Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM Vol. 14, N.º 27, pp. 73-79 Enero - Junio 2011

Calidad microbiana del agua de playas de Lima y su relación con focos de contaminación

Water microbial quality of lima's beaches and its relation with the pollution causes

Germán Vergaray U., Carmen Méndez F., Hilda Morante O., Roger Gamboa R. y Frank Fernández S.*

Recibido: 10/12/2011
Aprobado: 17/12/2011

RESUMEN

El baño en el agua de mar puede representar un riesgo para la salud, por ello es necesario determinar su calidad microbiana y si fuera inaceptable detectar el foco de contaminación. Se realizó el análisis microbiológico del agua de 21 playas de Lima y la detección de focos de contaminación con heces humanas. Los resultados califican al agua del 33,33% (07) de las playas como inaceptable sí se utiliza como indicadores de contaminación fecal a coliformes totales y coliformes fecales; si se incluye *Escherichia coli* al 47,62% (10) y si también se incluye a *Enterococcus* al 66,66% (14). Se demostró la existencia de descarga de desagüe doméstico en todas las playas consideradas como inaceptables; en el 35,75% (5) con inspección ocular, en el 14,29% (02) se observó curso de agua con contaminación fecal y en el 50% (07) mediante la relación entre *E. coli* y *Enterococcus*.

Palabras clave: calidad, agua de mar, contaminación, microorganismos, Lima

ABSTRACT

Bathing in sea water can represent a health risk, which is why it is necessary to determine its microbial quality, and if this, was not acceptable, then detect the pollution source. It was performed a microbiologicalanalysis of the water of 21 Lima's beaches and the detections of contamination sources with human feces. The results qualify the water of 33.33% (07) beaches as unacceptable if it is used as indicators of fecal pollution, the total coliforms and fecal coliforms; if it is included *Escherichia coli*, it reaches to 47.62% (10); and if also it is included *Enterococcus* it reaches to 66.66%(14). It was demonstrated the existence of domestic sewage discharge in all the beaches considered as unacceptable; in 35.75% (05) with visual inspection; in 14.29% (02) was observed water running with fecal pollution and in 50% (07) by the relation between *E. coli* and *Enterococcus*.

Key words: quality, sea water, pollution, microorganisms, Lima

* Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Aguas y Ambientes, Facultad de Ciencias Biologicas - UNMSM. E-mail: gvergarayu@unmsm.edu.pe, cmendezf08@hotmail.com, hmoranteo@hotmail.com, roggerio17@hotmail.com, fran_fs16@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El baño en el agua de mar puede representar riesgo para la salud de los bañistas debido a que puede estar contaminada con excretas humanas que contienen microorganismos patógenos. La contaminación puede ser ocasionada principalmente por la descarga de tubos de desagüe domésticos, cursos de agua contaminada provenientes de la lluvia o de subsuelo, descarga de ríos con agua contaminada y defecación de los bañistas directamente en el agua de mar (Fleisher, 1985; Pruss, 1998; Galv, 2003; PAHO, 2003).

Para evaluar la calidad microbiana del agua de mar existen guías y normas que utilizan microorganismos indicadores que sugieren la presencia de gérmenes patógenos de origen fecal (Cabelli *et al.*, 1983; Salas, 1989; Vergaray y Méndez, 1998; Cortes-Lara, 2003).

Los indicadores de contaminación fecal utilizados en la mayoría de los países son coliformes totales y coliformes fecales (Salas, 1989; Gómez *et al.*, 2008; Ramos-Ortega *et al.*, 2008); sin embargo, no hay certeza que exista relación significativa entre estos indicadores, sus cuantificaciones y las enfermedades relacionadas con el baño en el agua de mar (USEPA, 1986).

También se utilizan como indicadores de contaminación fecal para aguas costeras a *Escherichia coli* y *Enterococcus*, anteriormente estreptococos fecales (Vergaray *et al.*, 1988), debido a que *E. coli* es uno de los indicadores más sensibles del grado de contaminación fecal en las cercanías de desagües domésticos y a que los estreptococos fecales (*Enterococcus*) sobreviven más tiempo en el agua de mar que los coliformes fecales, simulando mejor las características de sobrevivencia de Rotavirus humano, el cual es el agente etiológico de gastroenteritis aguda de mayor prevalencia en niños hospitalizados y la causa de muerte infantil más importante en el mundo (WHO, 1977; Borrego *et al.*, 1982; WHO, 2004).

