



**HEAL THE OCEAN  
INVENTARIO PARA EL ESTADO DE CALIFORNIA DE LOS VERTIDOS  
DE AGUAS RESIDUALES AL OCEANO**

Autor principal : Hillary Hauser,  
Executive Director, Heal the Ocean  
Investigador principal : D. Craig Barilotti, Ph.D  
Edition: John Robinson, Teri Taylor  
Translacion: Maria Auset Vallejo, Ph.D

Heal the Ocean  
1129 State Street #26  
Santa Barbara, CA 93101  
(805) 965-7570  
[www.healtheocean.org](http://www.healtheocean.org)

---

### **SOBRE HEAL THE OCEAN:**

Heal the Ocean es un grupo de acción ciudadana sin fines de lucro sumamente próspero ubicado en Santa Barbara, California, con casi 3,000 miembros. Desde su creación en 1998, la organización ha utilizado sofisticada tecnología (ADN, pruebas de virus, trazados de mapas con Sistemas de Información Geográfica), para localizar las fuentes de polución del océano, con el propósito de iniciar y facilitar la detención de las prácticas de polución. Heal the Ocean ha contratado también a ingenieros, científicos, hidrólogos e investigadores para evaluar áreas problemáticas, realizar pruebas, y llevar a cabo estudios de viabilidad de costes para mejorar los métodos tecnológicos de tratamiento de residuos generados por el hombre.

Heal the Ocean es la primera organización medioambiental que lleva a cabo estudios de ADN en el medio ambiente (el grupo colaboró con los Servicios de Salud Medioambiental del Condado de Santa Barbara para realizar un estudio de ADN en Ricon Creek en 1999). HTO ha iniciado también conversiones de fosa sépticas a alcantarillas en áreas del Condado de Santa Barbara donde se sospecha que sistemas sépticos indebidamente situados están contaminando el medio ambiente. El grupo es una de las primeras organizaciones medioambientales en la nación en realizar estudios de virus en el océano, y en encargar estudios de viabilidad de costes de ingeniería para mejorar plantas depuradoras de aguas residuales a completa capacidad de tratamiento terciario.

Además, el personal de Heal the Ocean y los voluntarios reúnen información medioambiental de manera activa yendo al campo con cámaras de video, y los submarinistas de HTO han hecho documentales en vídeo de los puntos de vertido de aguas residuales. El grupo realizó una exitosa campana a favor del fin de una de las últimas 301 (h) exenciones de aguas residuales en California no sólo gracias a contratar a excelentes abogados y investigadores sino también gracias a hacer una inmersión en el punto de vertido para mostrar a la Compañía Regional de Control de Calidad del Agua que es lo que parece el mar en una área de vertido de aguas residuales. Visítenos en nuestra página web, en [www.healtheocean.org](http://www.healtheocean.org).

---

### **AGRADECIMIENTOS**

Heal the Ocean desea agradecer la ayuda de sus 3000 **partidarios**, y en particular damos las gracias a las siguientes personas por su maravillosa generosidad financiera la cual hace nuestro trabajo posible: Jack & Kim Johnson, Brian & Laurence Hodges of the WWW Foundation, The Ann Jackson Family Foundation, Mr. & Mrs. Tom Crawford of The John G. Braun Charitable Annuity Trust, Adam & Kara Rhodes of the WWW Foundation, Yvon Chouinard, Thomas & Cynthia Dabney of The Christopher Foundation, Julia Louis-Dreyfus & Brad Hall of The Hall Charitable Fund, Patagonia, nuestros numerosos donantes anónimos – y ultimo pero no menos importante, la Groundswell Society y los maravillosos surfistas de the Rincon Clean Water Classic, quienes han hecho surfing cada año para recoger fondos para ayudar en nuestra lucha para limpiar uno de los mejores puntos del mundo donde rompen las olas.

*Hillary Hauser, executive director*

*Heal the Ocean*

Copyright 2005 by Heal the Ocean.

## HEAL THE OCEAN INVENTARIO PARA EL ESTADO DE CALIFORNIA DE LOS VERTIDOS DE AGUES RESIDUALES AL OCEANO

### Antecedentes:

Hay 37 puntos de vertido de aguas residuales directos al océano que descargan en el Océano Pacífico en la costa de California –desde la frontera con Oregon hasta San Diego/Tijuana – que podrían afectar la salud de nadadores, surfistas, windsurfistas y submarinistas, los cuales consideran el uso del océano como parte del estilo de vida de California. Las estadísticas siguientes han sido extraídas de un estudio de 4 meses llevado a cabo por Heal the Ocean en los archivos de la Compañía Regional de Control de Calidad del Agua del estado de California, permisos NPDES, mapas náuticos de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional (NOAA), o contacto directo telefónico con el responsable del vertido o departamentos de obras públicas de las ciudades costeras incluidas en este estudio.

**Unos 1.5 billones de galones de aguas residuales al día (flujo en tiempo seco) son vertidos directamente en el Océano Pacífico, como sigue:**

	<b>Millones de galones al día</b>
North Coast (de Mendocino a Crescent City)	10
San Francisco Region	27
Central Coast (de Santa Cruz a Carpinteria)	70
Los Angeles Region (de Oxnard a Terminal Island (incluyendo Avalon & San Clemente islands)	796
Orange County	320
San Diego Region	286
Total	1,509

**Casi 44 billones de toneladas de sólidos (fangos de aguas residuales) son vertidos al año en el Océano Pacífico, como sigue:**

	<b>Millones de toneladas al año</b>
North Coast (de Mendocino a Crescent City)	214
San Francisco Region	406
Central Coast (de Santa Cruz a Carpinteria)	1,073
Los Angeles Region (de Oxnard a Terminal Island (including Avalon & San Clemente islands)	15,000
Orange County	14,000
San Diego Region	13,300
Total	43,993

De las 37 plantas depuradoras de aguas residuales, 17 o 44% están vertiendo en la “zona de oleaje” del océano – en aguas de 50 pies o menos. En estas áreas, la probabilidad de contacto de aguas residuales con humanos recreándose en el océano no es sólo alta sino que es probable.

En algunas áreas las aguas residuales son vertidas directamente a nivel del oleaje del océano (1.9 millones de galones al día (mgd) en Crescent City, 0,17 mgd en Shelter Cove).

En la Costa Central (Región 3), el Ragged Point Inn vierte .013 mgd de aguas residuales por encima del acantilado!

**Los siguientes puntos de vertido vierten efluentes secundarios en la zona costera y de recreo del océano en California:**

		Distancia de la costa	Profundidad de agua
Crescent City	1.9 mgd	En el oleaje	0'
Arcata	1.7 mgd	Marsh channel (la marea lo elimina)	2'
Eureka	5.2 mgd	4,100 ft.	22'
Shelter Cove	.17 mgd	En el oleaje	0'
Fort Bragg	1.3 mgd	650 ft.	27'
Daly City	6.8 mgd	2,500 ft.	32'
Half Moon Bay	2.2 mgd	1,900 ft.	37'
Carmel/Pebble Beach	1.6 mgd	600 ft.	35'
Ragged Point Inn	.013 mgd	Vertido en el acantilado	0'
San Simeon	.05-.1 mgd	600 ft.	20'
Avila/Port San Luis	.03 mgd	2,240 ft.	29'
Montecito	1.0 mgd	1,550 ft.	22'
Summerland	0.15 mgd	740 ft.	19'
Carpinteria	1.7 mgd	1,000 ft.	25'

Casi 24 millones de galones de aguas residuales al día van al océano de California diariamente en una profundidad de 20 a 30 pies de agua o menos, a una distancia inferior a una milla de la orilla.

