



## **Metodología para la evaluación de riesgos sanitarios ante la contaminación fecal.**

### ***Methodology for sanitary risk assessment in case of fecal pollution.***

Delgado Gómez, Y. y M.E. Miravet Regalado

Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ave.1ra No.18406 e/184 y 186. Rpto.Flores. Ciudad Haban, Cuba.

[yolaine@oceano.inf.cu](mailto:yolaine@oceano.inf.cu)

## **RESUMEN**

La contaminación fecal es un peligro de origen antrópico que amenaza la zona costera fundamentalmente. En Cuba, los esquemas regulatorios para el control de la calidad microbiológica de las aguas de uso recreativo han estado basados en un único “valor límite permisible” que define si un área es apta o no para el baño (NC 22:99). Sin embargo, esta norma no permite evaluar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo sanitario al que se expone la población ante un determinado grado de contaminación fecal, por tanto, en este trabajo se propone por primera vez en Cuba, una metodología que permita evaluar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo en una zona marino costera ante la contaminación fecal. Según la concentración de coliformes fecales presente se estableció cuatro categorías de peligro (baja, media, alta y muy alta). Teniendo en cuenta las características oceanográficas y número de bañistas se propusieron tres categorías de vulnerabilidad. Por último, a partir de una matriz de clasificación de dos entradas combinando las categorías de peligro y vulnerabilidad obtenidas se establecieron cuatro niveles de riesgos (bajo, medio, alto y muy alto) y se validaron las categorías propuestas con datos obtenidos en estaciones costeras situadas en Ciudad Habana.

## **ABSTRACT**



Fecal pollution is a hazard of anthropogenic origin that threatens mainly the coastal zone. In Cuba, regulatory schemes for microbiological quality control of waters for recreational use have been based on a sole “permissible limit value” that defines whether an area is adequate for swimming (Cuban Standard NC 22:99). However, this standard does not allow to assess the level of hazard, vulnerability and sanitary risk to which the population is exposed when a certain degree of fecal pollution is present. Therefore, this work proposes, for the first time in Cuba, a methodology that allows to evaluate the level of hazard, vulnerability and risk when a certain degree of fecal pollution is present in a coastal marine zone. According to fecal coliform concentrations, four hazard categories (low, average, high and very high) are established. Considering the oceanographic characteristics and number of swimmers, three vulnerability categories are proposed. Finally, from a two-entry classification matrix combining the obtained hazard and vulnerability categories, four risk levels (low, average, high and very high) are established. The proposed categories were validated using data collected in Havana City coastal stations.

**Palabras clave:** Metodología, vulnerabilidad, riesgos, contaminación fecal, Ciudad Habana.

**Key words:** *Methodology, vulnerability, risks, fecal pollution, Havana City.*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación fecal ha sido, y sigue siendo, un peligro asociado al uso de las aguas, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos procedentes de enfermos y portadores, y la transmisión por vía hídrica a la población susceptible. Por ello el control sanitario de riesgos microbiológicos es importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

Los esquemas regulatorios para el control de la calidad microbiológica de las aguas de uso recreativo han estado basados en la compilación de los índices de conteo de organismos fecales y fueron desarrollados desde sus inicios para prevenir la ocurrencia de epidemias y enfermedades (USEPA, 2002, Norma Mexicana, 2004).



Históricamente, los estudios de riesgo se han abordado, para situaciones de desastres, formando parte de las etapas de proyectos arquitectónicos o de ordenamiento territorial, vinculados con la esfera de los desastres de origen natural, tecnológico y sanitario, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones en la elaboración de los programas de reducción de desastres.

En Cuba se han realizado múltiples investigaciones encaminadas a la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas costeras (Torres, 1977; García y Rodas, 1999; Delgado, Miravet y Cano, 2000; GEOCUBA, 2004; Rodas, Cerdeira, Areces, Montalvo, Loza, del Valle, Delgado, Sosa, Rivas, 2004). A pesar de la indiscutible importancia de los resultados de estos trabajos, el enfoque de los mismos ha estado dirigido a la evaluación del nivel de contaminación química y/o bacteriológica, sin tener en cuenta el nivel de riesgo que representa tanto para la población, como para el medio ambiente marino la contaminación fecal.

Por todo lo antes expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer una metodología que permita estimar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante la contaminación fecal en la zona marina costera.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para establecer las categorías de *peligros* en la zona costera ante la contaminación fecal se partió de la metodología propuesta por Coburn *et al.*, (1991), la Guía para la realización de estudios de riesgos del Estado Mayor de la Defensa Civil (EMNDC, 2005), los valores guías internacionales de calidad microbiológica propuestos por WHO (2003), la Norma cubana para aguas recreativas con contacto directo (NC: 22-99).

A partir de estos antecedentes, se calculó el tercer cuartil (75%) de la matriz de datos de concentración de coliformes fecales obtenidos desde noviembre del año 2003 hasta junio del 2007 en seis estaciones situadas en la zona costera entre La Puntilla y el río Santa Ana, y se establecieron las categorías de *peligro* teniendo en cuenta la media



geométrica de la muestra de datos y el valor límite permisible establecido por la norma cubana para aguas recreativas (NC: 22-99).

