



CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA
Y CIENCIAS DEL AMBIENTE
(CEPIS)

**HISTORIA Y APLICACIÓN DE NORMAS MICROBIOLÓGICAS
DE CALIDAD DE AGUA EN EL MEDIO MARINO**

HENRY J. SALAS
Asesor en Evaluación de Impacto Ambiental y Salud
CEPIS

Publicado originalmente en castellano en
Hojas de Divulgación Técnica del CEPIS No. 29, 1985
Publicado en inglés en
Water Science Technology, Vol. 18, No. 11, 1986

Versión Actualizada
Noviembre 2000



DIVISIÓN DE SALUD Y AMBIENTE
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
OFICINA SANITARIA PANAMERICANA, OFICINA REGIONAL DE LA
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD



ÍNDICE

	Página
1. Resumen	1
2. Palabras claves	1
3. Introducción	1
4. Historia	2
5. Estándares de calidad del agua existentes	14
6. Estándares para mariscos	19
7. Estándares para zona de mezcla	20
8. Conclusiones	21
9. Bibliografía	22

FIGURAS

Figura 1 - Tasas de síntomas gastrointestinales versus densidades promedios de enterococo en aguas marinas (Cabelli, 1983).....	4
Figura 2 - Riesgos de enfermedades en bañistas versus conteo bacterial en aguas marinas.....	10
Figura 3 – Guías de la OMS.....	12

CUADROS

Cuadro 1 - Criterios para densidades bacteriológicas indicadoras.....	8
Cuadro 2 - Listado de principales estudios.....	11
Cuadro 3 - Valores guías para la calidad microbiológica de aguas marinas recreativas (estreptococos fecales/100 ml).....	13
Cuadro 4 - Calidad microbiológica del agua guías/estándares/100 ml.....	15
Cuadro 5 - Estándares de coliformes totales y fecales para aguas de recreación de contacto primario, a 1978 (Cabelli, 1983).....	17

1. RESUMEN

Se presenta la historia y aplicación de estándares microbiológicos de calidad de agua en el medio marino para recreación de contacto primario y cosecha de mariscos. Se toma especial nota sobre las investigaciones de Cabelli, que concluyen en que el Enterococo, como un organismo indicador, muestra la mejor correlación con los síntomas gastrointestinales atribuidos a personas que nadan en aguas contaminadas. La correlación lineal desarrollada entre la densidad media de enterococo/100 ml y los síntomas gastrointestinales asociados con la natación en 1000 personas se presenta junto con la adaptación efectuada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) respecto al Enterococo como un organismo indicador primario, en vez de coliformes totales y fecales.

Asimismo, se señala que la Organización Mundial de la Salud (OMS) está en el proceso de promulgar guías para aguas recreacionales basadas en una revisión extensiva de 33 investigaciones epidemiológicas conducidas en aguas marinas a nivel mundial. Para las nuevas guías de la OMS se utilizará estreptococos fecales como organismo indicador.

Las guías y estándares microbiológicos internacionales, nacionales y locales existentes para el medio marino se presentan para brindar un rango al planificador de calidad de agua. La adaptación simple de un grupo particular de estándares se considera inapropiada sin una revisión cuidadosa de las circunstancias locales y los factores económicos locales/nacionales. Asimismo, se deberá tener cuidado al aplicar relaciones cuantitativas entre riesgo de salud y organismo indicador en otras áreas donde la salud general y la inmunidad de la población local pudieran ser diferentes.

2. PALABRAS CLAVES

Guías y estándares microbiológicos de recreación y de mariscos, coliforme total y fecal, enterococo y ambiente marino, playas recreacionales.

3. INTRODUCCIÓN

Un criterio de calidad de agua para uso recreativo, se define como una relación cuantificable de exposición-efecto basada en evidencias científicas entre el nivel de algún indicador de la calidad del agua en cuestión y los riesgos potenciales para la salud asociados con el uso del agua con fines recreativos. Una guía de calidad de agua basada en dicho criterio es una densidad máxima sugerida del indicador en el agua que está asociada con riesgos inaceptables de salud. El concepto de aceptación indica que están involucrados factores sociales, culturales, económicos y políticos, así como de salud. Un estándar o norma de calidad del agua obtenido del criterio es una guía establecida por ley.

4. HISTORIA

Históricamente, las primeras evaluaciones concernientes a recreación de contacto primario y la incidencia de enfermedades fueron llevadas a cabo por la Asociación Americana de Salud Pública de EUA, que a principios de la década de los años 1920, realizó estudios para afirmar la ocurrencia común de enfermedades infecciosas que pueden adquirirse en piscinas y otros lugares de recreación, Simons, *et al.* (1922). Como ha reportado Moore (1975), la primera aplicación efectiva de guías bacteriológicas para el agua de mar se puede atribuir a la sugerencia prudente de Winslow y Moxon (1928), en un estudio de contaminación del Puerto de New Haven, en los Estados Unidos, en donde se atribuyó la fiebre tifoidea por nadar en aguas altamente contaminadas y que la densidad de coliformes en aguas de recreación de contacto primario no debía exceder 100/100 ml. Sin embargo, no se dio ninguna base lógica para esta cifra. Coburn (1930) sugirió un número máximo permisible de coliformes de 10,000 por 100 ml y citó un balneario en donde las observaciones de coliformes eran consistentemente aún más altas que este número sin causar aparentemente enfermedades a los bañistas. Ludwig (1983) hace notar que el Estándar de Coliformes de California en Estados Unidos de 1000 NMP/100 ml, que ha sido adoptado en muchas otras áreas, se desarrolló durante los años 1940 íntegramente basado en consideraciones estéticas en las que los investigadores encontraron que cuando las densidades de coliformes totales permanecían consistentemente en menos de 1000 NMP/100 ml (más del 80% del tiempo), las playas se mantenían satisfactoriamente estéticas, sin evidencias visuales de contaminación por desagües.

Cabelli, *et al.* (1983) reporta que el límite de coliformes totales para los Estados Unidos de 1000/100 ml "se desarrolló aparentemente de dos fuentes: el riesgo predicho de Salmonelosis de acuerdo a cálculos hechos por Streeter (1951) sobre la incidencia de especies de *Salmonella* en aguas de recreación de contacto primario y la capacidad de lograr tal meta según fue determinado por Scott (1951) de monitoreos microbiológicos realizados en las playas de Connecticut". Este estándar de Connecticut fue entonces adoptado por muchas otras agencias estatales de Estados Unidos.

Garber (1956) informa sobre una encuesta (efectuada por el "Committee on Bathing Beach Contamination ..." [1959]) de distintas agencias de salud pública y control en los Estados Unidos de América concernientes a "cómo se determinaron estándares bacteriológicos y por qué se eligieron". La respuesta más frecuente era que no habían antecedentes analíticos para los límites establecidos, aparte del hecho que la experiencia epidemiológica bajo dichos estándares había sido satisfactoria. Este argumento fue utilizado para estándares que variaron desde un nivel medio de coliformes de menos de 2400/100 ml hasta una exigencia que ningún organismo debe estar presente.

Durante los años 1948-1950 el Servicio Público de Salud de Estados Unidos llevó a cabo estudios epidemiológicos orientados directamente a determinar los riesgos para la salud como consecuencia de bañarse en aguas contaminadas. Los resultados (Stevenson, 1953) demostraron que había efectos epidemiológicos a la salud estadísticamente significativos, detectables a niveles de 2300 y 2700 coliformes/100 ml, en estudios efectuados en el lago Michigan, Chicago en 1948 y en el río Ohio en Dayton, Kentucky en 1949, respectivamente. El tercer estudio llevado a cabo en las aguas

salinas de Long Island Sound, New Rochelle y Mamaroneck, Nueva York en 1950 no mostraron ninguna relación entre los niveles de coliformes totales y las enfermedades relacionadas con la natación. Trabajos posteriores efectuados en el mismo tramo del río Ohio indicaron que los coliformes fecales representaban el 18% de los coliformes totales (Cabelli, *et al.*, 1983) y que, por lo tanto, esto indicaba que los efectos de salud detectables podrían ocurrir a un nivel de coliformes fecales de aproximadamente 400 NMP/100 ml. Aplicando un factor de seguridad - en que la calidad del agua debería ser mejor que aquella que podría causar efectos a la salud - el Comité Asesor Técnico Nacional (NTAC, 1968) para la Administración Federal de Control de Contaminación de Aguas desarrolló en 1968 una guía nacional sobre coliformes fecales de 200 NMP/100 ml para aguas dulces y marinas, que se basó principalmente en los dos estudios de agua dulce realizados por Stevenson (1953).

