33°C Agua: 32°C	Mucho movimiento de lanchas, gran cantidad de gente por período vacacional.	Caluroso, muy soleado

Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
330	240
332	1100
331	460
331	460

Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
310	43
331	460
331	460
331	460

Coliformes Fecales
(Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 18 de abril de 1992	Medio Ambiente: 36 °C Agua: 32 °C	Menos gente que el día anterior, el movimiento apenas empezaba (8:00 a.m.)	Templado, despejado

Coliformes Totales (Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales (Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
331	460
231	36
331	460
331	460

Coliformes Totales (Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	133	29
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	233	53

Estreptococos Fecales (Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
331	460
231	36
331	460
331	460

Coliformes Fecales (Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	233	53
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	322	210

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

3

FECHA

30 Y 31 DE MAYO DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 30 de mayo de 1992	Medio Ambiente: 30 °C Agua: 29 °C		Soleado, despejado

Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	332	1100
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
331	460
232	44
333	≥2400
321	150

Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	332	1100
P ₁	333	≥2400
P ₂	312	120

Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
331	460
232	44
333	≥2400
321	150

Coliformes Fecales
(Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	330	240
S ₂	332	1100
P ₁	331	460
P ₂	310	43

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Domingo 31 de mayo de 1992	Medio Ambiente: 29°C Agua: 28°C		Templado, despejado

**Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)**

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)**

Lectura	NMP
333	≥2400
333	≥2400
330	240
331	460

**Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	321	150
S ₂	332	1100
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)**

Lectura	NMP
333	≥2400
223	42
330	240
331	460

**Coliformes Fecales
(Medio E.C.)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	312	120
S ₂	320	93
P ₁	322	210
P ₂	312	120

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

4

FECHA

4 Y 5 DE JULIO DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 4 de julio de 1992	Medio Ambiente: 34 °C Agua: 32 °C	Agua muy revuelta debido a los fuertes vientos. Época vacacional	Templado, con pocas nubes, mucho viento

Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	332	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
332	1100
332	1100
332	1100
333	≥2400

Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
332	1100
332	1100
332	1100
333	≥2400

Coliformes Fecales
(Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Domingo 5 de julio de 1992	Medio Ambiente: 24°C Agua: 22°C	El agua un poco más tranquila que el día anterior	Lluvioso, un poco caluroso

**Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)**

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)**

Lectura	NMP
313	160
333	≥2400
312	120
333	≥2400

**Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)**

Lectura	NMP
313	160
333	≥2400
312	120
333	≥2400

**Coliformes Fecales
(Medio E.C.)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

5

FECHA

29 Y 30 DE AGOSTO DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 29 de agosto de 1992	Medio Ambiente: 31 °C Agua: 30 °C	Movimiento de vacacionistas	Caluroso
Domingo 30 de agosto de 1992	Medio Ambiente: 25 °C Agua: No se tomó		Templado

NOTA: El domingo no se llevó a cabo el muestreo debido a un percance del chofer

**Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)**

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)**

Lectura	NMP
332	1100
332	1100
331	460
333	≥2400

**Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	313	160
P ₁	232	44
P ₂	333	≥2400

**Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)**

Lectura	NMP
331	460
331	460
331	460
233	53

**Coliformes Fecales
(Medio E.C.)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	323	290
P ₁	333	≥2400
P ₂	333	≥2400

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

SALIDA No.

6

FECHA

19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1992.

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Sábado 19 de septiembre de 1992	Medio Ambiente: 33°C Agua: 30°C	Agua revuelta	Lluvioso, caluroso

Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	332	1100
P ₁	333	≥2400
P ₂	332	1100

Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)

Lectura	NMP
333	≥2400
332	1100
333	≥2400
333	≥2400

Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	332	1100
P ₁	333	≥2400
P ₂	332	1100

Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)

Lectura	NMP
322	210
322	210
333	≥2400
323	290

Coliformes Fecales
(Medio E.C.)

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	331	460
S ₂	232	44
P ₁	333	≥2400
P ₂	232	44

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

ESTACIÓN: BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

DATOS GENERALES

Fecha	Temperatura:	Características Macro	Clima:
Domingo 20 de septiembre de 1992	Medio Ambiente: 27°C Agua: 25°C	El mar tranquilo, poco movimiento de gente	Templado

**Coliformes Totales
(Caldo Lactosado)**

Presuntiva

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	332	1100
P ₂	232	44

**Estreptococos Fecales
(Azida Dextrosa)**

Lectura	NMP
321	150
323	290
311	75
323	290

**Coliformes Totales
(Caldo Bilis Verde Brillante)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	323	290
S ₂	333	≥2400
P ₁	232	44
P ₂	232	44

**Estreptococos Fecales
(Agar KF-estreptococos)**

Lectura	NMP
320	93
323	290
311	75
323	290

**Coliformes Fecales
(Medio E.C.)**

Confirmativa

Muestra	Lectura	NMP
S ₁	333	≥2400
S ₂	333	≥2400
P ₁	332	1100
P ₂	222	35

NMP = Número Más Probable

S₁ = Superficie 1

S₂ = Superficie 2

P₁ = Profundidad 1

P₂ = Profundidad 2

Clave estación	Ubicación	DATE	HORA	COLI_FEC	COLI_TOT	TEP_AMB	TEMP_AGUA
02VC28BB0280001	BOCA DEL RÍO (BARRA)	17/03/2002	12:05	11000	24000	27	28
02VC28BB0280001	BOCA DEL RÍO (BARRA)	11/04/2003	10:50	430	750	22	24.70
02VC28BB0280001	BOCA DEL RÍO (BARRA)	26/03/2004	7:50	240000	240000	28	26.50
02VC28BB0280001	BOCA DEL RÍO (BARRA)	15/04/2005	17:40	150	150	26.30	28.57
31VC28BB0280001	BOCA DEL RÍO (BARRA)	20/04/2006	16:30	9	15	30	28

Cuadro # 1. Muestra los resultados proporcionados por la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua, correspondientes al NMP de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, obtenidos en aguas de recreo de Boca del Río, Veracruz, mediante estudios realizados en los años de 2002 a 2006, los cuales sirven como parámetro para el análisis comparativo de la presente investigación.