Se ha demostrado que existe relación entre la frecuencia de trastornos digestivos y la concentración media de *Enterococcus* en agua de mar, que una concentración de 35 *Enterococcus*/100 mL ocasiona 19 enfermos y que son mejores indicadores que coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* (Cabelli *et al.*, 1983). La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica recomendó que los estados adopten a *Enterococcus* como indicadores principales de contaminación fecal para aguas de uso recreativo (USEPA, 1984) y planteó como criterio para aguas marinas un límite de 35 NMP/100 mL de *Enterococcus* como media geométrica de por lo menos 5 muestras tomadas en 30 días (USEPA, 1986).

Se ha reportado que *E. coli* es el mejor indicador para gastroenteritis y síntomas dérmicos ocasionados por el baño en agua de mar, lográndose establecer una relación linear (Cheung *et al.*, 1999).

E. coli y *Enterococcus* son ubicuos y pueden persistir por largos periodos de tiempo en agua y suelos tropicales y subtropicales (Fujioka *et al.*, 1999). Se ha demostrado la mayor sensibilidad de *E. coli* y *Enterococcus* como indicadores de contaminación fecal respecto a coliformes totales y coliformes fecales en agua de mar con descarga cercana a desagües domésticos (Vergaray *et al.*, 2007).

Por ello consideramos necesario conocer el nivel de contaminación microbiana de origen fecal del agua de las principales playas de recreación veraniega de Lima, evaluar la utilidad de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Enterococcus* como indicadores de contaminación fecal y aplicar un procedimiento que permita detectar el foco de contaminación con excretas humanas.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

En los meses de enero, febrero y marzo (verano) de 2010, se realizó la evaluación microbiológica del agua de mar de 21 playas de recreación veraniega del litoral de Lima.

Para seleccionar las playas se tomó en consideración la afluencia masiva de público en los meses de verano. En cada playa se realizaron 05 muestreos de agua durante un periodo de 30 días; el muestreo se efectuó alrededor del medio día, la muestra se tomó en el centro de la zona de baño, entre 10 m y 30 m de la línea de mareas dependiendo de la profundidad y a 30 cm de la superficie. Cada muestra fue de 250 mL, se transportó en recipiente refrigerado y en oscuridad; las muestras se procesaron en un lapso no mayor de 4 horas.

Como indicadores de contaminación fecal se utilizaron coliformes totales (CT) 5,000 NMP/100 mL, coliformes fecales (CF) 1,000 NMP/100 mL, *Escherichia coli* 100 NMP/100 mL y *Enterococcus* 35 NMP/100 mL.

Los análisis microbiológicos se realizaron empleando la técnica de tubos múltiples de Standard Methods for the Examination of water and wastewater (APHA, 2005); para la confirmación de *E. coli*, los tubos con Caldo Lauril sulfato sospechosos se sembraron en Caldo triptonado y se incubaron a 45°±0,2 °C por 24 horas, cuando se observó crecimiento se realizó la prueba del indol con el reactivo de Kovacs; para la confirmación de *Enterococcus* se empleó agar M *Enterococcus* y 5 pruebas bioquímicas: crecimiento en caldo BHI a 10 °C y a 45 °C, en bilis al 40%, en cloruro de sodio al 6.5% y la prueba de catalasa. El resultado del muestreo en cada playa es la media

geométrica de los resultados de 05 muestras tomadas durante un lapso de 30 días.

Para detectar el foco de contaminación fecal se realizó la inspección ocular y el análisis microbiológico de cursos de agua que descargan en el mar. En aquellas playas en las que no hubo evidencia de descarga de desagües, ni de cursos de agua; pero que el agua de mar tenía contaminación fecal, se realizaron muestreos cada 25 m tanto a la izquierda como a la derecha del punto de muestreo inicial; se utilizaron como indicadores a *E. coli* y *Enterococcus*, con la finalidad de establecer relaciones entre sus recuentos, que nos permita detectar los puntos de descarga de desagüe doméstico; para ello se tomó en consideración que *E. coli* es un buen indicador de cercanía a punto de descarga y que los *Enterococcus* sobreviven más tiempo en el agua de mar que los coliformes fecales; por lo tanto su capacidad para diseminarse lejos del punto de descarga es mayor.