Sin embargo, en 1972, el "Committee on Water Quality Criteria, National Academy of Sciences" (1972) de los Estados Unidos, en un proyecto con fondos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) llegó a la siguiente conclusión: "No se hace ninguna recomendación específica concerniente a la presencia o concentración de microorganismos en aguas de recreación debido a la insuficiencia de datos epidemiológicos válidos". Posteriormente, la EPA de los Estados Unidos (USEPA, 1976) presentó guías de coliformes fecales, que eran esencialmente las presentadas en el documento de la NTAC (1968). No obstante, la justificación principal se basó en la relación de las densidades de coliformes fecales con la frecuencia de aislamientos de *Salmonella* en las aguas superficiales y los descubrimientos de los estudios de Stevenson (1953) fueron esencialmente abandonados como exposición razonada. La guía final propuesta por la EPA de los Estados Unidos (USEPA, 1976) expresaba: "basado en un mínimo no menor de cinco muestras tomadas en un período no mayor a 30 días, el contenido de coliformes fecales de aguas de recreación de contacto primario no debe exceder un promedio logarítmico de 200/100 ml, así como no más del 10% del total de muestras durante cualquier período de 30 días deben sobrepasar 400/100 ml".

Basados en un estudio de tres años (1973-1975) llevado a cabo en las playas de la Ciudad de Nueva York, Cabelli, *et al.* (1983) llegaron a la conclusión que el Enterococo* (metodologías analíticas presentadas en USEPA, 1985), como un organismo indicador, da la mejor correlación con síntomas gastrointestinales (vómitos, diarreas, náuseas o dolor de estómago) atribuidos a natación en aguas contaminadas. Otros indicadores evaluados incluían coliformes totales y sus géneros componentes (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter-Enterobacter*), coliformes fecales, *Escherichia Coli* (*E. Coli*), *Seudomonas aeruginosa*, *Clostridium Penfringens*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio Parahaemolyticus* y *Salmonella*. Estudios posteriores en los Estados Unidos confirmaron la superioridad del enterococo como un organismo indicador y Cabelli (1983) desarrolló una relación lineal entre la densidad media de enterococos/100 ml y los síntomas gastrointestinales asociados con la natación en 1000 personas, como se presenta en la Figura 1.

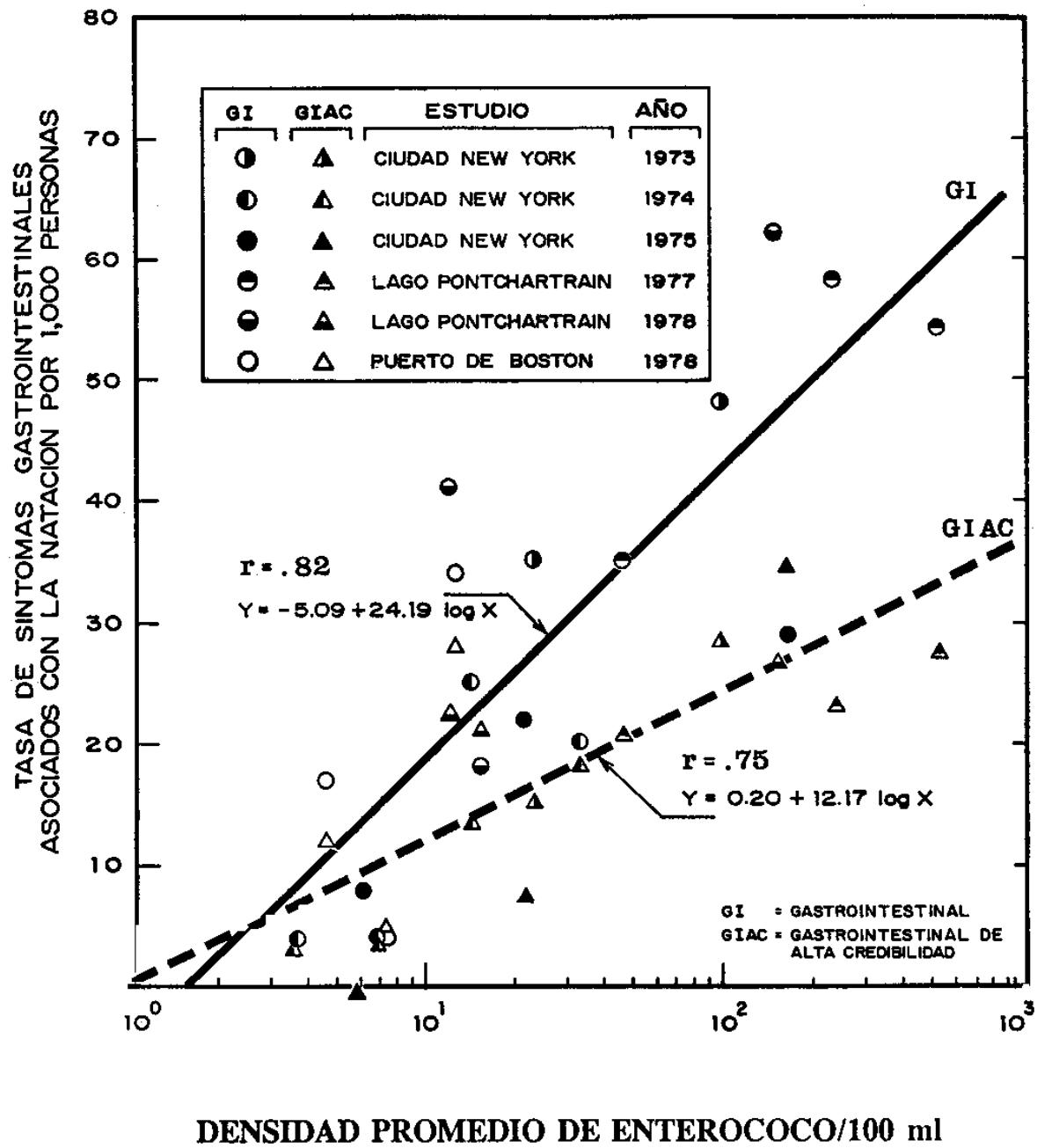


Figura 1. Tasas de síntomas gastrointestinales versus densidades promedio de enterococo en aguas marinas (Cabelli, 1983)

En 1974, la Organización Mundial de la Salud (OMS) convocó a una reunión de trabajo de un grupo de expertos europeos sobre Guías y Criterios de Calidad para Recreación en Playas y Aguas Costeras (WHO, 1975) en Bilthoven, Holanda, que "llegó a la conclusión que los límites superiores recomendados para organismos indicadores deberían expresarse en términos globales de órdenes de magnitud en vez de términos rígidos de niveles específicos. Sin embargo, las áreas de recreación altamente satisfactorias deberán mostrar consistentemente colonias de *E. Coli* menores de 100 por 100 ml y para ser consideradas aguas aceptables para recreación de contacto primario no se deben encontrar colonias mayores a 1000 *E. Coli* por 100 ml". Posteriormente, en 1977, un grupo de expertos, convocado conjuntamente por OMS y PNUMA en Atenas (WHO, 1977) llegó a la conclusión que no había base para recomendar cambios en las conclusiones a las que había llegado el Grupo de Trabajo de la OMS que se reunió en Bilthoven en 1974.

De acuerdo con lo reportado por Saliba y Helmer (1990), el PNUMA/OMS (UNEP/WHO, 1983) propusieron en 1983 que los gobiernos del Mediterráneo adopten criterios interinos para aguas costeras de recreación, usando como base las conclusiones de Bilthoven de 1974, extrapolados a las condiciones del Mediterráneo, utilizando los resultados del proyecto piloto de control de la calidad de aguas costeras dentro del marco del programa MED POL auspiciado por el PNUMA (llevado a cabo entre 1976 y 1981). Estos criterios se basaron en concentraciones tanto de coliformes fecales como estreptococos fecales. La parte de la propuesta concerniente a los límites de concentraciones de coliformes fecales (100 por 100 ml en por lo menos 50% de las muestras, 1000 por 100 ml en por lo menos 90%; mínimo de 10 muestras) fue posteriormente adoptada en 1985 en conjunto por los estados del Mediterráneo como una medida interina (UNEP, 1985).

La Comunidad Económica Europea, CEE (EEC, 1976) publicó los requisitos de calidad (microbiológica) para aguas de recreación como sigue:

	Parámetro microbiológico	Guía ¹	Obligatorio ²	Frecuencia mínima de muestreo
1.	Coliformes totales / 100 ml	500	10,000	quincenal
2.	Coliformes fecales / 100 ml	100	2,000	quincenal
3.	Estreptococos fecales / 100 ml	100	-	*
4.	Salmonella / litro	-	0	*
5.	Enterovirus PFU/10 litros	-	0	*

1 80% de las muestras menores que

2 95% de las muestras menores que

* Concentración que debe ser revisada por las autoridades competentes cuando se haga una inspección de las áreas de recreación de contacto primario y se encuentre que la sustancia puede estar presente o que la calidad del agua se ha deteriorado.

Los requisitos actuales de calidad para recreación para la Comunidad Económica Europea (WHO, 1996) son como sigue:

	Parámetro microbiológico	Guía ¹	Obligatorio ²	Frecuencia mínima de muestreo
1.	E. Coli / 100 ml	100	2,000	quincenal
2.	Estreptococos fecales / 100 ml	100	400	quincenal
3.	Enterovirus PFU/10 litros	-	0	mensual

1 80% de las muestras menores que

2 95% de las muestras menores que

El Programa Ambiental del Caribe (CEPPOL) convocó a reuniones regionales en 1991 y 1993 sobre Vigilancia y Control de la Calidad Sanitaria de las Aguas Costeras destinadas a la Recreación y al Cultivo de Mariscos en el Gran Caribe. Debido a la dependencia económica del Caribe en el turismo, la calidad bacteriológica y estética del agua son de suma importancia. Se concluyó en estas reuniones que los Países Miembros deben adoptar los patrones o directrices de la CEE, de la OMS o de la USEPA (previos a 1986) para la calidad bacteriológica de las aguas balnearias hasta que se disponga de información suficiente, basada en estudios epidemiológicos conducidos en el Caribe, para modificar los patrones vigentes (CEPPOL/PNUMA, 1991).