NOSEC
PSGC-07
PSGC-07
PSGC-07
PSGC-07
PSGC-07

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en las 6 salidas, llevadas a cabo del mes de febrero a diciembre de 1992, reflejaron la existencia de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y estreptococos fecales (EF), en aguas de recreo de la playa de Boca del Río, Veracruz (ver Anexo tablas 2, 3 y 5).

También, dichos registros demuestran que los niveles de contaminación en el año de 1992, eran considerablemente elevados, lo que representaba un riesgo para la salud; pues como se desprende de los reportes correspondientes a cada una de las salidas (fojas 38 a 47), en la mayoría de los días el número de microorganismos encontrados rebasó tanto los límites máximos permisibles que establecen las Normas Oficiales Mexicanas de 1,000 coliformes fecales (CF)/100 ml. promedio mensual (SEMARNAT, 1996), para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales (las que serán sometidas a tratamiento y después reusadas en servicios públicos, si el servicio implica un contacto directo ocasional) y 240 CF/100 ml. si está implícito el contacto directo (SEMARNAT, 1998b), como en las aguas costeras¹, así como el nivel de enterococos fecales que la Secretaría de Salud señala para aguas de recreo de 500NMP/100 ml. de agua, no obstante que el rango fijado por dicho órgano de salud, cuenta con un margen de amplitud mayor, en comparación con el determinado por las Normas antes indicadas (240 CF/100ml), por lo que, se tomó como base este último, para la realización del presente análisis.

¹ Ob. cita. Norma Oficial Mexicana, SEMARNAT

De los datos arrojados en las pruebas confirmativas para la identificación de tales microorganismos, los cuales son expresados en porcentajes (Anexo gráfica 1), se observa que existe una gran similitud entre las cantidades de CT y CF, no así por lo que hace a EF, pues estos últimos refieren un porcentaje menor en comparación con los dos primeramente indicados. Sin embargo, si comparamos cada una de las zonas de muestreo (S1, S2, P1 y P2) entre sí, se deduce que no existen diferencias significativas en cuanto a la presencia de microorganismos patógenos, ya que la mayoría expresó un porcentaje superior al 50%, lo que viene a corroborar que, como ya se mencionó con anterioridad, en el año de 1992, existía un alto grado de contaminación en dicha zona.

La gráfica 2 donde se reporta el número de tubos positivos por cada bacteria y hora de muestreo, denota que las muestras que fueron tomadas en la tarde (15:00 p.m.), presentaron mayor incidencia de tubos positivos que las recolectadas en la mañana del día siguiente (8:00 a.m.); ello es así, porque después del medio día es cuando la actividad tanto turística como pesquera se encuentra intensificada, pues el horario en que inician sus labores cotidianas en esta zona costera es después de las 10:00 a.m. aproximadamente.

Ahora bien, del reporte indicado para cada salida se advierte que el comportamiento de crecimiento de microorganismos guarda cierta relación con las condiciones climáticas y las macro características del lugar (ver salida 1 y segundo día de la 6), ya que se observa que cuando la temperatura del sitio de muestreo se reporta baja, el crecimiento de EF disminuye; lo anterior debido a que

este tipo de bacterias se desarrolla en ambientes con un grado de temperatura mayor que en la que los coliformes proliferan; además, porque en los días de muestreo antes referidos el mar estaba revuelto, lo que provocó un mayor movimiento de agua y menos probabilidad de contaminación, al existir un constante intercambio de agua entre los esteros que se encuentran en dicha región y el mar; el clima variaba de templado a frío, para la salida 1 (lo que ocasiona un aumento en la humedad del ambiente), y para la 6, el clima era de templado a lluvioso, factores que aportan un mayor gradiente de dilución (como se advierte específicamente del primer día de recolecta de la salida 6, en la muestra S1) y, en consecuencia, la disminución de bacterias patógenas. En cambio, en las siguientes salidas el comportamiento de los microorganismos reportado son semejantes y los cambios climáticos no son tan significativos; lo que permite considerar que en condiciones de alta humedad, lluvias y fuertes vientos, el nivel de microorganismos que se encuentran en la superficie será menor; pues la salinidad no sufre un incremento considerable por lo que la población de estreptococos se ve inhibida y, por lo que hace a coliformes su presencia disminuye debido al desplazamiento de la capa superficial de agua por los fuertes vientos.

Por lo que hace al análisis de NMP (Número Más Probable), como ya antes se indicó, el mismo se llevó a cabo con base en el límite máximo

permisible de enterococos fecales tolerable para aguas de recreo de 500CF/100 ml. de agua², que la Secretaría de Salud, establece para clasificar las playas.