III. RESULTADOS

En la evaluación microbiológica del agua de mar de 21 playas de Lima se demostró que el 66,66% (14) superó el límite de aceptabilidad para el baño, de acuerdo a los parámetros utilizados.

El agua del 33,33% (07) de las playas: Las Sombrillas, Agua Dulce Sur, Pescadores, Cultural Lima, Villa, San Bartolo Sur y Pucusana superó el límite de aceptabilidad de CT 5,000 NMP/100 mL y/o CF 1,000 NMP/100 mL; si también se considera el límite de *E. coli* 100 NMP/100 mL el 47,62% (10), agregándose las playas Cantolao Norte, Los Delfines y Punta Hermosa Norte, aunque Agua Dulce Sur no lo superó; y si además se considera el límite de *Enterococcus* 35 NMP/100 mL, el 66,66% (14), agregándose las playas Arenilla, La Herradura Norte, Caballeros y Naplo Sur; aunque Los Delfines no superó dicho límite. En todas las playas consideradas inaceptables para el baño se detectó la presencia de las bacterias *E. coli* y/o *Enterococcus* (Tabla N.° 1, Figura N.° 1).

Tabla 1. Evaluación Microbiológica del Agua de mar de 21 Playas de Lima

Playa	Coliformes Totales NMP/100mL	Coliformes Fecales NMP/100mL	Escherichia coli NMP/100mL	Enterococcus NMP/100 mL
Cantolao Norte	1,085.89	268.23	111.49	36.51
Arenilla	874.92	226.04	59.62	46.45
Los Delfines	530.62	210.83	106.83	16.83
La Pampilla	395.35	75.79	16.82	< 1,8
Waikiki	523.17	147.60	27.51	1.32
Redondo	229.76	117.50	18.49	1.48
Las Sombrillas	1,678.35	1,128.03	119.78	40.91
Agua Dulce Sur	1,764.87	1,474.93	80.05	44.15
Pescadores	1,805.62	1,131.54	123.06	41.23
La Herradura Norte	289.21	117.21	34.65	107.85
Cultural Lima	6,004.59	1,261.85	299.73	161.77
Villa	7,372.70	2,284.35	318.03	196.53
Los Pulpos	200.41	74.45	18.25	16.57
El Silencio	627.61	158.26	28.29	2.20
Señoritas	486.29	178.66	52.75	13.74
Caballeros	653.98	181.2	32.90	41.54
Punta Hermosa Norte	1228.48	714.70	107.31	55.44
San Bartolo Sur	2,765.70	2,175.57	335.58	136.98
Santa Maria	115.63	22.43	11.65	< 1,8
Naplo Sur	1,116.00	514.31	60.59	61.41
Pucusana	2,274.14	1,508.62	127.90	69.03

Fuente: Media geométrica de los resultados de 05 muestras analizadas en cada playa, en un máximo de 30 días.