Una posición expresada por B. Moore (1959, 1975), indicaba que nadar en aguas moderadamente contaminadas no constituye un riesgo significativo para la salud pública y, por lo tanto, las guías/estándares de coliformes son irrelevantes y los problemas de contaminación de las playas deberían ser mejor tratados como problemas estéticos. Sin embargo, investigaciones epidemiológicas llevadas a cabo en las décadas 80 y 90 indican lo contrario.

Por otro lado, un grupo, del que su principal defensor es V. Cabelli (1979, 1983) entre otros, insiste con firmeza que epidemiológicamente hay evidencia que claramente apoya la aplicación de guías y estándares para áreas de recreación de contacto primario para proteger la salud pública. Cabelli (1983) ha concluido que los enterococos son los organismos indicadores superiores en lugar de coliformes totales o fecales o *E. Coli*, en que los enterococos simulan mejor las características de supervivencia del agente etiológico, que concluyó Cabelli, (sin fecha) era el rotavirus con relación a la gastroenteritis. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1984) presentó por primera vez la recomendación que los Estados tomen los enterococos como los principales organismos indicadores para áreas de recreación en lugar de los indicadores aplicados en ese momento (principalmente coliformes totales y fecales).

La USEPA primero indicó (USEPA, 1984) que "utilizando el criterio existente de 200 bacterias de coliformes fecales por 100 ml, los niveles de riesgo de enfermedades gastrointestinales en 1000 personas, resultó 15 en aguas marinas y 6 en aguas dulces, los cuales han sido aceptados sin conocimiento". La USEPA propuso que los futuros niveles de riesgo sean iguales a aquéllos actualmente aceptados para aguas dulces y marinas. Por lo tanto, los criterios propuestos eran los siguientes:

Aguas dulces - 20 enterococos/100 ml, o 77 E. Coli/100 ml
 Aguas marinas - 3 enterococos/100 ml "

Estas guías se basan en los estudios de Dufour (1984) y Cabelli (1983) aplicando las ecuaciones empíricas desarrolladas para síntomas gastrointestinales de alta credibilidad (GIAC) asociados con la natación en aguas dulces y aguas marinas, respectivamente.

Después de revisar 51 comentarios acerca de la propuesta anterior enviados por funcionarios de salud pública, oficiales de plantas de tratamiento y de firmas asociadas de ingenieros, y científicos de universidades y del gobierno, y de recalcular los datos, la USEPA (1986) adoptó los siguientes criterios nuevos:

Aguas dulces: E. Coli - no debe exceder 126/100 ml, o enterococos - no deben exceder 33/100 ml;
 Aguas marinas: Enterococos - no deben exceder 35/100 ml

Estos criterios se calculan como la media geométrica de un número estadísticamente suficiente de muestras, generalmente no menos de cinco muestras tomadas a iguales intervalos por un período de 30 días. Las densidades máximas permitidas para muestras singulares también se promulgaron, basadas en el uso de la playa, y se presentan en el Cuadro 1 tomado de Dufour y Ballentine (1986).

Estos valores se basaron en los niveles de riesgo de 8 y 19 enfermedades gastrointestinales en 1000 bañistas en playas de agua dulce y agua marina (véase la figura 1), respectivamente, los que se estimaron como equivalentes a los niveles de riesgo para el criterio de coliformes fecales de 200/100 ml.

Sin embargo, se debe reconocer que la razón del microbio patógeno al organismo indicador es variable debido a su dependencia en la salud general de la población que evacúa. Como reporta Cabelli (1983), el brote de Shigelosis asociado con natación en el río Mississippi, aguas abajo de Dubuque, Iowa, EUA (Rosenburg, 1976), parece representar un caso donde, aunque la guía de 200/100 ml de coliformes fecales probablemente fue excedida por algún tiempo, el brote no ocurrió hasta que hubo un número suficientemente grande de individuos enfermos y portadores en la población evacuante. Asimismo, comparaciones hechas por Cabelli (1983), y Cabelli (sin fecha) de estudios epidemiológicos efectuados en Egipto con aquellos efectuados en Estados Unidos, indican el papel importante de la inmunidad de la población en que tasas de enfermedades gastrointestinales en

Cuadro 1. Criterios para densidades bacteriológicas indicadoras

	Tasa aceptable de gastroenteritis asociada con natación por 1000 bañistas	Densidad de Organismo Indicador de Estado Permanente Media Geométrica	Densidad Permitida Máxima para Muestra Aislada (4), (5)			
			Area Diseñada para Playa (Superior a 75% N.C.)	Recreación de Contacto Primario de Uso Moderado (Superior a 82% N.C.)	Recreación de Contacto Primario de Uso Ligero (Superior a 90% N.C.)	Recreación de Contacto Primario de Uso poco Frecuente (Superior a 95% N.C.)
<u>Agua dulce</u>						
Enterococo	8	33 ⁽¹⁾	61	89	108	151
<u>E. Coli</u>	8	126 ⁽²⁾	235	298	406	576
<u>Agua marina</u>						
Enterococo	19	35 ⁽³⁾	104	124	276	500

- (1) Calculada al número entero más cercano utilizando la ecuación:
 (densidad media del enterococo) = $\text{antilog}_{10} \frac{\text{tasa de enfermedad}/1000 \text{ personas} + 6.28}{9.40}$
- (2) Calculada al número entero más cercano utilizando la ecuación:
 (densidad media del E. Coli) = $\text{antilog}_{10} \frac{\text{tasa de enfermedad}/1000 \text{ personas} + 11.74}{9.40}$
- (3) Calculada al número entero más cercano utilizando la ecuación:
 (densidad media del enterococo) = $\text{antilog}_{10} \frac{\text{tasa de enfermedad}/1000 \text{ personas} - 0.20}{12.17}$
- (4) Límite de muestra singular = $\text{antilog}_{10} \{ \log \text{ de la densidad de org indicador por 100 ml media geométrica} + \text{factor determinado de las áreas debajo de la curva probabilística normal para el nivel supuesto (ver abajo) de probabilidad} \}$

Los factores apropiados para los niveles de confianza unilateral son:

75% N.C. - .675
 82% N.C. - .935
 90% N.C. - 1.28
 95% N.C. - 1.65

- (5) Basados en las desviaciones estándar de logaritmos observadas durante los estudios de la USEPA: 0.4 para E. Coli y enterococo en agua dulce; y 0.7 para enterococo en agua marina. Cada jurisdicción deberá establecer su propia desviación estándar para sus condiciones, lo que entonces haría variar el límite de muestra singular.

N.C. Nivel de confianza

Traducido de Dufour y Ballentine (1986)

los estudios de los EUA se asociaban con la natación en aguas con densidades de enterococos relativamente mucho menores. Estos estudios también demostraron que la sintomatología gastrointestinal asociada con la natación era mucho más predominante entre niños (de 10 años de edad o menores) por contar con sistemas inmunológicos menos desarrollados que entre adultos. Esto indica aún más la importancia de la inmunidad en la epidemiología de la gastroenteritis asociada con natación. Estos factores implican que se debe tener precaución al aplicar directamente las relaciones desarrolladas en otras áreas al contexto latinoamericano.

De acuerdo con lo reportado por Saliba y Helmer (1990), estudios epidemiológicos prospectivos de cohorte similares a los conducidos por Cabelli (generalmente referidos como "estudios tipo Cabelli") se llevaron a cabo en algunos países entre 1982 y 1989. Saliba y Helmer indican que "prácticamente todos los estudios demostraron mayor morbilidad entre los bañistas en comparación con los no bañistas, pero la correlación entre síntomas específicos y las concentraciones de indicadores bacteriológicos variaron considerablemente". Además, ellos concluyen que a pesar de la dificultad en cuantificarlos "la evidencia claramente indica que los riesgos de salud existen y son más pronunciados en las áreas que están directamente expuestas a la contaminación de aguas servidas no tratadas".

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha propuesto "Guías mundiales para ambientes seguros en aguas recreativas". La OMS ha convocado varias reuniones de expertos, las últimas de las cuales se celebraron en Bad Elster, Alemania en junio de 1996 y St. Helier, Jersey, Channel Islands, Reino Unido en mayo de 1997 y Farnham, Reino Unido en abril 1998; ésta última para el desarrollo del Código de Buena Práctica para monitoreo. La publicación preliminar de las guías fue realizada en 1998 (WHO, 1998). Como parte de este proceso, Pruss (1998) ha resumido los estudios epidemiológicos efectuados a nivel mundial. De los 37 estudios evaluados, 22 alcanzaron los criterios para incluirlos en la evaluación. La figura 2 presenta la relación entre la densidad del organismo indicador y el riesgo de enfermedad para aguas marinas. De los 22 estudios seleccionados, 18 fueron **estudios prospectivos de cohorte**, 2 fueron **retrospectivos de cohorte** y dos fueron **pruebas controladas al azar**, tal como se resume en el Cuadro 2.