El período en el cual se presentó un aumento considerable en el NMP de las bacterias patógenas en análisis, fue en abril y julio, principalmente en este último, en el que el número de microorganismos rebasó totalmente los límites que marca la norma, pues arrojaron cifras de 2400NMP, además de registrar temperaturas elevadas en comparación con los demás meses, así como un clima más caluroso; tales variaciones en primer lugar, se debieron a que dichos muestreos se realizaron en época vacacional, para el mes citado en primer lugar, durante el período conocido como de "Semana Santa" y para el segundo al final del ciclo escolar, por lo tanto, el exagerado movimiento de lanchas y la excesiva afluencia de turistas, provocaron que la presencia de enterococos en las zonas de colecta, tanto de superficie como de profundidad, fuera de manera uniforme; por lo que se deduce que en ambas zonas de muestro (Superficie y Profundidad), existe la presencia tanto de coliformes totales como fecales, microorganismos que al ser considerados como identificadores de contaminación en el agua, aparecer de manera constante en la mayoría de las pruebas realizadas y, representar un incremento notable en la segunda y cuarta salida, estiman una alerta para la valuación de la calidad del agua del citado lugar recreativo, pues no hay que olvidar que, en virtud de que el Puerto de Veracruz es un lugar altamente turístico, en esas fechas se encontraba sobrepoblado por turistas tanto extranjeros como

² <http://www.semarnat.gob.mx/playas/playas.03/swf/lineamientosAgua.pdf>

nacionales, lo que incrementó de manera lógica la contaminación de todos los tipos en estas playas.

Cabe señalar que por lo que hace al NMP para *Estreptococos Fecales* (ver reportes por salida), las zonas en que se rebasaron los límites permisibles, correspondían a muestras recolectadas en la profundidad, lo que hace presumir que la presencia de estas bacterias en dichas zonas, se debe a que el desagüe de desechos se realiza por medio de tubos de drenaje subterráneos que desembocan a esta altura y, en ocasiones, algunos son clandestinos, además de que no existe en ese lugar tanto movimiento del agua como en la superficie, para que llegue a la franja más cercana a la costa; además, porque este tipo de microorganismos se desarrolla más en áreas profundas, entre ellas, el sedimento y, en cambio, el NMP de bacterias coliformes fecales fue menor, debido a que tienen un corto tiempo de vida en aguas salobres.

En contraste con lo anterior, los meses de febrero y septiembre, arrojaron una menor incidencia de EF, ya que se obtuvieron NMP por abajo del nivel aprobado (por ejemplo para *Estreptococos Fecales* de 3.6, 43, 35, 44, 75, 290, etc.); por lo que se infiere que, como se mencionó en párrafos anteriores, la concentración de las bacterias en análisis también puede variar de acuerdo a las condiciones climatológicas, pues en ambientes templados o lluviosos se observó una disminución; lo anterior debido a que el nivel de salinidad es menor, lo que impide el desarrollo de estas bacterias, pues como ya se ha señalado, este tipo de microorganismos contrariamente a los coliformes, crecen mejor en aguas con alta concentración de sal y en condiciones de temperatura mayor.

Asimismo, se hace notar que, Boca del Río, al ser desembocadura del río Jamapa, presenta la problemática de que aparte de los desechos humanos que son arrojados ahí mismo por las personas que asisten a recrearse y los residuos de los hoteles y poblaciones cercanas las cuales van directamente al mar, el río lleva consigo todos los desechos humanos y todo tipo de residuos de los múltiples poblados por los que pasa antes de desembocar en el mar; además de que pese al gran caudal del río, los desechos no son suficientemente diluidos, transformándose con ello en un peligro latente para la salud de la población que hace uso de ellas.

X. ANÁLISIS COMPARATIVO.

Si tomamos en cuenta que México, realiza actividades en su zona costera que representan un gran potencial de desarrollo e importantes fuentes de captación de divisas, resulta imprescindible establecer lineamientos que favorezcan la sustentabilidad.

El desarrollo desordenado de la franja litoral y los múltiples problemas asociados, ha mostrado la necesidad de implementar una política de manejo de la zona costera mexicana, que permita, la utilización óptima de sus recursos y su conservación. Entre los elementos que señalan la necesidad e importancia de que exista información sistematizada sobre calidad del agua están la demanda de calidad del agua para las actividades socioeconómicas y los conflictos derivados de las descargas en los cuerpos receptores;¹ puntos relevantes que deben tomarse en cuenta para evitar la presencia de contaminantes en las playas, pues de no ser así, ocasionaría un riesgo en la salud y un perjuicio para el turismo y, por ende, en la economía del estado.

En virtud de lo anterior, es que en el presente trabajo se llevó a cabo un análisis comparativo que permitió vislumbrar si existió o no aumento en el grado de contaminación de las aguas de recreo de Boca del Río, Veracruz, reportado en el cuerpo del presente trabajo, correspondiente al año de 1992 y los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, Región Golfo Centro

¹ Ob. cit. http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/index.html

(Cuadro 1), referentes a estudios realizados en el mismo sitio en 2002 y años subsecuentes, al calcular el NMP de Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

Con base en los datos señalados en el apartado de "Análisis de Resultados", se infiere que el grado de contaminación bacteriana producida por coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en el año 1992, en la playa de Boca del Río, constituía un peligro para la población, pues se manejaban niveles de hasta 2400NMP/100 ml de agua, cuando el nivel máximo permitido era de 500NMP/100 ml de agua en zonas de recreo, representando por ello un riesgo latente para la salud de los usuarios de dichas aguas.

Cabe resaltar que, el análisis comparativo que se realizó, únicamente contempla a los Coliformes Totales y Coliformes Fecales, ya que en la bibliografía y fuentes consultadas no se encontró registro alguno relativo a Estreptococos Fecales para el año de 2002 y siguientes, que sirviera de parámetro y con los que se pudieran equiparar los recabados en 1992.