**Las plantas depuradoras realizan grandes vertidos de aguas residuales en aguas sólo ligeramente más profundas (40 a 50 pies), incluyendo:**

		Distancia de la orilla	Profundidad de agua
Cayucos/Morro Bay	1.4 mgd	2,900 ft.	50'
Pismo Beach	1.1 mgd	4,400 ft.	55'
Oxnard	21.0 mgd	5,280 ft.	48'

Unos 23 millones de galones al día de aguas residuales se vierten en el océano diariamente en aguas sólo ligeramente más profundas (40 a 50 pies).

Actualmente se considera que los 37 puntos de vertido al océano a lo largo de la costa de California “cumplen con las estándares del estado”, porque el actual Plan Oceánico de California, el cual es la base para los estándares, está anticuado y es inadecuado para proteger la salud pública. El Plan Oceánico necesita una revisión que refleje los riesgos, ahora conocidos, que representan los vertidos de aguas residuales. El actual Plan Oceánico no considera el aumento de deportes acuáticos en todo el estado, que ha ocurrido por muchas razones – entre las cuales cabe citar el aumento de la población, además de los avances en artículos tecnológicos, tales como los trajes de neopreno, que animan a más gente a meterse en el agua.

Los estándares actuales mediante los cuales se determina la salud de las playas de California (concretamente, si es o no seguro para la gente pasar su tiempo de recreo en el océano) se han basado en estándares bacterianos, una medida de la cantidad de coliformes totales, coliformes fecales, y enterococos en el agua de mar.

Estos “indicadores bacterianos” no causan enfermedades en los humanos por ellos mismos. Pero tal y como Heal the Bay (Santa Monica) señala en su explicación de los sistemas de clasificación usados en su programa de Informes de Playa para guiar a usuarios del océano, un estudio sobre efectos para la salud de 1996 realizado por la University of Southern California bajo la dirección del Proyecto de

Restauración de la Bahía de Santa Monica (SMBRP) estableció una conexión directa entre los niveles de estos indicadores bacterianos y enfermedades humanas.<sup>1</sup>

Estas enfermedades incluyen gripe estomacal, infección de oído, infección del tracto respiratorio superior y sarpullido cutáneo.

Mientras las medidas de estos indicadores bacterianos podrían ser útiles para determinar si es sano o no, nadar o hacer surf en el océano en un determinado día, son inadecuados en dos campos:

- 1) No localizan las fuentes de polución. En particular, las medidas de coliformes fecales no se pueden diferenciar entre pájaros, mamíferos, perros o humanos. La medida de la polución no puede sustituir la erradicación de esa polución.
- 2) Los indicadores bacterianos pueden estar ausentes cuando los virus de la hepatitis A y los virus entéricos (coxsackie and polio) están presentes. Estos virus, los cuales sólo pueden estar presentes en materia fecal humana, indican un verdadero riesgo para la salud.

Heal the Ocean ha realizado pruebas de virus en algunas de las playas de baño más populares del Condado de Santa Barbara en días calidos y soleados cuando los arroyos no corren y cuando el alcantarillado no se está vaciando, cuando los indicadores bacterianos están ausentes y las playas son reconocidas como de mejor calidad ("A" grade) y las muestras revelan la presencia de ambos virus, hepatitis A y entéricos. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio de USC del Dr. Jed Fuhrman. (APENDICE A)

El razonamiento de que estos virus son "no viables" (muertos) es discutible. Muertos o vivos (y en el laboratorio de USC los científicos dicen que un virus muerto no puede ser medido), estos virus llegaron al océano desde fuentes humanas. Puesto que los arroyos no corrían, la entrada de estos virus al océano sólo puede, por lógica, provenir de 1) defecación humana directa (problema de vagabundos), 2) agua subterránea contaminada (quizás por sistemas sépticos corriente arriba o tuberías de alcantarillado rotas) que fluyen ocultos hasta el mar, 3) vertidos ilegales de los barcos, o 4) aguas residuales de depuradoras.

En muestras tomadas al final de las lagunas de sedimentación de dos plantas depuradoras de aguas residuales de Santa Barbara, ambos virus, virus de la hepatitis A y virus entéricos, fueron detectados, en ocasiones en concentraciones muy altas, o "bandas". Estos mismos virus fueron detectados en muestras de agua tomadas de playas cercanas. Las aguas residuales estudiadas, a punto de ser vertidas en el océano, habían pasado por un tratamiento secundario completo, y cumplían con los estándares del estado para vertidos al océano.

***NOTA: Heal the Ocean deja claro que las pruebas de virus no han sido sistemáticas, ni que ha sido nunca la intención de Heal the Ocean de proveer un servicio de pruebas de virus regular para la comunidad. Estas pruebas han sido llevadas a cabo solamente para determinar si hay virus presentes en el océano (indicando contaminación humana) en días calurosos y de "mejor calidad del océano", y más de una vez hallamos que éste era el caso.***

Debido a que muchos de los puntos de vertido de California están vertiendo aguas residuales en aguas muy superficiales – en la zona recreativa, donde la gente nada- Heal the Ocean encargó al Dr. Howard Kator, un microbiólogo medioambiental de Virginia, un informe sobre los efectos en la salud humana al ponerse en contacto con aguas residuales que han sido tratadas por un tratamiento secundario.

La información del informe de Dr. Kator, "Inquietudes y factores de riesgo asociados a vertidos de efluentes secundarios en aguas superficiales costeras" (APENDICE B), fue incluido en el informe del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (NRDC) "Nadando en Aguas Residuales" presentado en el Congreso en febrero del 2004.<sup>2</sup>

“Existen pruebas considerables de que la exposición en el mar a aguas de baño contaminadas resulta en un aumento de la frecuencia de síntomas de enfermedades humanas (Henrickson et al. 2001),” Kator afirma. “La mayoría de estudios epidemiológicos confirman que los nadadores sufren un aumento del riesgo de enfermedades comparados con individuos no nadadores (Cabelli et al. 1983, Griffin et al. 2003). Los síntomas de enfermedades incluyen trastornos oculares y de oído, respiratorios, gastrointestinales y enfermedades más serias de manera más infrecuente. Los patógenos asociados con los brotes atribuidos a aguas recreativas marinas no han sido generalmente identificados pero se asume que son virus.”<sup>3</sup>

La ley sobre la Evaluación Medioambiental de Playas y Salud Costera (Beaches Environmental Assessment and Coastal Health, BEACH) ha establecido en Octubre 2005 el plazo para que los estados con aguas costeras recreativas desarrollen nuevos estándares de calidad del agua para bacterias. Pero tal y como se señala en el informe del NRDC “Nadando en Aguas Residuales”, dos científicos (Rose and Katonik), afirman que “...virus y protozoos poseen tiempos de supervivencia relativamente largos y bajas dosis infectivas (la mínima dosis que puede causar infección), mientras que las bacterias requieren dosis infectivas altas.”<sup>4</sup>

El informe de NRDC concluye que los tiempos de supervivencia largos y las bajas dosis infectivas de virus y protozoos levantan serias cuestiones sobre la confianza en estándares bacterianos como indicadores de agua limpia.<sup>5</sup>

En su informe, “Gestionando Aguas Residuales en Aguas Costeras Urbanas”, el Consejo de Investigación Nacional informa que, “Los Estados Unidos continua teniendo brotes periódicos de hepatitis A por el consumo de marisco proveniente de áreas contaminadas por aguas residuales, incluso cuando los estándares bacterianos se han cumplido.”<sup>6</sup>

El estado de California no puede continuar con los antiguos estándares cuando ahora se conoce que la muerte o inactivación, de patógenos virales humanos en agua del mar conlleva días, mientras que los coliformes bacterianos usados en las pruebas de contaminación por aguas residuales tienen una inactivación de varias horas. Los estándares bacterianos quizá proporcionen a los operadores de plantas de tratamiento una medida del rendimiento de la planta, pero son un indicador de contaminación o de riesgo inadecuado para los usuarios del océano.