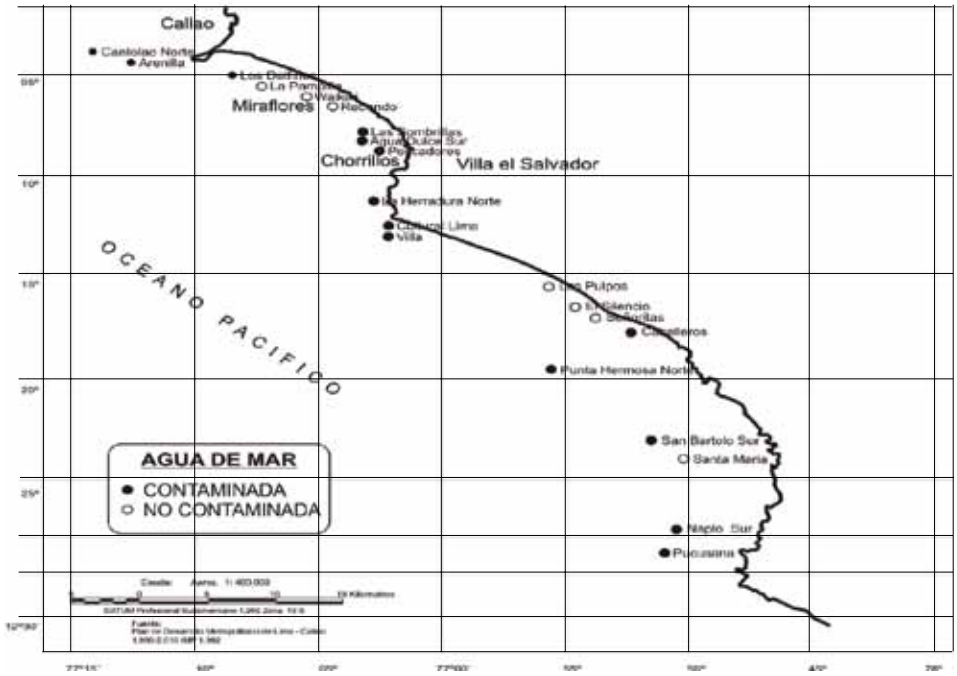

Figura N.º 1. Ubicación de as playas estudiadas en a costa de Lima

Fuente: Plan de Desarrollo Metropolitano de Lima – Callao 1990 – 2010. IMP 1992

Se demostró la existencia de descarga de desagüe doméstico en el agua de mar de todas las playas calificadas como inaceptables. En el 35,71% (05): Los Delfines, La Herradura Norte, Villa, Cultural Lima y San Bartolo Sur fue observada por inspección ocular. En el 14,29% (02): Las Sombrillas y Agua Dulce Sur, se observó un curso de agua proveniente del acantilado con microorganismos fecales. En el 50% (07) la detección se hizo mediante el análisis de la relación entre la numeración de *E. coli* y *Enterococcus*; para ello se tomó en consider ación que la razón *E. coli*/*Enterococcus* es mayor en la cercanía al foco de contaminación y menor a mayor distancia del mismo; en 06 playas: Cantolao Norte, Pescadores, Caballeros, Punta Hermosa Norte, Naplo Sur y Pucusana se detectó la presencia de descarga de desagüe doméstico oculto y en 01: Arenilla, el número elevado de *Enterococcus* en relación a *E. coli* nos permitió detectar la influencia de un emisor distante (Tabla N.° 2, Figuras N.° 2 y N.° 3).

Tabla N.° 2. Descarga de desagües domésticos en 14 playas de Lima inaceptables para balneabilidad

Playa	Desagüe doméstico			Origen de la Descarga
	Inspección ocular	Curso de agua del acantilado	Correlación *E. coli- Enterococcus*	
1. Cantolao Norte	-	-	+	DL
2. Arenilla	-	-	+	E (Costanero)
3. Los Delfines	+	-	-	DD
4. Las Sombrillas	-	+	-	CAA
5. Agua Dulce Sur	-	+	-	CAA
6. Pescadores	-	-	+	DL y R
7. La Herradura Norte	+	-	-	DL y DD
8. Cultural Lima	+	-	-	E (La Chira)
9. Villa	+	-	-	E (La Chira)
10. Caballeros	-	-	+	DD
11. Punta Hermosa Norte	-	-	+	DD
12. San Bartolo Sur	+	-	-	DL
13. Naplo Sur	-	-	+	DD
14. Pucusana	-	-	+	DD

CAA = Curso de agua de acantilado: agua de subsuelo contaminada con microorganismos fecales.

DD = Desagüe distrital: proviene del distrito; a más de 500 m de la zona de balneabilidad.

DL = Desagüe local: proviene de instituciones y/o viviendas a menos de 500 m de la zona de balneabilidad.

E = Emisor: descarga de más de 3 m^3/s, proviene de la provincia de Lima.

R = Rebose: proviene de unidades de bombeo, a menos de 500 m de la zona de balneabilidad.

Figura N.° 2. Playa Agua Dulce Sur. Curso de agua con microorganismos fecales.

Figura N.° 3. Playa Los Delfines. Tubos de desagüe doméstico que descargan en el mar en forma oculta

IV. DISCUSIÓN

El estudio se realizó en enero, febrero y marzo del 2010; meses de verano, debido a que es la estación en la que hay afluencia masiva de bañistas y en la cual se presenta mayor contaminación fecal del agua de mar (Pérez Guzzi *et al.*, 2006; Vergaray *et al.*, 2007).

El hecho de que el 66,66% de las muestras de agua de las playas estudiadas esté contaminado por descargas de desagüe doméstico, y que en todas ellas se encuentren las bacterias *E. coli* y/o *Enterococcus*, ambas asociadas con enfermedad gastrointestinal, evidencia el riesgo de enfermedad que tienen los usuarios de dichas playas (Cabelli, 1984; Cheung *et al.*, 1991).