La OMS concluyó que los estudios tipo **prueba controlada al azar** fueron los más precisos y el Comité de Expertos de la OMS basó las nuevas guías para aguas marinas en el único estudio de este tipo para enfermedades entéricas, realizado por Kay & Fleisher *et al.* (1994), en el Reino Unido. Se señala que estas aguas son templadas y no características de las aguas tropicales de la mayor parte de América Latina y el Caribe.

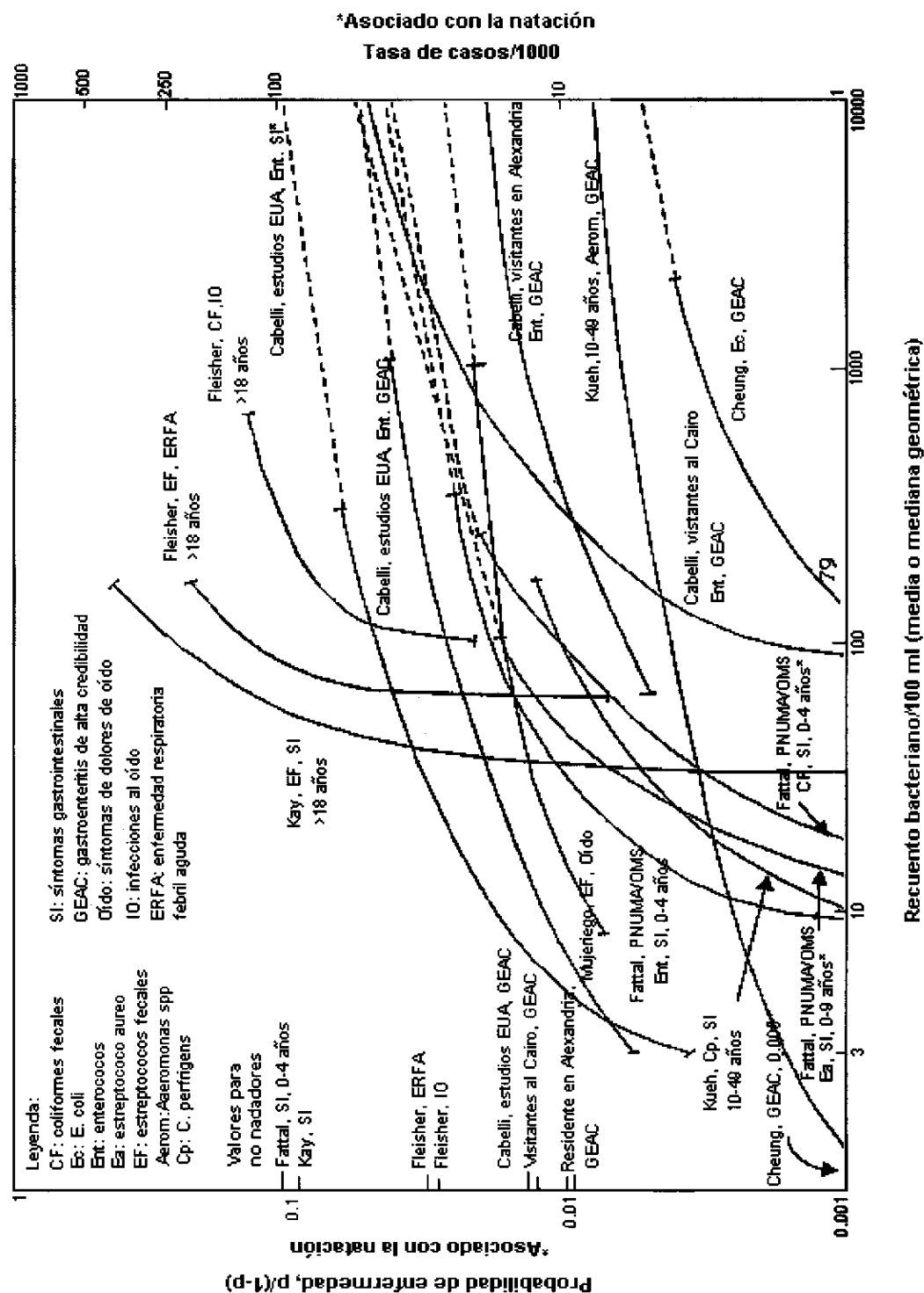


Figura 2. Riesgos de enfermedad en bañistas versus conteo bacteriano en aguas marinas

Fuente: OMS (1998), *Guías para ambientes seguros en aguas recreativas*.

Cuadro 2. Listado de principales estudios

Primer autor	Año	País	Diseño del estudio	Aguas	Comentarios
Fleisher	1996	Reino Unido	Prueba controlada al azar	Marinas	d
Haile	1996	EEUU	Prospectivos de cohorte	Marinas	
Van Dijk	1996	Reino Unido	Prospectivos de cohorte	Marinas	c
Bandaranayake	1995	Nueva Zelanda	Prospectivos de cohorte	Marinas	d
Kueh	1995	Hong Kong	Prospectivos de cohorte	Marinas	b
Medical Research Council	1995	Sudáfrica	Prospectivos de cohorte	Marinas	a, c
Kay	1994	Reino Unido	Prueba controlada al azar	Marinas	d
Pike	1994	Reino Unido	Prospectivo de cohorte/*	Marinas	a, b, c
Corbett	1993	Australia	Prospectivos de cohorte	Marinas	a, d
Fewtrell	1992	Reino Unido	Prospectivos de cohorte	Dulces	d
UNEP/WHO no 46	1991	Israel	Prospectivos de cohorte	Marinas	b, d
UNEP/WHO no 53	1991	España	Prospectivos de cohorte	Marinas	a, b, d
Cheung1	1989	Hong Kong	Prospectivos de cohorte	Marinas	a, b
Ferley1	1989	Francia	Retrospectivo de cohorte	Dulces	a, b, c
Lightfoot1	1989	Canadá	Prospectivos de cohorte	Dulces	
Fattal, UNEP/WHO no 20	1987	Israel	Prospectivos de cohorte	Marinas	b, d
Seyfried	1985	Canadá	Prospectivos de cohorte	Dulces	
Dufour	1984	EEUU	Prospectivos de cohorte	Dulces	a, b
Cabelli	1983	Egipto	Prospectivos de cohorte	Marinas	a, b, c
Cabelli	1982	EEUU	Prospectivos de cohorte	Dulces & Marinas	a, b
Mujeriego	1982	España	Retrospectivo de cohorte**	Marinas	b, a
Stevenson, 3-day study	1953	EEUU	Prospectivos de cohorte	Dulces	b, c, d

- a: Sólo se usó medios estacionales para analizar su relación con el efecto.
b: Control para menos de tres factores de confusión reportados o ningún reporte.
c: Exposición no definida como inmersión de la cabeza o salpicadura/ingestión de agua.
d: Menos de 1.700 bañistas y 1.700 no bañistas participaron en el estudio.

* Estudio transversal.

Nota: Dos estudios analizaron los mismos datos (van Dijk y otros, 1996; Pike, 1994) pero llegaron a diferentes conclusiones.

Fuente: OMS (1998), *Guías para ambientes seguros en aguas recreativas*.

Contami- nación	Control de riesgos				Estreptococos fecales/100ml
	Elección informada	Asesoría en salud pública	Disminución de la contaminación	Cumplimiento de los reglamentos	
Contaminación baja	A				10
	B				50
Contaminación moderada	C				200
	D				1000
Contaminación alta	E				

Figura 3. Guías de la OMS

Fuente: OMS (1998), *Guías para ambientes seguros en aguas recreativas*.

Cuadro 3. Valores guía para la calidad microbiológica de aguas marinas recreativas (estreptococos fecales/100 ml)

Valor percentil de 95 de estreptococos fecales por 100 ml	Base de definición	Carga estimada de la enfermedad
10	Este valor se encuentra por debajo del nivel de efecto adverso no observable (NOAEL) en la mayoría de estudios epidemiológicos que han intentado definir un NOAEL.	Según la relación entre nivel indicador y carga de enfermedad, corresponde al porcentaje de valor de 95 que está relacionado con menos de una única incidencia excesiva de síntomas entéricos para una familia de cuatro bañistas adultos sanos con 80 exposiciones por temporada de baño (valor exacto) durante un periodo de cinco años, lo que representa un total de 400 exposiciones.
50	Este valor se encuentra por encima del umbral y del nivel mínimo de efecto adverso observable (LOAEL) para gastroenteritis en la mayoría de estudios epidemiológicos que han intentado definir un LOAEL.	Según la relación entre nivel indicador y carga de enfermedad, corresponde al porcentaje de valor de 95 que está relacionado con menos de una única incidencia excesiva de síntomas entéricos para una familia de cuatro bañistas adultos sanos con 80 exposiciones por temporada de baño (valor exacto).
200	Este valor se encuentra por encima del umbral y del nivel mínimo de efecto adverso observable para todos los efectos adversos sobre la salud en la mayoría de estudios epidemiológicos.	Según la relación entre nivel indicador y carga de enfermedad, corresponde al porcentaje de valor de 95 que está relacionado con menos de una única incidencia excesiva de síntomas entéricos para un bañista adulto saludable con 20 exposiciones por temporada de baño (valor exacto).
1000	Estos valores se derivan de la limitada evidencia sobre transmisión de fiebre tifoidea en áreas de baja endemicidad de tifoidea y paratifoidea. En este contexto se usan como indicadores de un efecto severo sobre la salud.	El excedente de este nivel se debe considerar como un riesgo para la salud pública que las autoridades competentes deben investigar inmediatamente. Generalmente, esta interpretación debe estar respaldada por evidencia sobre contaminación fecal (por ejemplo, un emisario de aguas residuales).