Un análisis reciente de la Organización Mundial de la Salud (WHO) (APENDICE C) proporciona una simple tabla cualitativa de los riesgos para la salud relacionados con los diferentes grados de tratamiento de aguas residuales y tipos de vertido. Esta tabla indica que los efluentes terciarios representan un riesgo muy bajo para los humanos, incluso en puntos de vertido cortos (aquellos vertiendo en áreas de contacto con humanos).

La tabla de la WHO indica que *muy bajos riesgos para la salud también pueden ser obtenidos si los vertidos de aguas residuales son realizados más allá de la zona “recreativa” costera superficial – donde la gente nada, hace surf o bucea – como mínimo a una milla de la costa, y/o a un mínimo de profundidad de 60 pies de agua.* Para el establecimiento de profundidades y distancias de seguridad, se deben considerar las condiciones locales del océano y la cantidad de agua residual vertida.

Áreas tales como San Francisco, donde se combinan acantarillados (CSOs), grandes cantidades de agua de tormenta penetran en el sistema de alcantarillado debido a infiltraciones y flujos (I&I), y presentan riesgos para los humanos durante periodos de lluvia (riesgos que no se dan durante periodos secos) debido a que los sistemas de aguas residuales están sobrecargados.

Los CSOs representan un riesgo para aquellos que están usando el agua y también para la gente que va a la playa y la gente en tierra que con el viento les llegan los vapores de agua contaminada, porque ciertos estudios han demostrado que se puede dar infección al respirar patógenos presentes en aerosoles.

La construcción de plantas depuradoras de tratamiento terciario, o añadir a las plantas existentes la capacidad de tratar completamente o almacenar CSOs o flujos I&I por encima de la capacidad de la planta, supondría un proceso excesivamente largo de análisis individual del terreno, revisión de los informes de auto monitoreo, atención y quizás estudios de viabilidad de costes en base a cada caso. Cualquier debate que analice un nuevo Plan Oceánico para el estado de California debería considerar este problema entre los asuntos a tratar.

Mientras tanto, para solucionar la inmediata amenaza para la salud para los usuarios del océano sin añadir un coste para el estado de California (la mínima carga financiera sería para los usuarios de las instalaciones de aguas residuales), se debería requerir a las plantas depuradoras de aguas residuales que vierten en la zona superficial del océano Pacífico en California que instalen puntos de vertido de aguas residuales más lejos de la costa.

Las reglamentaciones que establecen una distancia mínima de una milla de la costa, y una profundidad mínima de agua de 60 pies, no sólo solucionarían los problemas de I&I y CSOs, sino que también reducirían el riesgo para los usuarios del océano de ponerse en contacto con aguas residuales. Considerando la información de la WHO, se puede asumir que los vertidos de aguas residuales que se producen a más de una milla de la costa reducen la categoría de riesgo para la salud humana en más de un 90% (de lo que sería un vertido a corta distancia de la costa).

Estas estadísticas, en relación con la información de la WHO, indican que 10 vertidos de aguas residuales en California representan un alto riesgo para la salud pública, 22 representan un riesgo medio, 3 un riesgo bajo, y 2 un riesgo muy bajo. Según la mayoría de estándares – especialmente para aquellos quienes asumen que pueden usar el océano de California sin ponerse enfermo - estos resultados son inaceptables.

Heal the Ocean cree que las comunidades de la costa de California no poseen el Océano Pacífico como su terreno privado para deshacerse de residuos. Ha llegado el momento de proveer al tratamiento de aguas residuales de avances prácticos y tecnológicos. Heal the Ocean ha realizado estudios de viabilidad de costes para el tratamiento terciario en 5 plantas depuradoras de aguas residuales que vierten en el océano en el Condado de Santa Barbara, y ha recibido estimaciones del coste de extensión de tuberías de vertido de aguas residuales. Ambos son asequibles – menos de lo que la mayoría de gente paga por la televisión por cable.

---

## Referencias:

<sup>1</sup> Haile, R. W. et al, *An Epidemiological Study of Possible Adverse Health Effects of Swimming in Santa Monica Bay*, Santa Monica Bay Restoration Project, 1996. 70 pp.

<sup>2</sup> N. Stoner, M Merkel, M. Dorfman, Natural Resources Defense Council, *Swimming in Sewage; The Growing Problem of Sewage Pollution and How the Bush Administration is Putting Our Health and Environment at Risk*, 2004. 75pp.

<sup>3</sup> Kator, H., "Concerns and Risk Factors Associated with Discharges of Secondary Treated Sewage into Very Shallow Coastal Waters," Heal the Ocean, Santa Barbara, CA, May, 2003. 10 pp.

<sup>4</sup> Katonik and Rose, *The Beaches Environmental Assessment and Coastal Health (BEACH) Act, Adoption of coastal recreation water quality criteria and standards by states*. 2000. p. 28.

<sup>5</sup> N. Stoner, M Merkel, M. Dorfman, Natural Resources Defense Council, *Swimming in Sewage; The Growing Problem of Sewage Pollution and How the Bush Administration is Putting Our Health and Environment at Risk*, 2004. 75pp.

<sup>6</sup> Table 9.10, from "Monitoring Bathing Waters: A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes," Chapter 9: *Approaches to Microbiological Monitoring*. Spon Press, UK. 352 pp. © 2000 World Health Organization (WHO).

**INVENTARIO DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES AL OCEANO EN CALIFORNIA**

**Vertidor, Tratamiento y Volumen de Aguas Residuales, Ubicación del Vertido**

**Hecho por**

**Heal the Ocean  
Santa Barbara, California**

**Preparado por  
D. Craig Barilotti, Ph. D.  
4369 Osprey Street  
San Diego, CA 92106  
(619) 223-9335**

**REGIONES DE COMPAÑIAS REGIONALES DE CALIDAD DEL AGUA CON  
VERTIDOS AL OCEANO**

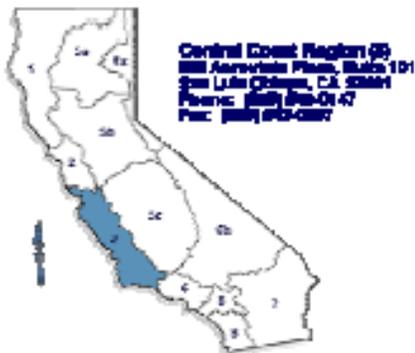
Region 1



Region 2



Region 3



Region 4



Region 8



Region 9



Apéndices

**A** Informe sobre virus de Heal the Ocean.

**B** Informe de Kator, "Inquietudes y factores de riesgo asociados a vertidos de efluentes secundarios en aguas costeras muy superficiales.