Sí los indicadores CT y CF y sus límites demostraron ser de menor sensibilidad; si no existe relación significativa entre CT-CF y enfermedad (USEPA, 1986; Salas, 1989); si los resultados de los análisis del agua que la consideran como inaceptable con dichos límites son ratificados usando los indicadores *E. coli* y *Enterococcus* y si además estos últimos determinan la inaceptabilidad del agua de otras 07 playas, en las cuales hay evidencia de descarga de desagüe doméstico; se ratifica el criterio de prescindir del uso de CT y CF como indicadores de contaminación fecal del agua de mar.

El uso de *Enterococcus* permitió calificar como inaceptable al agua de 13 playas, es decir del 92,86% de las consideradas inaceptables empleando los 04 indicadores; este hecho permite considerarlo como el indicador más sensible de contaminación fecal. Por ello se sugiere que se le utilice como indicador de contaminación fecal del agua de mar, tomando en consideración el límite de 35 NMP/100 mL propuesto por Cabelli; hasta que se efectúen estudios epidemiológicos locales que relacionen el número de *Enterococcus* u otro indicador con el número de enfermos con síntomas gastrointestinales entre los bañistas. Sin embargo, como se considera inconveniente depender de un solo indicador, hasta que los estudios lo sustenten, y tomando en consideración que el agua de la playa Los Delfines fue calificada como aceptable con *Enterococcus* pero inaceptable con *E. coli*, es recomendable utilizar también a *E. coli*; a favor de ello se debe agregar que dicha bacteria iguala o mejora el rendimiento de CT y CF.

En el 14,29% (02) de las playas consideradas inaceptables se observó un curso de agua de apariencia cristalina que provenía del acantilado, después de efectuarse el análisis microbiológico se llegó a la conclusión que tenía contaminación fecal; posiblemente era agua del subsuelo contaminada con desagüe doméstico o pozos sépticos. El análisis del agua en diferentes puntos de playas consideradas inaceptables y la relación de los resultados de los recuentos de *E. coli* y *Enterococcus* nos permitió detectar puntos de descarga de desagüe doméstico ocultos en 06 playas y la influencia de la descarga de 01 emisor distante que proviene de la provincia de Lima, en 01 playa; para sustentar la relación se tomó en consideración las características de supervivencia de coliformes fecales *E. coli* y *Enterococcus* (Borrego *et al.*, 1982; WHO, 2004).

Sí en el agua de mar de una playa de recreación veraniega se demuestra contaminación microbiana de origen fecal superior al límite establecido, es necesario detectar la causa y tomar las medidas pertinentes para eliminarla o por lo menos disminuir la contaminación; con ello se logrará disminuir el riesgo de enfermedad y mejorar la calidad estética de la playa.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas de este estudio son las sguientes:

- El agua de mar de la mayoría (66,66%) de las playas de recreación veraniega estudiadas presentó contaminación microbiana de origen fecal superior a los límites establecidos.
- *Enterococcus* fue el indicador de contaminación fecal más sensible, se le encontró en el 92,86% de las muestras de agua de mar contaminadas.
- En todas las playas cuya agua fue considerada inaceptable se demostró la existencia de descarga de desagüe doméstico.
- El procedimiento que incluye inspección ocular, análisis microbiológico de cursos de agua que descargan en la zona de balneabilidad y la relación entre el recuento de *E. coli* y *Enterococcus* en diferentes puntos de la playa, posibilitó detectar los focos de contaminación fecal.
- Existe riesgo de enfermarse por bañarse en el agua de las 14 playas que presentaron contaminación microbiana fecal superior a los límites establecidos.

VI. RECOMENDACIONES

- Modificar el requisito microbiológico de calidad del agua de mar, debería ser *Enterococcus* 35 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 100 NMP/100 mL; en lugar de Coliformes fecales mayor de 1,000 NMP/100 mL.
- Efectuar estudios epidemiológicos en playas de recreación veraniega del Perú que permitan relacionar al indicador microbiano con el número de enfermos.
- Eliminar los focos de contaminación fecal detectados en las playas consideradas inaceptables.
- Evaluar la calidad microbiana del agua de mar de todas las playas de recreación veraniega del Perú, principalmente en los meses de verano.
- Detectar los focos de contaminación fecal que pudieran existir en las playas de recreación veraniega, mediante un procedimiento similar al aplicado en nuestro estudio y eliminarlos.