Pies de página

1. Este cuadro se puede aplicar para la protección de 'bañistas adultos sanos' expuestos a aguas marinas no templadas del norte de Europa.
2. No tiene ninguna relación con niños, ancianos o inmunocomprometidos quienes tendrán una menor inmunidad y podrían requerir mayor protección. No existen datos disponibles para su cuantificación y por lo tanto, tampoco existen factores de corrección aplicables.
3. Actualmente, los datos epidemiológicos sobre aguas dulces o exposiciones diferentes al baño (actividades de mayor exposición tales como correr olas o canotaje en aguas espumosas) son inadecuados para realizar un análisis paralelo de los riesgos de referencia definidos. Así, debido a la falta de evidencia se propone, *por el momento*, una sola guía para todos los usos recreativos del agua. Sin embargo, se recomienda tomar en cuenta la severidad y frecuencia de exposición encontradas en grupos de especial interés tales como personas que practican *surf* a vela, *surf*, buceo subacuático, canotaje, navegación en botes (capítulo 1).
4. Cuando la desinfección se usa para reducir la densidad de bacterias indicadoras en efluentes y descargas, se puede alterar la relación estimada entre estreptococos fecales (como indicadores de contaminación fecal) y la presencia de agentes patógenos. En la actualidad, no se comprende muy bien esta alteración. Es posible que los recuentos de estreptococos fecales en aguas que reciben estos efluentes y descargas no brinden un cálculo preciso del riesgo de síntomas gastrointestinales leves.
5. Los valores calculados asumen que la probabilidad en cada exposición es aditiva.

Fuente: OMS (1998), *Guías para ambientes seguros en aguas recreativas*.

5. ESTÁNDARES EXISTENTES DE CALIDAD DEL AGUA

El Cuadro 4 presenta las guías y estándares internacionales, nacionales y locales de varios indicadores de calidad del agua en bahías o ambientes marinos que pueden servir como punto de referencia para la planificación. Asimismo, el Cuadro 5 tomado de Cabelli (1983), presenta los estándares vigentes de 1978 para recreación de contacto primario de los Estados de los Estados Unidos. Estos estándares varían ampliamente y, por lo tanto, reflejan filosofías y/o niveles de protección del uso del agua diferentes. El factor principal responsable del rango de estándares es el origen del criterio de respaldo, sea éste epidemiológico, estético o ecológico.

Se destaca que, con la excepción de Brasil y Perú, la mayoría de los países de la Región que han promulgado estándares nacionales los han adaptado directamente, con mínimas modificaciones, de aquéllos aplicados en los Estados Unidos antes de 1986, tal vez dándoles consideraciones mínimas a sus realidades económicas y prioridades de desarrollo. Los países en desarrollo de América Latina difieren de las naciones industrializadas, en donde se lleva a cabo la mayor parte de las investigaciones, en que los países en desarrollo deben destinar sus limitados recursos económicos a un número mayor de obras públicas de primera necesidad y de proyectos de desarrollo económico. Es importante que el planificador lleve a cabo una revisión detallada de las guías/estándares locales en vigencia (si los hubiera) para asegurarse que se tomen razonablemente en cuenta las prioridades de desarrollo económico local. Los sistemas de control, tales como emisarios submarinos, están dentro de los más grandes gastos de capital para disposición de aguas residuales aunque los costos totales de construcción, operación y mantenimiento de emisarios submarinos serán considerablemente menores en comparación con el tratamiento secundario de aguas residuales con disposición en el litoral. Consecuentemente, la decisión de diseñar el sistema para otros que no sean los estándares mínimos de calidad del agua, deberá estar sustentada por una necesidad demostrada, o una decisión política local/nacional.

El autor no ha podido encontrar ninguna investigación epidemiológica que fuera utilizada como base para promulgar el estándar de Brasil para recreación de contacto primario (véase Cuadro 4), el cual es básicamente cinco veces más que la guía de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos vigente hasta 1986, para coliformes fecales. Es razonable concluir que el estándar del Perú, que es idéntico al de Brasil, fue muy influenciado por el último. En 1987, la "Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de Sao Paulo (CETESB)" (García Agudo, 1991) efectuó una investigación epidemiológica para establecer la relación entre enfermedades asociadas con natación y los indicadores microbiológicos para Brasil (publicación pendiente). También se llevó a cabo una investigación epidemiológica similar durante 1991-1993 en Trinidad y Tobago (CEPPOL/PNUMA, 1991).

Como se puede apreciar en los Cuadros 4 y 5, los estándares microbiológicos se expresan frecuentemente como una concentración promedio permisible, y un valor máximo que no debe exceder de un porcentaje dado (90% es común) del tiempo. No obstante, es importante evaluar la relación entre estos dos criterios. Por ejemplo, Kay, *et al.* (1990) demuestran que el criterio mandatario previo a 1996 utilizado por la CEE que 95% de las muestras debe ser menor a 2,000 coliformes

Cuadro 4. Calidad microbiológica del agua guías/estándares/100 ml

País	Cosecha de mariscos		Recreación de contacto primario			Protección de flora y fauna		Referencias
	Colif. total	Colif. fecal	Colif. total	Colif. fecal	Otro	Colif. total	Colif. fecal	
USEPA, Estados Unidos		14a 90% < 43			Enterococo 35a Véase el Cuadro 1			USEPA (1986) Dufour y Ballentine (1986)
California, Estados Unidos	70e		80%<1000i,j 100%<10000k	200a,j 90% < 4001				Cal. Sta. Water. Res. Board (sin fecha)
EECb, Europa			80%<500c 95%<10,000d	80%<100c 95%<2,000d	Estreptococos fecales 100c Salmonela 0/li-trod Enterovirus 0 PFU/litrod Enterococo 90%<100			EEC (1976) CEPPOL (1991)
UNEP/WHO		80% < 10 100%< 100	50% <100n 90% <1000n					WHO/UNEP, 1978
Brasil			80% < 5000m	80% < 1000m				Brasil. Ministerio del Interior. (1976)
Colombia			1000	200				Colombia. Ministerio de Salud. (1979)
Cuba			1000a	200a 90% < 400				Cuba. Ministerio de Salud. (1986)
Ecuador			1000	200				Ecuador. Ministerio de Salud Pública. (1987).
México	70e 90% < 230		80%<1000f 100%<10,000k			10,000e 80%<10,000 100%<20,000		México (SEDUE, 1983)
Perú	80% < 1000	80% < 200	80% < 5000f	80% < 1000f		80% <20000	80% < 4000	Perú. Ministerio de Salud. (1983)
Puerto Rico	70h 80% < 230			200h 80% < 400				Puerto Rico. JCA. (1983)
Venezuela	70a 90% < 230	14a 90% < 43	90% < 1000 100% < 5000	90% < 200 100% < 400				Venezuela. (1978)

Calidad microbiológica del agua guías/estándares/100 ml (Cont. Cuadro 4)

País	Cosecha de mariscos		Recreación de contacto primario			Protección de flora y fauna		Referencias
	Colif. total	Colif. fecal	Colif. total	Colif. fecal	Otro	Colif. total	Colif. fecal	
Francia			< 2000	< 500	Estreptococos fecales < 100			WHO (1977)
Israel			80% < 1000 ^g					Argentina. INCYTH. (1984)
Japón	70		1000			1000		Japón. Environmental Agency. (1981)
Polonia					E. Coli < 1000			WHO (1975)
U.R.S.S.					E. Coli < 100			WHO (1977)
Yugoslavia			2000					Argentina. INCYTH. (1984)
República de China	Índice Coli <50 ⁿ	14		<200 ⁱ	Índice Coli <1000 ⁱ			SEPA (1998)

- a. Promedio logarítmico para un período de 30 días de por lo menos 5 muestras.
- b. Frecuencia mínima de muestreo - quincenal.
- c. Guía
- d. Mandatorio
- e. Promedio mensual
- f. Por lo menos 5 muestras por mes
- g. Mínimo de 10 muestras por mes
- h. Por lo menos 5 muestras tomadas de las aguas secuencialmente en un momento dado.
- i. Período de 30 días
- j. Dentro de una zona confinada entre el litoral y una distancia de 1000 pies del litoral o la curva de nivel de 30 pies, cualquiera sea más lejos del litoral
- k. Ninguna muestra simple tomada durante un período verificativo de 48 horas, debe exceder 10,000/100 ml
- l. Período de 60 días
- m. Aguas "satisfactorias", muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas anteriores
- n. Mínimo de 10 muestras
- i. Frecuencia de muestreo no menos de una vez al mes. Más del 95% de las muestras en un año deberían concordar con el standard.