**C** Tabla de la Organización Mundial de la Salud (WHO): "Riesgos potenciales para la salud humana que surgen de la exposición a aguas residuales".

# APENDICE A

## Pruebas de virus de Heal the Ocean

Realizados en el laboratorio del Dr. Jed Fuhrman, USC

### Verano 2001

Localización de la Playa	Hepatitis A	Virus Entéricos
Arroyo Burro Beach	Si	No
Arroyo Burro Creek	No	No
Butterfly Beach	Si	No
Carpinteria State Beach	No	No
El Estero sewage treatment plant	No	Si
Goleta Beach	No	Si
Goleta Sanitary District	No	Si
Goleta Slough	No	No
Hope Ranch Beach	No	No
Leadbetter Beach	Si	Si
Summerland Beach	Si	No

### Otoño 2000

Localización de la Playa	Hepatitis A	Virus Entéricos
Arroyo Burro Beach	No	No
Butterfly Beach	No	No
Carpinteria State Beach	No	No
El Estero sewage treatment plant	Si	Si
Goleta Beach	No	No
Leadbetter Beach	No	No
Summerland Beach	No	No

### Verano 2000

Localización de la Playa	Hepatitis A	Virus Entéricos
Arroyo Burro Beach	No	No
Butterfly Beach	Si	No
Carpinteria State Beach	Si	No
East Beach at Mission Creek	Si	No
Goleta Beach	No	No
Hope Ranch Beach	No	No
Leadbetter Beach	No	No
Summerland Beach	Si	No

### Invierno 1999

Localización de la Playa	Hepatitis A	Virus Entéricos
Arroyo Burro Beach	No	Si
Butterfly Beach	No	Si
Carpinteria State Beach	No	Si
East Beach at Mission Creek	No	Si
Goleta Beach	No	No
Hope Ranch Beach	No	No
Las Palmas Creek (Hope Ranch)	No	No
Leadbetter Beach	No	No
Summerland Beach	No	Si

**Otoño 2000****Localización de la Playa**

Arroyo Burro Beach  
El Estero sewage treatment plant  
Goleta Sanitary District  
Goleta Beach East  
Goleta Beach West  
Hope Ranch Beach  
Las Palmas Creek (Hope Ranch)  
Leadbetter Beach  
East Beach at Misión Creek

**Hepatitis A**

No  
Si  
No  
Si  
No  
No  
Si  
Si  
No

**Virus Entéricos**

No  
Si  
Si  
No  
Si  
No  
No  
Si  
Si

## APENDICE B

**Breve informe que identifica los problemas relacionados con el vertido de efluentes secundarios y terciarios en aguas costeras superficiales usadas para fines recreativos**

Howard Kator  
Environmental Microbiologist  
119 Rich Neck Road  
Williamsburg, VA 23185

16 de mayo 03

Hillary Hauser  
HEAL THE OCEAN  
P.O. Box 90106  
Santa Barbara, California 93190

Querida Hillary:

Adjunto encontrarás un breve informe que identifica los problemas relacionados con el vertido de efluentes secundarios e incluso terciarios en aguas costeras superficiales usadas para fines recreativos. Espero este informe cumpla con sus expectativas y sea de utilidad en los continuos esfuerzos de HEAL THE OCEAN en implicar a gente y mejorar la calidad del agua costera.  
Sinceramente,

Howard Kator  
Environmental Microbiologist  
119 Rich Neck Road  
Williamsburg, VA 23185

*Título: Inquietudes y factores de riesgo asociados a vertidos de efluentes secundarios en aguas costeras muy superficiales*

### *Introducción*

Los vertidos de aguas residuales domésticas representan, en todo el mundo, una de las amenazas más significantes para los océanos costeros. La mayoría de la población mundial vive a lo largo de costas donde las aguas residuales son vertidas sin tratar. Des de un punto de vista de la Salud Pública, un énfasis continuo en un mejor tratamiento de las aguas residuales para el vertido en estuarios y ambientes marinos sigue siendo una obligación social costosa pero esencial.

Las aguas residuales domésticas contienen microorganismos patógenos que pueden causar graves enfermedades humanas. La contaminación de aguas dulces y marinas por aguas residuales es un medio por el cual microorganismos que causan enfermedades pueden ser transmitidos a gente a través de actividades recreativas o a través del consumo de marisco comestible que se alimenta por filtración. Los Estados Unidos se encuentran entre aquellas naciones cuyas aguas costeras no reciben generalmente vertidos de aguas residuales municipales sin tratar.

Aunque el tratamiento de aguas residuales en los Estados Unidos ha eliminado significativamente muchas enfermedades debilitantes de origen hídrico (por ejemplo, cólera, fiebre tifoidea..), las aguas residuales también contienen miles de tóxicos químicos incluyendo metales pesados, una variedad de químicos orgánicos domésticos tales como pesticidas e hidrocarburos del petróleo, y otras sustancias químicas contenidas en jabones, preparaciones cosméticas, así como sustancias farmacéuticas comunes y cotidianas (sustancias farmacéuticas o productos de uso personal o PPCPs) cuyos efectos sobre la vida marina no han sido bien comprendidos y hasta recientemente irreconocidos (National Research Council 1999). Muchos de estos productos químicos pasan a través de las depuradoras de aguas residuales sin ser alterados y son conocidos por ser perturbadores endocrinos de animales acuáticos. Compuestos que pueden causar preocupación son los nonilfenoles, compuestos extremadamente omnipresentes encontrados en plásticos, pesticidas, y otros detergentes industriales y domésticos. Los estrógenos humanos naturales y sintéticos (pastillas anticonceptivas) excretados en orina humana podrían interferir en la fisiología del desarrollo y reproducción de organismos acuáticos marinos. Al saber más sobre estos compuestos, es muy probable que los costes de cómo deshacerse de ellos sean muy altos.

Las aguas residuales también contienen antibióticos (Halling-Sorensen et al. 1998) los cuales pueden seleccionar bacterias resistentes al antibiótico en el medio ambiente y virus bacterianos que transportan la resistencia antibiótica y genes de toxina (Miller 1998, Muniesa and Jofre 2000). Las inquietudes surgen y están relacionadas con enfermedades causadas por bacterias marinas naturales que incorporan estos elementos y se vuelven insensibles a la terapia antibiótica.

La protección de la Salud Pública y de la biota costera autóctona es esencial y es una razón reconocida para justificar una mejor calidad de vertidos o para minimizar los efectos, trasladando el efluente para alcanzar mayores diluciones. Los tratamientos para reducir la carga de nutrientes en aguas costeras es una segunda ventaja importante para prevenir la incidencia de especies indeseables y el masivo desarrollo algal nocivo.

*Patógenos.* La introducción de patógenos humanos en los ambientes marinos/estuarios es una inquietud a escala tanto local como global. Los patógenos entéricos continúan planteando riesgos significantes para la pesca, el baño recreativo, y el consumo de marisco (Henrickson et al. 2001, Griffin et al. 2003).