Ahora bien, se hace notar que para la realización del análisis en cuestión, de las muestras obtenidas en 1992, a lo largo de 6 salidas, de las que únicamente se tomó en cuenta la número 2, correspondiente al 17 y 18 de abril de ese año (en este último día se registraron niveles altos y bajos por lo que se sacó el promedio), por considerarse que dicho período resultaba equiparable a las fechas en que la Comisión Nacional del Agua, realizó investigaciones de este tipo en la misma zona, durante 2002 y años subsecuentes y que me fueron proporcionados por esa institución (cuadro #1), datos que para mejor ilustración se concentraron en el siguiente cuadro comparativo:

FECHA	CT	CF
17/04/1992	2400	2400
18/04/1992	S1-29 S2-2400 P1-2400 P2-53 X =1221	S1-53 S2-2400 P1-2400 P2-210 X =1266
17/03/2002	24000	11000
11/04/2003	750	430
26/03/2004	240000	240000
15/04/2005	150	150
20/04/2006	15	9

Cuadro #2

Del cuadro #2, se desprende que las cifra correspondientes a Coliformes Totales, reflejan una variación considerable de NMP entre las muestras recolectada el 17/04/1992 (2400) y 18/04/1992 (1221) y las obtenidas el 17/03/2002 (24000), pues esta última se elevó de manera significativa; lo mismo ocurre en el caso de CF, donde la desproporción de NMP presentes, también fue muy marcada al obtenerse rangos de 2400 (17/04/1992) y 1266 (18/04/1992) contra las enviadas por la Comisión del Agua, de 11000 (17/03/2002); mostrando de igual forma que el número de CT, resultó mayor que el de CF; además, debe tomarse en cuenta que no obstante que en 1992, el nivel de contaminación no era tan elevado como el de diez años después (2002), sin embargo, todas esas cantidades excedieron del nivel que marca la Norma Oficial Mexicana y la establecida por la Secretaría de Salud, mencionadas con anterioridad.

Para el año de 2003, si bien se observa un cambio radical en la concentración de ambos microorganismos, dichos parámetros al siguiente año aumentaron exageradamente, puesto que de todos los registros analizados en el presente trabajo, éste es el más alto al manejarse rangos para ambas bacterias de 240000NMP/100 ml de agua y, según se desprende del nivel reportado para 2005 y 2006, tanto en CT como en CF, se ve una caída impresionante de 150 a 15 CT (2005) y de 150 a 9 CF (2006); es el caso que, a la fecha no existe alguna explicación razonable que pudiera dilucidar el cambio tan radical ocurrido en los últimos 3 años, ya que desafortunadamente, la fuente que me proporcionó dicha información, desconoce las causas que motivaron el incremento de manera tan drástica, para posteriormente descender a niveles mínimos; por lo que están realizando más estudios en dicha zona.

En lo particular, sugiero que la variación de esos factores pueden deberse a dos situaciones:

Primeramente al cambio de clima, ya que las dos últimas fechas anotadas presentan un aumento de temperatura a diferencia de los años anteriores; de acuerdo con esto, se puede inferir que al existir evaporación del agua por altas temperaturas la concentración de sales fue mayor y, tomando en cuenta que la salinidad es un factor limitante para el desarrollo de Coliformes Fecales, pues la misma inhibe su crecimiento y permanencia en el agua, se deduce que la presencia de esos microorganismos en el área de estudio fue en descenso; sin embargo a pesar de la influencia de la salinidad como control natural en las poblaciones de coliformes, este método no es suficiente para los

casos en que el nivel encontrado rebase el número permisible en el Código Sanitario Internacional, situaciones en las cuales deberán implementarse sistemas de tratamiento de aguas residuales para disminuir el impacto del aporte de aguas negras en aguas recreativas.

Y en segundo lugar y el más importante, es porque en años recientes (de 2003 a la fecha) la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conjuntamente con otras dependencias, implementó un programa de saneamiento de las zonas costeras, en los términos siguientes: "**PROGRAMA INTEGRAL DE PLAYAS LIMPIAS**.- En abril de 2003 se inició el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas mediante el esfuerzo conjunto de las Secretarías de Marina, Medio Ambiente, Salud y Turismo. A lo largo de ese año se logró sistematizar y homogeneizar los monitoreos del agua de mar, de acuerdo a los criterios descritos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para las aguas de mar de contacto recreativo.- Actualmente, son los Laboratorios Estatales de Salud, siguiendo los lineamientos emitidos por la Secretaría de Salud y en coordinación con ésta, quienes realizan los muestreos y análisis del agua en cada uno de los 17 estados costeros de México. Las playas que se presentan en esta página son las que están integradas al sistema de monitoreo por ser las más concurridas, conforme el sistema se vaya ampliando se incluirán otras playas."²; con lo que se pretende que todas las playas de la República Mexicana, estén libres de todo tipo de

² http://portal.semarnat.gob.mx/playas/playas_03/

contaminantes, entre los que por supuesto se encuentran los organismos fecales, aplicando sistemas de saneamiento de aguas residuales antes de que sean vertidas en los cuerpos de agua; por lo tanto deduzco que la depuración de aguas mediante esta técnica está dando resultados favorables, lo que viene a beneficiar principalmente a las personas que hacen uso de dichas aguas recreativas.

De lo antes expuesto se advierte que hasta el año de 2004, las aguas recreativas de Boca del Río, Veracruz, se encontraban altamente contaminadas; sin embargo, según las últimas cantidades de microorganismos patógenos registradas para los años 2005-2006, indican que las bacterias en análisis disminuyeron severamente, pues los niveles alcanzados fueron inferiores a los máximos permisibles; por lo tanto, de conformidad con la bibliografía consultada, tales playas se consideran como "aguas seguras para realizar cualquier actividad de tipo recreativo o para el cultivo de ostión".