State Environmental Protection Administration, SEPA (1998).

Selected environmental standards of the People's Republic of China (1979-1997), December 1998.

**Cuadro 5. Estándares de coliformes totales y fecales para
aguas de recreación de contacto primario, a 1978 (Cabelli, 1983)**

Estado ^a	Año Rev	Tipo de agua	Limite de coliformes totales por 100 ml			Limite de coliformes fecales por 100 ml		
			Promedio	Percentil	Una muestra	Promedio	Percentil	Una muestra
Alabama ^{1,2,3}	77	MARINA				LM ^d 100		
Alaska	79	TODAS				LM 200		
Arizona	73	DULCE				Media 20	90% ≤ 40	
Arkansas	77	DULCE				USEPA	USEPA	
California	78	MARINA	Prom 1000	80% ≤ 1000	≤ 10,000	USEPA	USEPA	
Colorado	76	DULCE	Med 240			USEPA	USEPA	
Connecticut ^{4,5,6}	75	DULCE				USEPA	USEPA	
Delaware	76	MARINA	Med 700	90% ≤ 2300		USEPA ^f	90% ≤ 500 ^g	
Dist. de Columbia	76	DULCE	Med 1000	80% ≤ 2400		USEPA ^f	90% ≤ 500 ^g	
Florida	75	TODAS				USEPA		
Georgia ^{1,2}	Pro ^h	TODAS			USEPA	USEPA		
Hawaii	74	TODAS	LM 1000	80% ≤ 1000	≤ 2400	USEPA	USEPA	≤ 800
Idaho	77	MARINA				LM 100 ²⁶		
Illinois	77	DULCE				LM 200		
Indiana ⁷	74	TODAS	Med 1000	90% ≤ 2400		USEPA	USEPA	
Iowa ⁸	Pro	DULCE				LM 50	90% ≤ 200	≤ 500
Kansas	75	DULCE				USEPA	USEPA	
Kentucky ^{9,10}	78	DULCE				USEPA	USEPA	
Louisiana	77	DULCE				USEPA	USEPA	≤ 400 ^{a,i}
Maine	78	DULCE				USEPA	USEPA	
Maryland ¹²	76	DULCE	Prom 1000	80% ≤ 1000	≤ 2400	USEPA ¹¹	USEPA ¹¹	
Massachusetts ¹³	77	TODAS				USEPA	USEPA	
Michigan ²⁷	77	MARINA	Med 70	90% ≤ 230		Med 1000	90% ≤ 200	
Minnesota ¹⁴	77	DULCE				NTE 200 ¹⁴		
Mississippi	74	TODAS				USEPA	USEPA	
Missouri ^{8,15}	78	MARINA	Med 700	90% ≤ 1000		USEPA	USEPA	
Montana	78	DULCE				USEPA	USEPA	
Nebraska	77	DULCE				USEPA	USEPA	
Nevada	77	DULCE				USEPA	USEPA	
New Hampshire ⁹	74	DULCE				USEPA	USEPA	
New Jersey ⁵	77	TODAS			240	USEPA		
New Mexico ¹⁶	74	TODAS				LM 100	90% ≤ 200	
New York ^{9,17,18}	77	DULCE				USEPA		
N. Carolina ^{19,20}	74	TODAS	Media 2400	80% ≤ 5000		USEPA ¹⁶	80% ≤ 400	
North Dakota	77	TODAS				USEPA	USEPA	
Ohio ²¹	77	DULCE				USEPA	USEPA	
Oklahoma	78	DULCE				USEPA	USEPA	
Oregon ²²	76	DULCE				USEPA	USEPA	
Pennsylvania	Pro	MARINA	Prom 240	80% ≤ 240				
Rhode Island	77	DULCE	Prom 1000	80% ≤ 2400				
South Carolina	77	TODAS				USEPA	USEPA	
South Dakota	77	MARINA	Med 700	90% ≤ 2300		Med 50		90% ≤ 500
Tennessee ^{1,23,24}	77	DULCE	Med 100	80% ≤ 2400		Med 200 ⁹		80% ≤ 500 ⁹
Texas ⁶	77	TODAS				USEPA	USEPA	
Utah	76	DULCE				USEPA	USEPA	
Vermont	78	DULCE	LM 1000			USEPA		
Virginia	78	DULCE	NTE 500			NTE 200		
Washington	77	TODAS				USEPA	USEPA	
West Virginia	77	MARINA				Med 14	90% ≤ 43 ²⁵	
Wisconsin ²⁸	77	DULCE				LM 100	90 ≤ 200 ¹⁶	
Wyoming	78	DULCE	Prom 1000	80% ≤ 1000	≤ 2400	USEPA	USEPA	
Puerto Rico	76	TODAS				USEPA	USEPA	
Virgin Islands	78	DULCE				USEPA	USEPA	
Trust Territory	76	TODAS				USEPA	USEPA	
American Samoa	73	TODAS				LM 70		
Guam ⁹	73	TODAS				USEPA	USEPA	
	76	TODAS				Prom 100	90% ≤ 200	
						Prom 200	USEPA	

**Estándares de coliformes totales y fecales para
aguas de recreación de contacto primario, a 1978 (Cabelli, 1983) (Cont. Cuadro 5)**

- a. No incluye todas las advertencias, requisitos especiales, limitaciones, etc.
 - b. Año de última revisión
 - c. MARINA - agua de mar (de estuario o costera); DULCE - agua dulce
 - d. Promedio logarítmico
 - e. Mediana
 - f. Promedio geométrico no debe exceder 200/100 ml
 - g. Guía
 - h. Propuesta
 - i. En un mes
 - j. No debe exceder
-
1. Aguas en la vecindad de descarga de planta de tratamiento de aguas negras no son apropiadas.
 2. Designada como "aguas costeras" y "todas las demás aguas de recreación".
 3. Si se excede el estándar, las aguas se consideran aceptables si un segundo monitoreo y evaluación sanitaria indican que no hay riesgo público significativo.
 4. Para los ríos listados se necesita desinfección de efluentes de plantas de tratamiento de aguas negras y los estándares sólo se aplican entre los meses de mayo y setiembre.
 5. "Bacterias coliformes ... se relaciona con la probabilidad de contaminación por desagüe sin desinfección. Resultados altos pueden ser debidos a bacterias de tierra o de las heces de animales de sangre caliente que no son de significado".
 6. Se requieren monitoreos sanitarios.
 7. Sólo se aplica de abril a octubre.
 8. Aplica del 1° de abril al 31 de octubre.
 9. A menos que ocurra naturalmente.
 10. Si CT excede, entonces se usa CF.
 11. Sólo se aplica de mayo a octubre.
 12. Aguas que exceden el estándar sólo son aceptables si el monitoreo sanitario muestra que no hay riesgo público significativo.
 13. Exceptuando lo indicado en la Regla 2.1.
 14. Estándares se relacionan sólo con aguas dentro del estado.
 15. Excepto cuando son afectadas por escorrentía de aguas pluviales.
 16. Varía con el cuerpo de agua; los estándares tal como se dan son usados en la mayoría de los casos, las guías de la USEPA se usan en algunos.
 17. Se aplica sólo cuando se practica desinfección.
 18. Para "Aguas de Fronteras Internacionales" bajo el acuerdo de Calidad de Agua de los Grandes Lagos de 1972, promedio logarítmico de CT 1000/100 ml y CF 200/100 ml.
 19. Sólo aplica desde mayo hasta setiembre.
 20. No aplica durante o inmediatamente después de períodos de lluvias.
 21. Donde no hay salvavidas y/o facilidades de vestidores, se aplica un promedio logarítmico de 1000/100 ml y $90\% \leq 2000/100$ ml.
 22. "Contaminación bacteriana u otras condiciones dañinas para las aguas usadas para...bañarse ...o si no injuriosas para la salud pública no serían permitidas".
 23. $\leq 1/100$ ml fijado como $1/100$ ml al calcular el promedio logarítmico.
 24. Muestras individuales no pueden tomarse dentro de las 12 horas entre ellas.
 25. Estándar dado es para aguas de Clase A (excelente) que "...deben tener o exceder los estándares para todos o sustancialmente todos los usos...". Estándar de Clase AA (Extraordinario) para agua dulce es mediana de CT de 50/100, $90\% \leq 100/100$ ml. Clase B para agua dulce (Buena) es promedio de CF de 200/100 ml $90\% \leq 400/100$ ml; para aguas de mar el estándar es el mismo que el de la Clase A para agua dulce.
 26. Si la calidad del agua y los monitoreos sanitarios muestran ocasional exceso de 200/100 debido a "causas naturales", se establece el límite de promedio logarítmico de 300/100 ml en lagos y embalses y de 500/100 ml en ríos de agua dulce de flujo libre.
 27. Límites pueden excederse debido a "fuentes dispersas no controlables".
 28. El criterio principal es el monitoreo sanitario para asegurar protección; los límites bacteriológicos son guías.

fecales/100 ml es más estricto que el promedio geométrico de 200/100 ml utilizado por la USEPA antes de 1986. Su análisis supone una distribución normal logarítmica con una desviación estándar de 0.7 (\log_{10}), el cual implica que para un promedio de 200/100 ml, 95% de las muestras tendría que ser menor que 2,834/100 ml. Sin embargo, se señala que la guía de la USEPA antes de 1986 también especificaba que 90% de las muestras sea menor que 400/100 ml, lo cual implica un promedio geométrico de alrededor de 50 coliformes fecales/100 ml utilizando las mismas suposiciones de Kay, *et al.* (1990).