Entre los patógenos importantes causantes de enfermedades de origen hídrico se incluyen patógenos bacterianos tales como *Vibrio cholerae*, las shigellae y salmonellae, virus entéricos tales como los calcivirus (por ej, agente Norwalk) y hepatitis A, y protistas tales como *Cryptosporidium*. Muchos de estos microorganismos han sido responsables en años recientes de brotes de enfermedades asociados a la exposición a aguas dulces y marinas.

La calidad microbiológica de aguas costeras se ve directamente afectada por las fuentes tales como plantas depuradoras de aguas residuales, vertidos ribereños, escorrentía derivada de tormentas y posiblemente flujo de aguas subterráneas contaminadas. Las heces de mamíferos marinos han sido implicadas en ciertas situaciones como fuentes de organismos indicadores en la costa noroeste de los Estados Unidos. En los últimos años los estudios microbiológicos han demostrado una mayor persistencia de ciertos patógenos entéricos en aguas marinas. El enriquecimiento en nutrientes de las aguas costeras y de los sedimentos podría crear condiciones que prolonguen la supervivencia de patógenos.

Muchos países en el mundo vierten en aguas costeras aguas residuales sin tratar o tratadas inadecuadamente. El crecimiento de la población, la alteración de los usos de la tierra, los cambios en poblaciones animales, las prácticas agrícolas intensivas, el uso del lagunaje, el transporte en el suelo, y las terapias médicas son algunos de los factores que influyen en los tipos y propiedades de microorganismos entéricos patógenos transportados a aguas marinas y su destino. Entender las relaciones entre los usos de la tierra y la incidencia de indicadores fecales y patógenos es un objetivo importante para la remediación de aguas costeras.

#### *Riesgos de enfermedad en las playas de baño costeras*

Existen pruebas considerables de que la exposición a aguas de baño marinas contaminadas se traduce en un aumento de la frecuencia de síntomas de enfermedad humana (Henrickson et al. 2001). Numerosos estudios epidemiológicos prospectivos han sido realizados para cuantificar el riesgo asociado a la exposición de baño recreativo (e. g., Cabelli et al. 1982, 1983; Kay et al. 1994) y proporcionar relaciones cuantitativas con microorganismos indicadores (Cabelli et al. 1983). El último estudio es la base para el criterio actual del EPA en indicadores microbiológicos en agua recreativa. La mayoría de estudios epidemiológicos confirman que los nadadores tienen un aumento del riesgo de enfermedad comparados con individuos no nadadores (Cabelli et al. 1983, Griffin et al. 2003). Los síntomas de enfermedad incluyen trastornos oculares y de oído, trastornos respiratorios, trastornos gastrointestinales y enfermedades más serias de manera más infrecuente. Los patógenos asociados con los brotes atribuidos a aguas recreativas marinas no han sido generalmente identificados pero se asume que son virus

Existen también algunas pruebas que sugieren que ciertos patógenos asociados con la exposición a aguas de baño pueden pasar de persona a persona. Las enfermedades asociadas a aguas recreativas de etiología no-entérica han sido atribuidas a staphylococci (Favero 1985; Charoenc and Fujioka 1991, 1995) y *Pseudomonas aeruginosa* (Seyfried and Cook 1984).

Las pruebas presentadas sugieren que los sedimentos pueden ser lugares de reserva y depósito para staphylococci y se han propuesto monitoreos de rutina para este grupo en aguas marinas recreativas (Charoenc and Fujioka 1991). El monitoreo para este grupo no es requerido y la presencia o ausencia de staphylococci no sería reflejada por el indicador coliformes fecales.

Los nadadores que se sumergen pueden también estar expuestos a productos químicos derivados de aguas residuales los cuales penetran en el cuerpo a través de boca, ojos, oídos y nariz.

Estudios recientes usando piel artificial han mostrado que los productos tóxicos y otros químicos derivados de aguas residuales pueden probablemente penetrar en el cuerpo humano a través del proceso conocido como adsorción dérmica (Moody and Chu 1995). La exposición crónica a estas sustancias químicas por este mecanismo podría afectar el sistema inmunitario.

#### *Factores que deben ser considerados en relación al vertido de aguas residuales en aguas costeras superficiales de uso*

Significantes riesgos para la salud han sido atribuidos a la exposición en las playas, incluso en países desarrollados tales como los Estados Unidos, y la frecuencia de cierre de playas parece haberse acelerado en los últimos años (Henrickson et al. 2001).

El Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (2001) informó que el número de playas que se cerraron (dulces y marinas) se duplicó desde 1999 al 2000. Las causas del aumento en la frecuencia de cierre de playas son complejas y podrían estar relacionadas con el aumento de población, los usos de las playas, el nivel de tratamiento de las aguas residuales, el aumento del volumen de vertido de aguas residuales, cambios en la calidad del agua costera, escorrentía, cambios climáticos y una mejora de la vigilancia.

#### *Dispersión del vertido de aguas residuales*

Una preocupación obvia en las descargas costeras es que estén situadas en aguas bien caracterizadas donde la probabilidad de transporte de patógenos (y por consiguiente riesgo de enfermedad) hacia la playa sea mínima. Las dinámicas de dispersión de la columna de agua residual son complejas y están sujetas a muchos factores hidrográficos que incluyen volumen de dilución, estratificación, corrientes de superficie y de fondo, sus direcciones estacionales, olas internas, direcciones del viento estacionales y a corto término, topografía del fondo, densidad y volumen del efluente, y clima. Estos factores deberían ser evaluados a través del rango de condiciones estacionales y climáticas típicas a los ambientes costeros. Una adecuada cobertura estacional no es sólo importante a causa de los factores medioambientales, sino también porque ciertos patógenos tales como la hepatitis A muestran patrones de incidencia estacionales. Es razonable asumir que bajo ciertas condiciones, los vertidos en aguas superficiales tales como aquellos en las aguas de Santa Barbara se moverían en dirección a las áreas de baño.

Ciertos estudios publicados han mostrado que las diferencias en densidad entre el efluente y sus constituyentes y las aguas de alrededor afectarán al destino del efluente y a su transporte. Los virus y bacterias asociados a partículas se comportarían de manera diferente que los componentes flotantes y podrían ser dispersados en los sedimentos y más tarde transportados hacia la costa por acción de las olas. Si las características de dispersión y dilución de la columna de agua y la concentración de virus en el efluente son conocidas, se podrían calcular predicciones de las concentraciones virales catalogando un rango de rendimientos **de liberación**. Ciertos métodos colorantes o isotópicos han sido usados para trazar las columnas de vertidos con objetivos de simulación. Indicadores biológicos (bacterias y virus) y químicos (esteroles fecales) pueden ser usados para estudiar el transporte de microorganismos y evaluar la influencia del clima y del viento.

#### *La eficacia de los tratamientos de aguas residuales y de desinfección contra ciertos virus entéricos*

El tratamiento secundario de efluentes utiliza microorganismos dentro de la planta de tratamiento para digerir de manera bioquímica bajo condiciones de oxígeno favorables los sólidos de las aguas residuales provenientes de la primera fase de sedimentación. El tratamiento secundario reduce la demanda biológica en oxígeno (BOD) y los sólidos en suspensión en un 85-90%, y elimina el 90-99% de bacterias coliformes. Este proceso puede reducir generalmente la carga patogénica bacteriana y viral a valores que pueden variar de 99 a 90%, respectivamente. Los valores reales varían y dependen de una variedad de factores tales como el diseño de la planta, el tiempo de proceso en la planta, la carga, y los tiempos de contacto en la desinfección.