Los datos referidos con antelación, subsistirán hasta el momento en que las investigaciones que actualmente se siguen realizando en esta zona corroboren o no la disminución de microorganismos antes aducida al aportar nuevos resultados.

XI. CONCLUSIONES.

Durante años se ha hecho un seguimiento de la calidad del agua, analizando y comparando resultados vemos que los parámetros biológicos se alejan notablemente de los permitidos a partir de un determinado momento.

Y si bien varias Secretarías se han unido para combatir los niveles de contaminación que invaden las zonas de recreo por el excesivo número de personas que acuden a ellas, también deben darle seguimiento a los programas establecidos y tomar en cuenta ciertas características relevantes de cada zona en que sean aplicados los mismos.

Para el caso de Boca del Río, Veracruz, uno de los factores primordiales que debe contemplarse es el hecho de que, como ya se indicó en el cuerpo del presente trabajo, este lugar se encuentra en la desembocadura del río Jamapa, lo que aumenta las probabilidades de contaminación, pues transporta los desechos humanos que son arrojados ahí mismo por las personas que asisten a recrearse y los desechos de los hoteles y poblaciones cercanas las cuales van directamente al mar, así como todos los residuos que a su paso vierten las industrias y poblados que se encuentran a sus alrededores, sin que tales aguas residuales sean tratadas antes de llegar al mar, por lo tanto refleja una fuente de contaminación que debe ser combatida.

En virtud de lo anterior, resulta imperioso establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales antes de descargarlas en las zonas costeras, para, de esta forma, preservar dichos ecosistemas del deterioro de aspectos

importantes desde el punto de vista ecológico y social, como una de las posibles alternativas para solucionar este problema que se irá agravando en la medida que aumenta la población en sus riberas; asimismo, se deben realizar monitoreos en diferentes épocas del año, tanto por instituciones nacionales como por internacionales, las cuales cuentan con mejores medios tanto económicos como tecnológicos; pues si tomamos en cuenta que, durante varias décadas se han utilizado parámetros fisicoquímicos y bacterias para la evaluación de calidad del agua; y que la Legislación mexicana actual considera aspectos microbiológicos de manera parcial; ello nos conduce a aseverar que si bien en la actualidad es posible complementar la información bacteriológica utilizando técnicas de la biología molecular moderna como es la reacción en cadena utilizando Polimerasa, que consiste en el amplificación de segmentos específicos del ácido desoxirribonucleico (ADN), permitiendo la detección sensible y específica de las bacterias a nivel del género y especie; sin embargo en múltiples ocasiones la inversión necesaria para llevar a cabo los proyectos en estos términos, no se realiza ya que el presupuesto destinado resulta insuficiente.

También se han desarrollado en las últimas décadas métodos analíticos muy específicos para la detección y cuantificación de compuestos orgánicos. La detección de estos orgánicos es importante porque son indicadores de la presencia de contaminantes que fueron vertidos en la superficie y migraron en forma descendente hacia el acuífero. Lo que contribuye al aumento en el nivel de contaminación de la zona costera, como de los bancos de ostión adyacentes

al lugar en estudio, factores importantes que se deben contemplar al momento de realizar este tipo de investigaciones.

Finalmente, sirve resaltar que si bien, este trabajo refleja que en los últimos dos años el nivel de bacterias fue menor al que las Normas Oficiales Mexicanas contempla, sin embargo los microorganismos que se hallaron en los muestreos realizados en la playa en estudio, todos presentan en mayor o menor grado riesgo para la salud, tanto de las personas que asisten a estas playas para su uso recreativo como para los mismos pobladores que, en su mayoría se alimentan y viven del mar, sobretodo porque en esta zona se encuentran varios bancos de ostión.

XII. BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Allisop, K. y Strickler, DJ. 1985. An assessment of *Bacteroides fragilis* group organisms as indicators of human fecal pollution. J. Appl. Bacteriol. 58:95-99.
- 2.- American Public Health Association. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16 th end. Ed. APHA, AWWA, WPCF.
- 3.- Berg. G., Dahling, D.R. Broen, G.A. y Berman D. 1978. Validity of fecal coliforms, total coliforms and fecal streptococci as indicators of viruses in chlorinated primary sewage effluents. Appl. Environ. Microbiol. 36 (6):880-884.
- 4.- Brown, N. E., Syfriend, P.A., Chan, B.H.S., Hun, N. Y Desjardin, R.M., 1984. Aquatic and clinical staphylococcal characterization an associated antibiotic, heavy metals and chorine sensitivities. Can. J. Public Health. 75: 32-42.
- 5.- Favero, M.S., Drake, C.H. y Randall, G.B. 1964. Use of staphylococci as indicator of swimmingpool pollution. Public Health Rep. 79(1): 61-70.
- 6.- Havelaar, A.H. y During, M. 1985. Model studies on a membrane filtration method for the enumeration of coagulase positive staphylococci in swimmingpool water using rabbit plasma-bovine fibrinogen agar. Can. J. Microbiol. 31: 331-334.
- 7.- Klapes, N.A. 1983. Comparison of Vogel-Johnson and Baird-Parker media for membrane filtration recovery of staphylococci in swimmingpool water. Appl. Enviro. Microbiol. 46(6): 1318-1322.
- 8.- Ontiveros, A.M.E. 1983. Pseudomonas aeruginosa como indicado bacteriológico de la calidad del agua para uso recreacional (albercas con agua clorada), S.A.R.H., Subsecretaría de Planeación. D.G.U.A.P.C. Depto. Entrenamiento. s/p.
- 9.- Rodríguez-Santiago, H. Botello, A.V. 1987. Contaminación Enterobacteriana en la Red de Agua Potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México. Contaminación Ambiental. 3(1): 37-53.
- 10.- Rosas, I., Yela, A. y Baez, A. 1985. Bacterias Indicadoras de contaminación fecal en ostión (Crassostrea virginica), durante su desarrollo y procesamiento en el mercado. Contaminación Ambiental. 1(1): 51-64.