El establecimiento de objetivos de calidad del agua (estándares) es dependiente de los usos para los que se aplica, o se planea aplicar, al agua del área, y como tal, es un tema específico de cada lugar. Los comentarios de esta presentación han estado y continuarán estando limitados a la presentación del desarrollo histórico de criterios y a la adaptación de guías y estándares para proteger los diferentes usos del agua.

Los niveles de coliformes, materia flotante, grasa y aceite generalmente son parámetros claves en el diseño de sistemas de control para municipalidades; mientras que las sustancias tóxicas y la temperatura son generalmente más importantes para descargas industriales. Otros parámetros, como nutrientes y oxígeno disuelto, no son usualmente de preocupación principal, a menos que la descarga de aguas negras se haga a un litoral o a una bahía de poca profundidad y que carecen de aguas para dilución.

6. ESTÁNDARES PARA MARISCOS

Los criterios más severos de coliformes y tóxicos están asociados con las áreas de cosecha de mariscos. Algunos mariscos, tales como ostras, almejas, mejillones, etc., se alimentan filtrando el agua; y por lo tanto, tienden a concentrar contaminantes proveyendo un ambiente favorable para el crecimiento continuo de organismos dañinos. Se ha demostrado que el agua que contiene un número relativamente bajo de microbios dañinos puede producir mariscos con concentraciones que transmitirán enfermedades. Como informa Wood (sin fecha) la transmisión de enfermedades enteropatógenas a través de conchas contaminadas fue inicialmente documentada para fiebre tifoidea, a fines del siglo diecinueve. Desde ese período, Wood (sin fecha) informa que moluscos contaminados han sido asociados con la transmisión de un rango amplio de enfermedades, incluyendo fiebre paratifoidea, cólera, hepatitis viral y muchas otras condiciones gastroentéricas.

Existen referencias mucho más antiguas acerca del peligro de comer determinados animales marinos como, por ejemplo, en la Biblia donde Moisés en el Deuteronomio advierte a su pueblo que, "De entre lo que vive en el agua podéis comer lo siguiente: todo lo que tiene aletas y escamas lo podéis comer. Pero no comeréis lo que no tiene aletas y escamas; lo consideraréis como impuro" (Deut. 14:9-10).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1976) recomendó que la "evaluación de la adecuación microbiológica de las aguas para la extracción de mariscos por deporte se base en los niveles bacteriales de coliformes fecales. Cuando sea posible, las muestras deberán tomarse bajo aquellas condiciones de marea y lluvia razonable en que la contaminación puede llegar a su máximo en el área a ser clasificada. El valor medio de coliformes fecales no debe exceder de un NMP de 14 por 100 ml y no más del 10% de las muestras deberán exceder un NMP de 43". Como

reporta la USEPA (1976), la fuente primaria de estas guías fue el criterio microbiológico internacionalmente aceptado para calidad del agua de cosecha de mariscos de 70 coliformes totales por 100 ml, usando un NMP promedio, con no más de 10% de los valores excediendo 230 coliformes totales por 100 ml. Las guías de coliformes fecales recomendadas simplemente se derivaron de la relación de coliformes fecales a totales (alrededor del 20%) basadas en más de 3,500 grupos de datos medidos en los Estados Unidos. Otros estándares para mariscos se presentan en el Cuadro 3.

Este criterio internacionalmente aceptado de coliformes totales fue originalmente establecido en 1925 (Committee on Evaluation of the Safety of Fishery Products, 1991) basado en investigaciones epidemiológicas sobre tifoidea efectuadas desde 1914 a 1925 por los Estados y el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América. Se creyó que la fiebre tifoidea normalmente no se atribuiría a mariscos cosechados de aguas en las cuales "no más del 50% de las porciones de 1 cc de las aguas examinadas eran positivas para coliformes" (FDA, 1989). Esto era igual a 70 NMP coliformes totales por 100 ml, que equivale a la materia fecal de una persona diluida en 8 millones de pies cúbicos (226,700 m³) de aguas libres de coliformes. Después, estos estándares fueron extrapolados a coliformes fecales utilizando la base que éstos eran mejores indicadores de la contaminación fecal.

Como se puede apreciar en el Cuadro 3, la mayoría de los países latinoamericanos han adoptado este criterio aceptado internacionalmente con la excepción de Perú, que tiene una norma de 80% de las muestras menos que 200 coliformes fecales por 100 ml y 100% menos que 1000 en aguas para la cosecha de mariscos.

El criterio actual de la OMS/PNUMA en aguas para la cosecha de mariscos es que 80% de las muestras sean menor a 10 coliformes fecales por 100 ml y 100% menor a 100 coliformes fecales por 100 ml (Helmer, *et al.*, 1991).

7. ESTÁNDARES PARA ZONA DE MEZCLA

En el diseño de emisarios submarinos para la disposición final de aguas cloacales, también se deberá considerar la definición de un grupo separado de estándares dentro de una región limitada alrededor de la sección del difusor del emisario submarino. El propósito de esta **zona de mezcla** es asignar una región limitada para la mezcla completa del efluente con el agua de mar. Como tal, la zona de mezcla no es una región que cumpla con las normas y tiene un uso limitado del agua. Normalmente rodea un volumen que se extiende a 50-600 metros en todos los lados de la zona inicial de dilución. Los estándares de la zona de mezcla están generalmente limitados a variables de calidad del agua para protección de toxicidad aguda (usualmente determinada a través de bioensayos) y para minimizar los impactos visuales. Los estándares de organismos coliformes normalmente no se imponen en la zona de mezcla a menos que el difusor esté localizado muy cerca a áreas de extracción de mariscos o a aguas de uso recreacional. Tales estándares no se aplican usualmente a DBO, a oxígeno disuelto ni a nutrientes.

8. CONCLUSIONES

La información presentada en los Cuadros 4 y 5 da un rango al planificador de calidad del agua, principalmente para coliformes totales y fecales como organismos indicadores. Sin embargo, aunque han transcurrido más de 80 años desde su primera aplicación, el rango de tres órdenes de magnitud se mantiene a nivel mundial. La cantidad de estudios epidemiológicos que justifican estas normas para coliformes totales y fecales es muy limitada aunque la aplicación de éstas puede representar grandes inversiones en sistemas de control. Por lo tanto, la simple adaptación de un grupo particular de estándares es inapropiada sin una cuidadosa revisión de su origen y de las circunstancias locales socioeconómicas.

Los estudios de Cabelli (1983) proveyeron por primera vez relaciones cuantitativas entre el riesgo de enfermedad y el nivel de organismo indicador (enterococo), aunque factores tales como la salud general y la inmunidad de la población local implican que se debe tener precaución al aplicar directamente estas relaciones desarrolladas en otras áreas. Además, en estudios epidemiológicos posteriores a los de Cabelli, las correlaciones entre los síntomas de enfermedad y las concentraciones de indicadores bacteriológicos variaron considerablemente.