El tratamiento de aguas residuales no es un proceso estequiométrico porque las características y la composición del material recibido varía, el volumen, y por consiguiente el tiempo de residencia puede verse afectado por condiciones meteorológicas (por ej. precipitaciones significantes), y por temperaturas medioambientales que afectan el proceso de tratamiento de aguas residuales, y por lo tanto la eficacia en la eliminación de patógenos puede también variar. Se pueden dar desviaciones respecto a las condiciones ideales y entonces la calidad del efluente fluctúa. Existe siempre un rango de rendimiento del tratamiento respecto a la eliminación bacteriana y viral. Los estudios de laboratorio, con cepas de hepatitis A adaptadas a cultivos celulares, pueden demostrar eliminación efectiva mediante desinfección, sin embargo, estudios similares con virus de hepatitis de tipo salvaje no han sido realizados en efluentes reales debido a las limitaciones analíticas.

Los efluentes secundarios son generalmente desinfectados, normalmente con cloro o con luz UV. Un estudio ha demostrado que el ozono es un desinfectante efectivo para hepatitis A en el laboratorio (Vaughn et al. 1990). Existen pruebas considerables de que la desinfección afecta a los virus entéricos de manera diferente según el tipo de virus (Seyfried et al. 1984, IAWPRC 1991). Los virus especialmente resistentes a la desinfección por cloro y UV incluyen los de la hepatitis A y norovirus tales como el agente Norwalk. Ciertos estudios para evaluar un virus bacteriano conocido como un bacteriófago macho-específico, (similar en estructura y en talla al virus de la hepatitis A) como indicador viral muestran que está presente en comparativamente altos niveles en efluentes secundarios después de cloración. Comparativamente, las concentraciones de indicadores bacterianos fueron reducidas después de cloración al orden de una magnitud o indetectables. Debido a que se asume que las dosis mínimas infectivas de virus son muy bajas, efluentes desinfectados libres de indicadores bacterianos proporcionan un falso sentimiento de seguridad porque el efluente puede todavía contener virus infecciosos en comparativamente altos niveles.

El tratamiento terciario es un objetivo plausible para todos los vertidos al océano porque eleva el estándar de calidad del efluente a niveles más altos que el tratamiento secundario. Los tratamientos terciarios se pueden focalizar en eliminación de nutrientes, tales como reducciones en niveles de fosfato y nitrógeno o emplear desinfección adicional mediante UV o microfiltración.

#### *Insuficiencia de los indicadores bacterianos y los estándares en reflejar los riesgos para la salud.*

Las razones de base del concepto de indicador es que debería reflejar la presencia de patógenos. Cuando este concepto fue concebido a principios de 1900 se aplicó primero a las aguas del mar y los patógenos virales no fueron considerados. En los años siguientes se presionó para que los estándares bacterianos se extendieran también a la predicción de la presencia viral. No existen métodos estandarizados para la detección rutinaria de patógenos víricos en aguas del mar y la presencia viral es altamente variable. Una variedad de "indicador" viral ha sido estudiada como indicadores alternativos (IAWPRC 1991) pero ninguno hasta ahora ha sido formalmente adoptado para aguas de mar o recreativas.

Numerosos informes en la literatura técnica han mostrado que los indicadores bacterianos tales como los coliformes fecales o los enterococos son pronosticadores pobres o inapropiados de patógenos virales (p.ej. Jiang et al. 2001, Noble and Fuhrman 2001) debido a la prolongada persistencia de estos últimos y su resistencia a la desinfección. Muchos investigadores han informado de la presencia de virus entéricos en aguas que cumplían los criterios más rigurosos de calidad del agua para aguas de cultivo de marisco (Richards 1985). Estudios recientes usando nuevas técnicas moleculares para detectar ciertos virus entéricos confirman estudios más antiguos mostrando que las densidades de indicador bacteriano no predicen la presencia viral (Griffin et al. 2003). Jiang et al. (2001) detectaron adenovirus entéricos en aguas de las playas del Sur de California los cuales a veces no superaban el estándar de calidad del agua. La detección de adenovirus en las aguas cercanas a la orilla en el sur de California implica que otros virus entéricos igual o más resistentes son probables que persistan en aguas costeras. Los adenovirus pueden ser ingeridos oralmente y causan dolor de garganta, diarrea, fiebre y náusea. Todavía no se ha conseguido un test de laboratorio rutinario aprobado para detectar la hepatitis A. El monitoreo de efluentes STP basado en indicadores convencionales bacterianos debe, por lo tanto, ser

usado con cautela para evaluar la calidad del efluente ya que éste no proporciona información sobre la calidad viral del agua.

El origen y la validez del actual criterio de calidad del agua federal usado para evaluar y regular la calidad sanitaria de las aguas recreativas marinas han sido cuestionados (Fleisher 1991). El hecho de que el criterio del EPA para aguas marinas se aplique universalmente a todas las aguas costeras de Estados Unidos parece una suposición pobre dada la observación de que las condiciones ambientales que influyen la persistencia de patógenos y de indicadores difiere marcadamente por región. En general, la comunidad investigadora ha mostrado que las aguas que cumplen los estándares bacterianos de coliformes no reflejan adecuadamente los riesgos para la salud.

Otros estudios sugieren que ciertos indicadores bacterianos y patógenos cuando expuestos a aguas del mar entran en un tipo de estado de latencia pero todavía permanecen viables y capaces de causar enfermedades (Roszak et al. 1984, Pommepuy et al. 1996, Caro et al. 1999). Los microorganismos en este estado son llamados viables-pero-no-cultivables (VBNC), significando que no serán detectados usando métodos de cultivo tales como las pruebas MPN aprobadas para coliformes totales y fecales. Una evaluación de la calidad sanitaria del agua que contiene el indicador bacteriano en el estado VBNC conducirá a una subestimación del riesgo sanitario.

#### *Persistencia de patógenos en los sedimentos*

Dado que los efluentes secundarios o incluso los terciarios pueden tener patógenos virales resistentes a la desinfección, poseemos de muy pocos datos sobre su persistencia en aguas marinas naturales. Aparte de muchos informes demostrando que ciertos virus pueden sobrevivir bajo condiciones in vitro mucho más tiempo que los patógenos bacterianos (meses en oposición a días), todavía han de ser llevados a cabo experimentos en el campo para entender los efectos de salinidad, temperatura estacional, luz del sol, y sedimentos en la persistencia en virus patógenos. Tal y como se mencionó, la falta de métodos de detección rutinaria de virus patógenos limita los estudios de supervivencia de cualquier tipo. La literatura más antigua muestra un aumento de la supervivencia cuando los virus están asociados a sedimentos y partículas orgánicas (Richards 1985). Shiaris et al. (1987) observaron un efecto protector de los sedimentos sobre los indicadores bacterianos. Los vertidos de efluentes en profundidades superficiales podrían proveer condiciones más favorables para la asociación de patógenos con los sedimentos. No sólo el recorrido vertical es más corto, sino que además los sedimentos cerca de la orilla con elevadas partículas en suspensión pueden proveer condiciones más propicias a la supervivencia de patógenos y su resuspensión en áreas de vertido más profundas.