VII. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigación en Ciencias Biológicas "Antonio Raimondi", Facultad de Ciencias Biológicas - UNMSM.

A la Fundación San Marcos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association (2005). Standards Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th. Edition. APHA, AWWA, WEF. Washington D.C. 20005. USA.
2. Borrego, J.; F. Arrobal and P. Romero (1982) .Study of Microbiological Pollution of a Malaga Litoral Area: II Relationship between Faecal coliforms and Faecal Streptococci. VI Journées Etud Pollutions, Cannes C.I.E.S.M.
3. Cabelli, V.J., A.P. Dufours, L.J. Mc Cabe & M.A. Levin (1983). A Marine Recreational Water quality Criterion consisten with indicator concepts and Risk analysis. Journal WPCF, 55 (10): 1306-1314.
4. Cabelli, J. (1984). Health Effects Criteria for Marine Recreational Waters. Washington, D.C.US Environmental Protection Agency, 98 p. EPA600/1-80-031.
5. Cheung W.H.S., R.P.S. Hung, K.C.K. Chang & J.W.L. Kleevens (1991). Epidemiological Study of beach Water pollution and Health-Related bathing Water Standards in Hong Kong. Wat. Sci. Tech, 23: 241-252.
6. Cortés-Lara M. del C. (2003). Importancia de los Coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas Jaliso-Nayarit. Rev. Biomed. 14: 121-123.
7. Fleisher, J. M. (1985). Implications of Coliform variability in the assessment of Sanitary quality of recreational waters. J. Hyg. 94: 193-200.
8. Fujioka, R., C. Sian-Denton, M. Borja, J. Castro and K. Morphew (1999). Soil: the environmental source of *Escherichia coli* and enterococci in Guam´s streams. J. Appl. Microbiol. Symp. Suppl. 85: 83S-89S.
9. Galv, L. (2003). A Water Pollution crisis in the Americas. Habitat Debate. 9 (3): 10.
10. Gómez F.A., N.J. Aguirre, J. Betancour y M. Toro (2008). Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá. Investigación, 11 (3): 87-95.
11. Pan American Health Organization (PAHO) (2003). Promoting the Healthy, safe use of recreational waters. Rev. Panam. Salud Pública. 14 (5): 364-9.
12. Pérez Guzzi, J.; A. Zamora, A. Falabella, F. Isla y A. Escalante (2006). Situación Sanitaria de la Zona Balnearia de la ciudad de Mar del Plata. 1er. Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento integral del agua, Argentina.
13. Pruss, A. (1998). Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. Int. Epidemiol. Assoc. 27:1-9.
14. Ramos- y Ortega, L.M, L.A. Vidal, S. Vilardi y L. Saavedra-Díaz (2008). Análisis de la Contaminación microbiológica (Coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta biol. Colomb., 13 (3): 87-98.
15. Salas, H. (1989). Calidad del agua en el medio marino. Historia y Aplicación de Normas microbiológicas. Bol. Of. Sanit. Panam. 107(3): 226-237.
16. United States Environmental Protection Agency (1984). Water quality criteria. Request for Comments. Fed. Regist 49 (102).
17. United States Environmental Protection Agency (1986). Bacteriological Ambient water quality criteria availability. Fed. Regist 51 (45): 8012.
18. Vergaray, G., C.R. Méndez y T.M. Zacarías (1988). Evaluación Higiénico-sanitaria del Circuito de Playas "Costa Verde". Convenio Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Municipalidad de Lima Metropolitana.
19. Vergaray, G. y C.R. Méndez (1998). Contaminación del agua de mar. Bacterias Indicadoras-Bacterias Patógenas. VII Reunión Científica. ICBAR. Libro de Resúmenes, p. 116.
20. Vergaray, G., C.R. Méndez, H.Y. Morante, V-I. Heredia y V.R. Béjar (2007). *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMME, 10 (20): 82-86.
21. Word Health Organization (1977). Health Criteria and Epidemiological Studies related to Coastal Water Pollution. Athens, 1-4 March. Ginebra.
22. Word Health Organization (2004). Guidelines for Drinking-water Quality. Third Edition. Volumen 1. (Recomendations). Geneva. pp. 257-259.