11.- Strandridge, J.H. y Delfino, J.J. 1981. A-1 medium: alternative technique for fecal coliform organisms enumeration in chlorinated wastewater. Appl. Environ. Microbiol. 42(5): 918-920.

12.- V. Botello, Alfonso. Rendón Von, Osten. Gold-Bouchot, Gerardo y Agraz-Hernández, Claudia. Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. S y G editores, S.A. de C.V. 2ª. Edición. Págs. 475-504.

PÁGINAS CONSULTADAS

13.- ww.ubu.es/investig/aulavirtual/trabajo_05/Analisis_microbiologico_delagua.pdf#search=coliformes%20totales (consulta 13/02/2006).

14.- http://www.ine.gob.mx/dgoece/con_eco/index.html (consulta 16/06/2006).

15.- <http://e-mar.sct.gob.mx/fileadmin/biblioteca/ecologia/308.pdf> (consulta 16/06/2006).

16.- Lineamientos para determinar la calidad de agua de mar para uso recreativo con contacto primario (marzo 2004). Secretaría de Salud. Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios.

<http://www.semarnat.gob.mx/playas/playas.03/swf/lineamientosAgua.pdf>
(consulta 20/06/2006, 10-08-06).

17.- <http://alfinal.com/Mexico/ostintabasco.shtml> (Consulta 2/02/2006).

18.- http://www.semarnat.gob.mx/tlaxcala/ordenamiento/oe_marco.htm
(consulta 20-06-2006).

19.- <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/mpios/30028a.htm>
(consulta 9/06/2006).

20.- http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ENM_veracruz (consulta 18/05/2006).

21.- <http://orinoco.uneg.s5.com/Bastardo%20et%20al.pdf> (consulta 20-06-06).

22.- <http://www.pvem.org.mx/2005/agosto05/senado.htm> (consulta 20-06-2006).

23.- http://www.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico01.shtml
(consultas 13-02-2006, 3-08-2006).

24.- <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-3/articulo242.html>
(consulta 18-05-2006).

25.- <http://es.wikipedia.org/wiki/Coliforme> (consulta 10-07-2006, 8-08-2006).

26.- <http://www.economia-noms.gob.mx/> (consulta 8-08-2006).

27.- http://www.semarnat.gob.mx/ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-1987.pdf (consulta 10-08-2006).

28.- http://www.semarnat.gob.mx/ssfna/acercaSSFNA/PW/CD_NMX/NORMAS_MEXICANAS/NMX-AA-042-SCFI-2005.pdf (consulta 10-08-2006)

29.- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996,
http://www.queretaro.gob.mx/sedea/PUBLICACIONES/LEYES/pdfs/NOM_001_ECOL_1996.pdf (consulta 15-08-06).

30.- http://portal.semarnat.gob.mx/playas/playas_03/ (consulta 29-06-2006, 20-08-2006).

ANEXO.

Abreviaturas:

- S₁ = Superficie 1**
- S₂ = Superficie 2**
- P₁ = Profundidad 1**
- P₂ = Profundidad 2**
- NMP = Número Más Probable**
- t= tarde m= mañana**
- no se realizó el muestreo**

La Prueba Presuntiva para Coliformes Fecales y Totales, realizada en Caldo Lactosado, a 36 tubos por día de recolecta, cada tres de ellos con distintas concentraciones, reportaron el siguiente número de tubos positivos:

Horario de recolecta	Salida 1		Salida 2		Salida 3		Salida 4		Salida 5		Salida 6	
	t	m	T	m	t	m	t	m	t	m	t	m
S ₁	--	7	9	9	7	9	9	9	9	--	7	9
S ₂	--	6	9	9	8	9	9	9	9	--	8	9
P ₁	--	9	9	9	9	9	9	9	9	--	9	8
P ₂	--	9	9	9	9	9	9	9	9	--	8	7
SUMA	--	31	36	36	33	36	36	36	36	--	32	33

Tabla 1.

La Prueba Confirmativa para Coliformes Totales, consistente en resembrar en Caldo Bilis Verde Brillante los tubos que dieron positivo, en la tabla anterior, arrojaron resultados positivos, en la forma que a continuación se señala:

Horario de recolecta	Salida 1		Salida 2		Salida 3		Salida 4		Salida 5		Salida 6	
	t	m	T	M	t	m	t	m	t	m	t	m
S ₁	--	7	9	7	7	6	9	9	9	--	7	8
S ₂	--	6	9	9	9	8	9	9	7	--	8	9
P ₁	--	9	9	9	9	9	9	9	7	--	9	7
P ₂	--	9	9	8	6	9	9	9	9	--	8	7
SUMA	--	31	36	33	33	32	36	36	32	--	32	31

Tabla 2.