Existe un comparativamente más pequeño volumen de la literatura que sugiere que la resuspensión de sedimentos facilitaría el transporte de bacterias y de virus en la columna de agua. Los procesos de resuspensión de sedimentos en las playas pueden ser causados por olas o por acciones de los bañistas y podría resultar en un aumento de la exposición a patógenos.

#### *Frecuencia de la vigilancia*

La habilidad para detectar fluctuaciones en los indicadores y quizás en las densidades de patógenos se ve afectada por la frecuencia de muestreo. Dada la naturaleza dinámica de las playas las frecuencias de muestreo deben idealmente ser continuas e integradas y ajustadas en respuesta al uso, a las tormentas, y a los cambios en parámetros hidrográficos que podrían ser anticipados para reconducir la calidad adversa de los vertidos y un aumento del riesgo potencial sanitario. Desgraciadamente los muestreadores integrados continuos no están todavía disponibles para ningún patógeno. Los costes de muestreo y de proceso presentarán normalmente límites prácticos al muestreo en altas frecuencias diferenciadas con extensa cobertura espacial. Por consiguiente, es improbable que todos los eventos contaminantes en las playas sean detectados usando los mínimos regímenes de muestreo que ahora se siguen. Los resultados de un taller de la Organización Mundial de la Salud (WHO) sobre aguas de recreo (Noviembre 1998) mostraron que las densidades de organismos indicadores en aguas costeras de playas varían mucho con el tiempo, con poco poder de previsión, entre días y lugares. En general, dado el actual

estado del monitoreo es muy poco probable que el exceso de densidades de indicadores y de presencia de patógenos, y por tanto el riesgo de enfermedad, sean detectados parte del tiempo.

#### *Diseminación de los elementos de resistencia antibiótica en aguas costeras*

Tal y como se mencionó previamente un uso de antibióticos amplio y permisivo en agricultura y en terapia humana ha generado una explosión de resistencia a los fármacos entre especies bacterianas del medio ambiente (p. ej., Rice et al. 1995). Los elementos genéticos que confieren tal resistencia pueden ser encontrados en bacterias (Al-Jebouri 1985) y en virus bacterianos vertidos en las aguas residuales. Existen ahora pruebas considerables de que la información genética que codifica para la resistencia antibiótica se transfiere comúnmente entre microorganismos mediante mecanismos comunes tales como transducción y conjugación, por medio de los cuales los elementos que confieren resistencia a los antibióticos y a los tóxicos pueden ser intercambiados en el medio ambiente (Boyd and Hartl 1997, Davison, J. 1999). Los intercambios genéticos pueden darse en sedimentos o, por ejemplo, dentro del tracto gastrointestinal de los animales. Aunque el efecto de los elementos genéticos vertidos podría no presentar una preocupación sanitaria inmediata, debido a la exposición a efluentes desinfectados, si que suministra una fuente de resistencia antibiótica u otros elementos de virulencia a bacterias autóctonas de los ambientes marinos. Tales bacterias podrían incluir géneros bacterianos capaces de causar infecciones oportunistas en humanos expuestos a aguas costeras, p. ej. *Vibrio* spp. y nontuberculous mycobacteria, de ese modo haciendo que el tratamiento sea potencialmente más difícil, prolongado y costoso.

#### *Conclusiones*

Pearson (1975) describe varias perspectivas asociadas al lugar de vertido de aguas residuales en aguas costeras y considera relaciones recíprocas entre la calidad del vertido y la distancia del sistema de dispersión desde la orilla. El autor concluye que los sistemas de dispersión del vertido más largos son más efectivos, proporcionando mayor dilución de los elementos no conservativos y más tiempo de decadencia para la eliminación de microorganismos coliformes. Sugiere que trasladar los puntos de vertido hacia la costa basándose en mejores niveles de tratamiento no proporcionara un nivel de dilución del efluente apropiado ni reducirá los impactos medioambientales adversos. Basándose en sus comentarios los objetivos aconsejables para mejorar la calidad del agua costera de playa en el área de Santa Barbara deberían ser (a) ubicar los vertidos lo más lejos posible de la costa y (b) aplicar tratamientos terciarios avanzados a los vertidos para la eliminación efectiva de patógenos virales, nutrientes y productos químicos nocivos o perjudiciales ecológicamente. El objetivo (b) requerirá el desarrollo de procedimientos de muestreo y de métodos de rutina para detectar y verificar la eficacia de la eliminación de virus.

#### **Bibliografía**

Al-Jebouri, M. M. 1985. A note on antibiotic resistance in the bacterial flora of raw sewage and sewage-polluted river Tigris in Mosul, Iraq. *J. Appl. Bacteriol.* 58:401–405.

Boyd, E. F., and D. L. Hartl. 1997. Recent horizontal transmission of plasmids between natural populations of *Escherichia coli* and *Salmonella enterica*. *J. Bacteriol.* 179:1622–1677.

- Cabelli, V.J., A. P. Dufour, L. J. McCabe, and J. Levin. 1982. Swimming associated gastroenteritis and water quality. *Amer. J. Epidemiol.* 115:606-616.
- Cabelli, V. J., Dufour, P. A., McCabe, L. J., & Levin, M. A. 1983. A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis. *J. Water Pollut. Control Fed.* 55:1306- 1314.
- Caro, A., P. Got, J. Lesne, S. Binard, and B. Baleux. 1999. Viability and virulence of experimentally stressed nonculturable *Salmonella typhimurium*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 3229-3232.
- Charoenca, N. and R. S. Fujioka. 1993. Assessment of *Staphylococcus* bacteria in Hawaii's marine recreational waters. *Wat. Sci. Tech.* 27:283-289.
- Charoenca, N. and R. S. Fujioka. 1995. Association of staphylococcal skin infections and swimming. *Wat. Sci. Tech.* 31:11-17.
- Davison, J. 1999. Genetic exchange between bacteria in the environment. *Plasmid* 42:73-91.
- Favero, M. S. 1985. Microbiologic indicators of health risks associated with swimming. *Am. J. Public Hlth.* 75:1051-1053.
- Fleisher, J. M. 1991. A reanalysis of data supporting U. S. federal bacteriological water quality criteria governing marine recreational waters. *J. Wat. Pollut. Control. Fed.* 63:259-265.
- Goyal, S.M., C. P. Gerba, and J. L. Melnick. 1979. Human enteroviruses in oysters and their overlying waters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37:572-581;
- Griffin , D. W., K. A. Donaldson, J. H. Paul, and J. B. Rose. 2003. Pathogenic human viruses in coastal waters. *Clin. Microbiol. Rev.* 16:129-143.
- Halling-Sorensen, B., N. Nielsen, P. F. Lanzky, F. Ingerslev, H. C. Holten-Lützhof, and S. E. Jorgensen. 1998. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment- a review. *Chemosphere* 36:357-393.
- Henrickson, S. E., T. Wong, P. Allen, T. Ford, and R. R. Epstein. 2001. Marine swimming-related illness: implications for monitoring and environmental policy. *Environ. Hlth. Perspectives* 109:645-650.
- IAWPRC. 1991. Bacteriophages as model viruses in water quality control. IAWPRC Study Group on Health Related Water Microbiology. *Wat. Res.* 25:529-545.
- Jiang, S. R. Noble, and W. Chu. 2001. Human adenoviruses and coliphages in urban runoff-impacted coastal waters of southern California. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 67:179-184.
- Kay, D., J. M. Fleisher, R. L. Salmon, F. Jones, M. D. Wyer, A. F. Godfree, Z. Zelenauch-Jacquotte, and R. Shore. 1994. Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomized exposure. *Lancet* 344:905-909.
- Miller, R. V. 1998. Bacterial gene swapping in nature. *Sci. Amer.* 278:47-51.
- Moody, R. P. and I. Chu. 1995. Dermal exposure to environmental contaminants in the Great Lakes. *Environ. Hlth Perspect.* 103:103-114.
- Muniesa, M. and J. Jofre. 2000. Occurrence of phages infecting *Escherichia coli* 0157:H7 carrying the STX 2 gene in sewage from different countries. *FEMS Microbiol. Let.* 183:197-200.