En consecuencia, es recomendable que los países, especialmente aquéllos en desarrollo donde algunas veces se tienen que establecer prioridades para obras de primera necesidad en el marco de sus limitados recursos económicos, efectúen estudios epidemiológicos locales orientados directamente a establecer la relación entre enfermedad y organismo indicador. Existe gran controversia sobre el tipo de estudio que debería ser utilizado. La mayoría de los estudios conducidos hasta la fecha son del tipo **prospectivo de cohorte** (Pruss, 1998) como fueron los estudios de Cabelli (1983), para el cual existe un protocolo de la OMS (1986). Sin embargo, en los recientes esfuerzos de la OMS, las **pruebas controladas al azar** están siendo favorecidas por su Grupo de Expertos por ser más precisas y el único estudio de este tipo conducido por Kay *et al.* (1994) en el Reino Unido está siendo utilizado como la base para el desarrollo de las guías de la OMS para aguas marinas recreacionales para enfermedades entéricas. La aplicación de estas guías a las aguas tropicales de nuestra Región es preocupante. De todos modos, el costo de estudios epidemiológicos es justificable en el marco de los grandes gastos potenciales de sistemas de control. Asimismo, se debe basar la adopción de un riesgo dado sobre la salud humana, en el contexto socioeconómico local a fin que sea viable.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Argentina. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH). (1984). Estudio de la factibilidad de la disposición en el mar de los efluentes cloacales de la ciudad de Mar del Plata. Informe Final. Buenos Aires, Secretaría de Recursos Hídricos de Argentina.
- Brasil. Ministerio do Interior. (1976). Aguas de balneabilidade. Portaria No. 536.
- Cabelli, V.J. (1979). Evaluation of recreational water quality, the EPA approach, Chap. 14, Biological Indicators of Water Quality. Chichester. Ed. J.A. & E.L. Wiley.
- Cabelli, V.J., Dufour, A.P., McCabe, L.J. y Levin, M.A. (1983). A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis. Journal of Water Pollution Control Federation, 55(10): 1306-1314.
- Cabelli, V.J. (1983). Health effects criteria for marine recreational waters. Research Triangle Park, USEPA. 98 p. EPA-600/1-80-031.
- Cabelli, V.J. (Sin fecha). Epidemiology of enteric viral infections.
- California State Water Resources Control Board. (Sin fecha). Water Quality Control Plan for Ocean Waters of California.
- Caribbean Environmental Programme (CEPPOL), United Nations Environmental Programme. (1991). Report of the CEPPOL Regional Workshop on Coastal Water Quality Criteria and Effluent Guidelines for the Wider Caribbean. San Juan, Puerto Rico, 5-15 November 1990. CEP TECH. Report No. 8.
- Coburn, S.E. (1930). Survey of the pollution of rivers and lakes in the vicinity of Rochester, N.Y. Indust. Eng. Chem. 22:1336.
- Colombia. Ministerio de Salud. (1979). Disposiciones Sanitarias sobre Aguas - Artículo 69 Ley 05.
- Committee on Bathing Beach Contamination of the Public Health Laboratory Service. (1959). Sewage contamination of coastal bathing waters in England and Wales, a bacteriological and epidemiological study. J. Hyg. 57:435.
- Committee on Evaluation of the Safety of Fishery Products. (1991). Sea Food Safety, Forid E. Ahmed, Editor, Food and Nutritional Board. Institute of Medicine. National Academy Press, Washington, D.C.
- Committee on Water Quality Criteria, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering. (1972). Water quality criteria. Washington, D.C., EPA-R3-73-033.
- Cuba. Ministerio de Salud. (1986). Higiene comunal, lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores, requisitos higiénicos sanitarios. 93-97. La Habana, Cuba.

- Dufour, A.P. (1984). Health effects criteria for fresh recreational waters, EPA-600/1-84-004, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, USEPA. 33 p.
- Dufour, A.P. y Ballentine, P. (1986). Ambient Water Quality Criteria for Bacteria - 1986 (Bacteriological ambient water quality criteria for marine and fresh recreational waters). Washington, D.C. USEPA. 18 p. EPA A440/5-84-002.
- Ecuador. Ministerio de Salud Pública. (1987). Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Proyecto de normas reglamentarias para la aplicación de la Ley.
- European Economic Committee (EEC) (1976). Council directive of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. Official Journal of the European Communities. 19:L 31.
- Food and Drug Administration (FDA). (1989) Revision. Sanitation of Shellfish Growing Areas. National Shellfish Sanitation Program, Manual of Operations Part I. Center for Safety and Applied Nutrition. Division of Cooperative Program, Shellfish Sanitation Branch, Washington, D.C.
- Garber, W.F. (1956). Bacteriological standards for bathing waters. Sewage Industr. Waters, 28:795.
- García Agudo, E. (1991). Superintendente de CETESB. Comunicación personal.
- Helmer, R.; Hespanhol, I. y Silva, L.J. (1991). Public Health Criteria for the Aquatic Environment: Recent WHO guidelines and their application, Water Science and Technology, 24(2): 35-42.
- Japón. Environmental Agency. (1981). "Environmental laws and regulations in Japan (III) water".
- Jones, F. & Kay, D. Recreational water quality: the relationship between epidemiological studies and recreational activities in water. Report of a biological standards seminar, Middlesex Polytechnic, 9 February 1990.
- Kay, D. *et al.* (1990) The application of Water-Quality Standards to UK Bathing Waters. Journal of the Institution of Water and Environmental Management, 4(5): 436-440, October 1990.
- Kay, D., Fleisher, J.M., Salmon, R.L., Wyer, M.D., Godfree, A.F., Zelenauch-Jacquotte, Z. and Shore, R. 1994 Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing; results from randomized exposure. Lancet, 344(8927), 905-909.
- Ludwig, R.G. (1983). Marine outfall planning and design. Sao Paulo, ENCIBRA S.A.
- México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). (1983). Breviario Jurídico Ecológico. Subsecretaría de Ecología.

- Moore, B. (1959). Sewage contamination of coastal bathing waters in England and Wales: A bacterial and epidemiological study. J. Hyg. 57:435.
- Moore, B. (1975). The case against microbial standards for bathing beaches. In Discharge of Sewage from Sea Outfalls. A.L.H. Gamerson (Ed.), London, Pergamon Press. 103 p.
- National Technical Advisory Committee (NTAC). (1968). Water quality criteria. Washington, D.C. Federal Water Pollution Control Administration. 7 p.
- OMS (1998). Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Volumen 1: Aguas costeras y aguas dulces. Versión preliminar para consulta. Ginebra: OMS; 1998. Traducido en CEPIS, Lima, Perú.
- Perú. Ministerio de Salud. (1983). Modificaciones a los Artículos 81° y 82° Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas. Decreto Supremo N° 007-83-SA. Perú.
- Programa Ambiental del Caribe (CEPPOL) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1991). Informe del Seminario de CEPPOL sobre Vigilancia y Control de la Calidad Sanitaria de las Aguas Costeras Destinadas a la Recreación y el Cultivo de Mariscos en el Gran Caribe. Kingston, Jamaica, 8 al 12 de abril de 1991. Informe Técnico No. 9.
- Pruss, A. (1996). Background paper on health effects of exposure to recreational water microbiological aspects of uncontrolled waters. WHO Expert Consultation on Health Impacts of Recreational Water and Bathing Beach Quality, Bad Elster, Germany, 20-22 June 1996.
- Puerto Rico. Junta de Calidad Ambiental. (1983). Reglamento de Estándares de Calidad de Agua, 28 de febrero de 1983.
- Rosenburg, M.L. (1976). Shigellosis from swimming. J. Am. Med. Assoc., 236:1849.
- Saliba, L. J. & Helmer, R. (1990) Health risks associated with pollution of coastal bathing waters. World Health Statistics, 43(3): 177-187, World Health Organization.
- Scott, W.J. (1951). Sanitary study of shore bathing waters. Bull. Hyg. 33:351.
- Simons, G.W.; Hilscher, R.; Ferguson, H.F. y Gage, S. de M. (1922). Report of the Committee of Bathing Places. Amer. J. Pub. Health, 12(1): 121-123.
- Streeter, H.W. (1951). Bacterial quality objectives for the Ohio River: A guide for the evaluation of sanitary conditions of waters used for potable supplies and recreational uses. Cincinnati, Ohio River Valley Water Sanitation Commission.
- Stevenson, A.H. (1953). Studies of bathing water quality and health. J. Am. Public Health Assoc. 43:529.

- United Nations Environment Programme (UNEP)/World Health Organization (WHO). (1983). Assessment of the state of microbial pollution of the Mediterranean Sea and proposed measures, Document UNEP/WG. 91/6, 1983.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (1985). Report of the fourth ordinary meeting of the contracting parties to the convention for the protection of the Mediterranean Sea against pollution and its related protocols, Genoa, 9-13 September 1985, Document UNEP/IG. 56/5, 1985.
- U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Planning and Standards. (1976). Quality criteria for water. Washington, D.C., USEPA. 537 p. EPA-440/9/76-023.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1984). Water quality criteria. Request for comments. Federal Register, 49(102).
- U.S. Environmental Protection Agency. (1985). Test methods for escherichia coli and enterococci in water by the membrane filter procedure. U.S. Department of Commerce. NTIS. 30 p. EPA-600/4-85/076.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1986). Bacteriological ambient water quality criteria availability. Federal Register, 51(45), p. 8012.
- Venezuela. (1978). Reglamento parcial No. 4 de la ley orgánica del ambiente sobre clasificación de las aguas.
- Winslow, C.E.A. y Moxon, D. (1928). Bacterial pollution of bathing beaches in New Haven Harbor. Am. J. Hyg. 8:299.
- Wood, P.C. (Sin fecha). Public health aspects of shellfish from polluted waters, Chapter 13.
- World Health Organization (WHO). (1975). Guide and criteria for recreational quality of beaches and coastal waters, Bilthoven, 28 Oct.-1 Nov. 1974.
- World Health Organization (WHO). (1977). Health criteria and epidemiological studies related to coastal water pollution, Athens, 1-4 March 1977.
- World Health Organization (WHO) and United Nations Environment Programme (UNEP). (1978). First Report on Coastal Water Quality Monitoring of Recreational and Shellfish Areas (MED VII). WHO/EURO document ICE/RCE 206(8). WHO/EURO, Copenhagen.
- World Health Organization (WHO). (1986). Correlation between coastal water quality and health effects: report of a joint WHO/UNEP meeting Follonica, 21-25 October 1985. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, WHO/EURO document ICP/CEH 001 M06.