La Prueba Confirmativa para Coliformes Fecales, aplicada a los tubos positivos de la Tabla 1, resembrados en Medio EC, dieron positivo, así:

Horario de recolecta	Salida 1		Salida 2		Salida 3		Salida 4		Salida 5		Salida 6	
	t	m	T	m	t	m	t	m	t	m	t	m
S1	--	7	9	8	6	6	9	9	9	--	7	9
S2	--	6	9	9	9	5	9	9	8	--	7	9
P1	--	9	9	9	7	7	9	9	9	--	9	8
P2	--	9	9	7	4	6	9	9	9	--	7	6
SUMA	--	31	36	33	26	24	36	36	35	--	30	32

Tabla 3.

La Prueba Presuntiva para la identificación de Estreptococos Fecales, realizada en Caldo Azida Dextrosa, dio los siguientes tubos positivos:

Horario de recolecta	Salida 1		Salida 2		Salida 3		Salida 4		Salida 5		Salida 6	
	t	m	t	m	t	m	t	m	t	m	t	m
S1	--	0	6	7	7	9	8	7	8	--	9	6
S2	--	1	8	6	7	9	8	9	8	--	8	8
P1	--	0	7	7	9	6	7	6	7	--	9	5
P2	--	4	7	7	6	7	9	9	9	--	9	8
SUMA	--	5	28	27	29	31	32	31	32	--	35	27

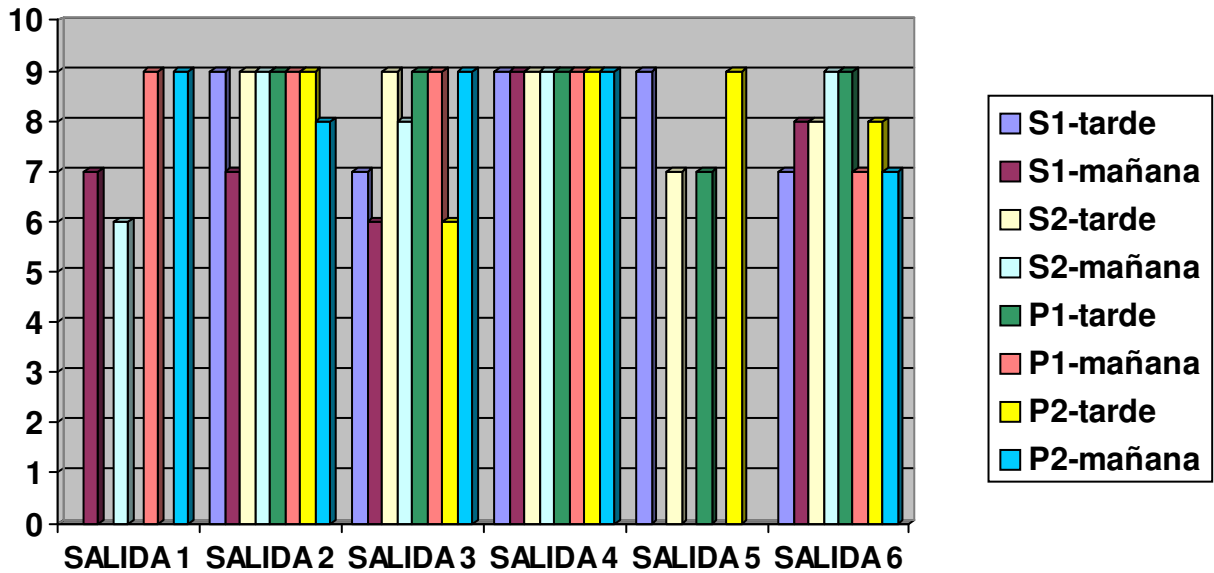
Tabla 4.

La Prueba Confirmativa que se le aplicó a los tubos positivos arriba señalados (Tabla 4), que fueron resembrados en Agar KF-estreptococos, obtuvo la siguiente cifra de tubos positivos:

Horario de recolecta	Salida 1		Salida 2		Salida 3		Salida 4		Salida 5		Salida 6	
	t	m	t	m	t	m	t	m	t	m	t	m
S1	--	0	5	6	7	7	8	7	6	--	0	5
S2	--	1	8	5	4	6	8	9	3	--	7	2
P1	--	0	4	6	7	4	7	6	5	--	4	5
P2	--	4	3	7	5	5	9	9	8	--	5	7
SUMA	--	5	20	24	23	22	32	31	22	--	16	19

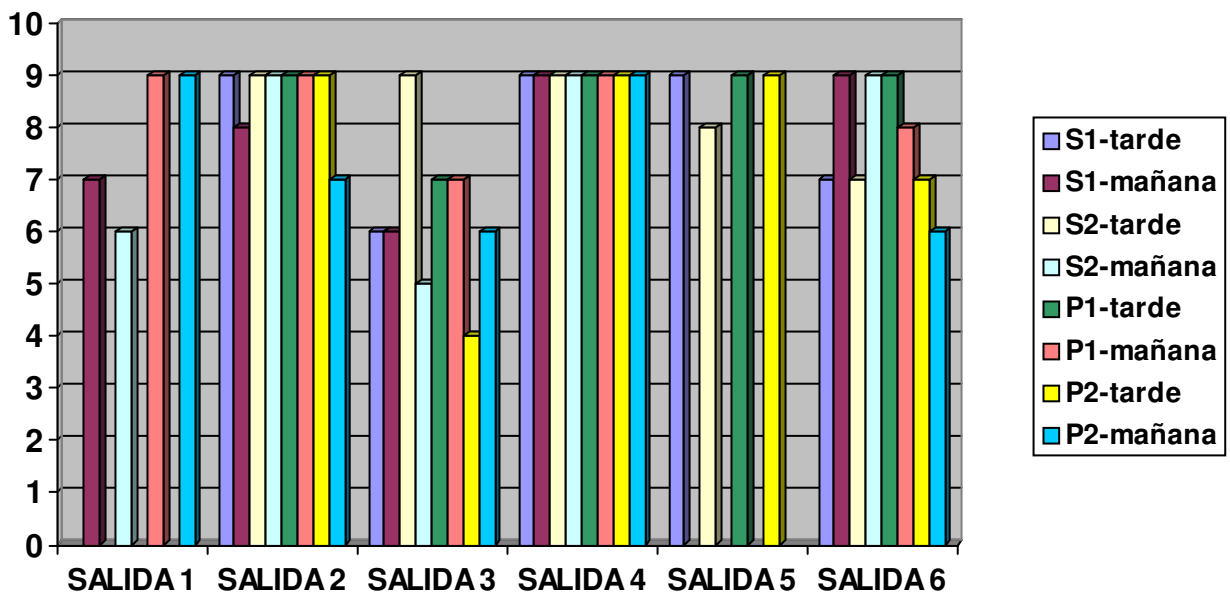
Tabla 5.