National Research Council. 1999. Hormonally-active compounds in the environment. National Academy Press, Washington, DC,

Noble, R. T. and J. A. Furhman. 2001. Enteroviruses detected by reverse transcriptase polymerase chain reaction from the coastal waters of Santa Monica Bay, California: low correlation to bacterial indicator levels. *Hydrobiologia* 460:175-184.

Pearson, E. A. 1975. Conceptual design of marine waste disposal systems. Paper No. 40. In Gameson, A. L. H. (ed.) Discharge of sewage from sea outfalls. Proceedings of an International Symposium. Church House, London, 27 August to 2 September 1974.

Pommepuy, M., M. Butin, A. Derrien, M. Gourmelon, R. R. Colwell, and M. Cormier. 1996. Retention of enteropathogenicity by viable but nonculturable *Escherichia coli* exposed to seawater and sunlight. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 4621-4626,

Rice. E. W. J. W. Messer, C. H. Johnson and D. J. Reasoner. 1995. Occurrence of highlevel aminoglycoside resistance in environmental isolates of enterococci. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 374–376.

Richards, G. 1985. Outbreaks of shellfish-associated enteric virus illness in the United States: requisite for development of viral guidelines. *J. Food Prot.* 48:815-823.

Roszak, D. B. , D. J. Grimes, and R. R. Colwell. 1984. Viable but non-recoverable stage of *Salmonella enteritidis* in aquatic systems. *Can. J. Microbiol.* 30:334-338.

Seyfried, P. L. and R. J. Cook. 1984. Otitis externa infections related to *Pseudomonas aeruginosa* levels in five Ontario lakes. *Can. J. Public Health* 75: 83-91.

Seyfried, P. L., N. E. Brown, C. L. Cherwinski, G. D. Jenkins, D. A. Cotter, J. M. Winner and R. S. Tobin. 1984. Impact of sewage treatment plants on surface waters. *Can. J. Pub. Hlth.* 75:25-31.

Shiaris, M. P., A. C. Rex, G. W. Pettibone, K. Keay, P. McManus, M. A. Rex, J. Ebersole, and E. Gallagher, 1987. Distribution of indicator bacteria and *Vibrio parahaemolyticus* in sewage-polluted intertidal sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1756-1761.

Vaughn, J. M., Yu-S. Chen, J. F. Novotny, and D. Strout. 1990. Effects of ozone treatment on the infectivity of hepatitis A virus. *Can. J. Microbiol.* 36:557-560.

## APENDICE C

**Riesgos potenciales para la salud humana debido al contacto con aguas residuales  
World Health Organization (WHO), 2000.<sup>6</sup>**

Nivel de tratamiento	Tipo de vertido		
	Directo en la playa	Cercano a la playa <sup>1</sup>	Vertido eficaz <sup>2</sup>
Ninguno <sup>3</sup>	Muy alto	Alto	NA
Preliminar	Muy alto	Alto	Bajo
Primario (incluyendo tanques septicos)	Muy alto	Alto	Bajo
Secundario	Alto	Alto	Bajo
Secundario mas desinfeccion	Medio	Medio	Muy bajo
Terciario	Medio	Medio	Muy bajo
Terciario mas desinfeccion	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Lagunajes	Alto	Alto	Bajo

<sup>1</sup>El riesgo relativo se modifica según la talla de la población, el riesgo relativo aumenta por vertidos provenientes de grandes poblaciones y disminuye por vertidos de pequeñas poblaciones.

<sup>2</sup>Asume que la capacidad de diseño no se ha excedido y que las condiciones extremas climáticas y oceánicas se consideran en el objetivo del diseño (es decir, sin presencia de aguas residuales en la zona de playa)

<sup>3</sup>Incluye vertidos de aguas residuales combinados.

## RECOMENDACIONES

Las regulaciones que guían el Plan Oceánico de California, o cualquier uso del océano para verter residuos, deben ser ampliadas para incluir la salud pública junto con la salud de animales marinos y el medio oceánico.

Al regular los efectos del vertido de residuos en el océano corresponde a las agencias reguladoras ir más allá de la práctica de aprobar permisos de vertido de residuos basados en programas de automonitoreo de los vertidos, e iniciar medidas proactivas para proteger no sólo las áreas cerca de la costa del océano – la costa – sino también la salud pública.

En su evaluación de los riesgos potenciales para la salud humana que surgen por la exposición a aguas residuales, la Organización Mundial de la Salud indica que se pueden lograr riesgos muy bajos para la salud si los puntos de vertido se prolongan más allá de la zona costera recreativa, superficial – donde la gente nada, hace surf o hace submarinismo – hasta un mínimo de una milla de la costa, y/o una profundidad mínima de 60 pies de agua.

Al establecer las profundidades de seguridad y la distancia de la costa, se deben considerar las condiciones locales del océano y la cantidad de aguas residuales vertidas, aunque una reforma proactiva correcta, puede ser iniciada inmediatamente, para exigir a los responsables de los vertidos de aguas residuales que sitúen sus puntos de vertido a un mínimo de una milla de la costa, y/o una profundidad mínima de 60 pies.

De manera adicional, los distritos responsables de las aguas residuales así como las agencias estatales reguladoras de la calidad del agua, deben empezar ahora a compilar la información necesaria para una futura mejora a tratamiento terciario completo. Los costes reales de construcción aumentarán por supuesto desde el día de la finalización del estudio, pero la información obtenida servirá como valiosa guía para la toma de decisiones presentes.

Tales estudios generales no son caros. Heal the Ocean gastó \$15,000 para un estudio de viabilidad de costes para determinar el coste, por contribuyente, y para mejorar a terciario, de las 5 plantas depuradoras de aguas residuales que vierten en el Canal de Santa Barbara.

Basándose en la información contenida en este informe, Heal the Ocean respetuosamente da las recomendaciones siguientes:

**1) Que todos los puntos de vertido sean ubicados a un mínimo de una milla de la costa, y/o a una profundidad mínima de 60 pies de agua, dependiendo de lo que sea más importante. Y que la agencia estatal reguladora de la calidad del agua establezca fechas límites para que los distritos responsables de las aguas residuales presenten propuestas de diseño y planes para la extensión del punto de vertido.**

**2) Que a cada planta depuradora de aguas residuales de California que vierte en el Océano Pacífico se le requiera la realización de un estudio de viabilidad de costes para el tratamiento terciario completo, calculando el aumento de la tarifa mensual y anual por contribuyente; cada estudio debe ser completado en dos años y presentado a una agencia estatal reguladora de la calidad del agua.**