NÚMERO DE TUBOS QUE DIERON POSITIVO EN LA PRUEBA CONFIRMATIVA PARA COLIFORMES TOTALES



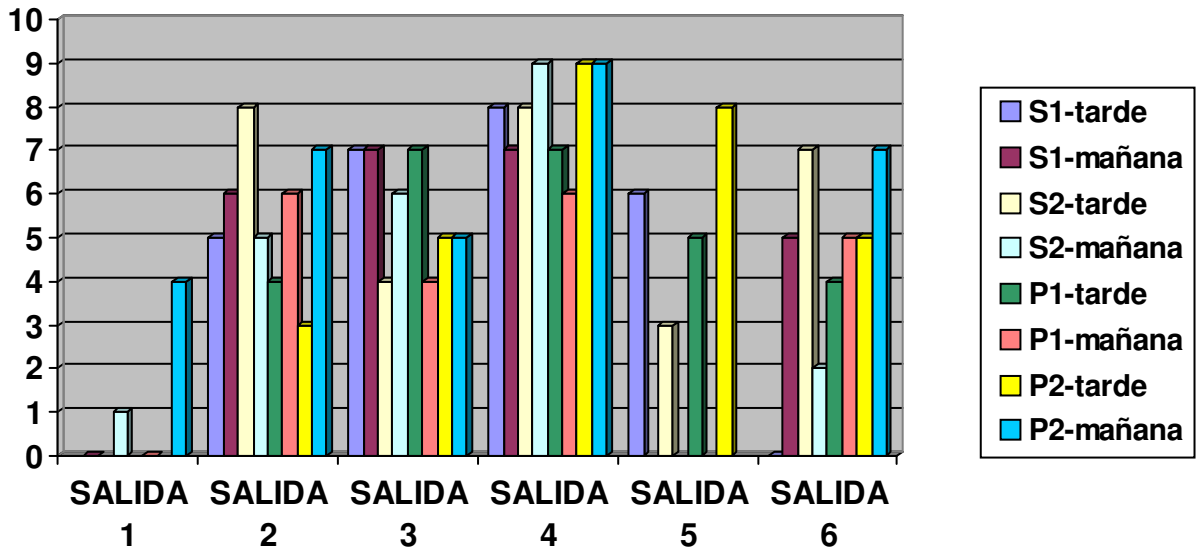
Gráfica 3

NÚMERO DE TUBOS QUE DIERON POSITIVO EN LA PRUEBA CONFIRMATIVA PARA COLIFORMES FECALES



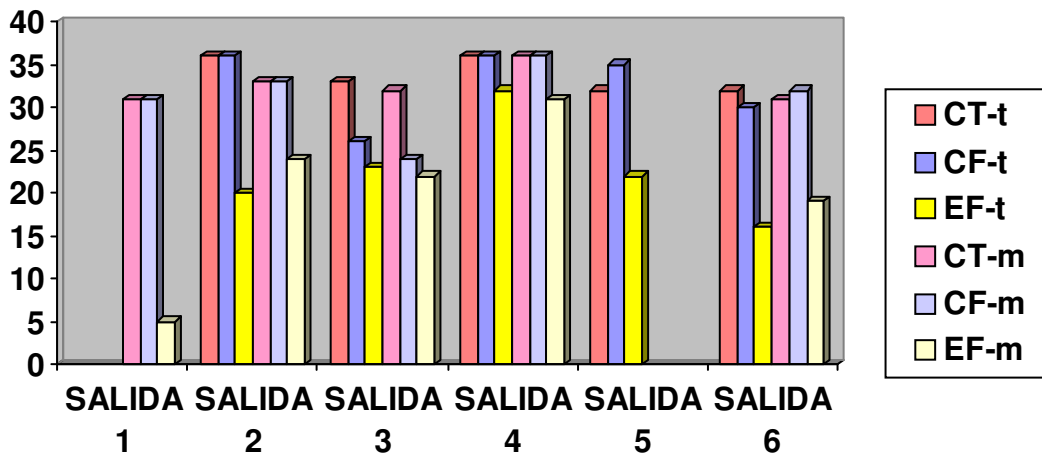
Gráfica 4

NÚMERO DE TUBOS QUE DIERON POSITIVO EN LA PRUEBA CONFIRMATIVA PARA ESTREPTOCOCOS FECALES



Gráfica 5

MUESTRAS POSITIVAS OBTENIDAS EN CADA TIPO DE BACTERIAS ANALIZADAS



Gráfica 6