Como límite superior de concentración de coliformes fecales (CF) para un grado de *peligro alto* se consideró 500 NMP/100mL, que ha sido recomendado por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003) como valor de concentración en el cual existe de un 5 a un 10% de riesgo a contraer enfermedades gastrointestinales y de un 1.9 a un 3.9% a enfermedades respiratorias agudas.

### **Evaluación de la vulnerabilidad**

Para evaluar la *vulnerabilidad* se consideraron las pérdidas tangibles o cuantificables y las intangibles o no cuantificables que puede provocar la contaminación fecal, y se definieron como principales *elementos en riesgo*: los bañistas y la calidad del medio ambiente marino en cada estación, ya que tanto los bañistas como el medio ambiente son susceptibles a ser afectados, en dependencia del nivel de exposición y la predisposición ante esta amenaza.

Se tuvo en cuenta la densidad de la población del asentamiento costero (IPF, 2003) y el número promedio de bañistas que usan esta zona en época de verano a partir de encuestas.

### **Evaluación de Riesgo**

En la determinación del *riesgo* se cuantificaron los siguientes componentes esenciales:

- a) La probabilidad de que ocurra un *peligro*.
- b) Los *elementos en riesgo*.
- c) La *vulnerabilidad* de los *elementos en riesgo*

Según PNUMA (1995), teóricamente el *riesgo* se calcula según:

***Riesgo = costo x vulnerabilidad x probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que daña***



No obstante, si no se dispone de datos de “costo” es igualmente válido el cálculo del riesgo ya que lo que se necesita, en primera instancia, es saber cuan vulnerable es el elemento que evaluamos y que probabilidad existe que ocurra el daño, y en base a esto, tomar medidas de prevención y mitigación. En este estudio no disponemos de datos de costo, por tanto, se simplificará el procedimiento calculando el *riesgo* como la combinación del peligro natural y la vulnerabilidad. La etapa final del análisis de *riesgo* es la creación de un mapa de *riesgo*, a partir de una tabla de dos dimensiones o “matriz de clasificación”.

Para la construcción de esta matriz de clasificación se tuvo en cuenta la siguiente consideración:

Cuando el *peligro* es muy bajo, no importa considerar si la *vulnerabilidad* es baja o alta; el *riesgo* será bajo en todos los casos.

### **Validación de la metodología propuesta.**

Para la validación de las categorías propuestas, se tomaron los datos de coliformes fecales obtenidos del Servicio Estatal “Monitoreo de la Zona Costera MAZCO” desde noviembre 2003 hasta junio 2007, y se le aplicó la escala de rangos obtenida para evaluar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante la contaminación fecal. El resultado final fue mapificado empleando el Programa MapInfo 6.0.

Utilizando los mapas de inundación costera fuerte elaborados por el INSMET (2006) para la zona de estudio, y el riesgo sanitario debido a la contaminación fecal determinado en este trabajo, se elaboró un mapa de riesgo combinando ambos peligros, con el fin de identificar los sitios “críticos” de mayor riesgo para la población en momentos de inundación costera.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

## Evaluación del Peligro.

Para la evaluación del peligro que representa la contaminación fecal se establecieron cuatro categorías: bajo, medio, alto y muy alto (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de coliformes fecales que corresponden a las diferentes categorías de peligro.

*Table 1. Fecal coliform concentrations corresponding to different hazard categories.*

<b>Categoría</b>	<b>CF</b>
	<b>(NMP/100mL)</b>
<i>Bajo (A)</i>	2.0 - 29.9
<i>Medio (B)</i>	30,0 - 269,9
<i>Alto (C)</i>	270.0 – 500.0
<i>Muy Alto (D)</i>	> 500.0

Evaluar el peligro es “pronosticar” la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo (Cardona, 1994). Independientemente de las diferentes categorías, lo cierto es que todos los autores coinciden en que, en la categorización que se establece para la evaluación del peligro, se puede cuantificar en términos de la magnitud del acontecimiento (parámetro del evento), en este trabajo, “concentración de coliformes fecales”, o en términos del efecto que el acontecimiento tendrá en un lugar particular (parámetro de sitio), en este caso, deterioro de la calidad del agua.

El poder conocer que tipo de evento puede presentarse en el futuro en una región determinada, aunque no se conozca con exactitud cuando exactamente puede ocurrir, es un actividad de vital importancia para orientar el desarrollo de una región, de tal manera que el impacto de dichos eventos sea el mínimo posible y que no signifiquen un trastorno para el desarrollo social y económico de la misma (Coburn, 1991; Cardona, 1994).

## Evaluación de la vulnerabilidad

Teniendo en cuenta que el intercambio de aguas costeras y oceánicas favorece la dilución de los contaminantes y considerando el número promedio de bañistas en cada estación, se establecieron tres categorías de vulnerabilidad (Tabla 2).

Tabla 2. Grados de vulnerabilidad teniendo en cuenta el número promedio de bañistas y la dilución de los contaminantes en la zona costera.

*Table 2. Vulnerability degrees taking into account average number of swimmers and pollutant dilution in the coastal zone.*

<b>Características de la zona</b>	<b>Grado de vulnerabilidad</b>
Alto número de bañistas, DQO>2.0*, baja dilución.	<i>Alta (1)</i>
Alto número de bañistas, DQO>2.0*, alta dilución.	<i>Media(0.4)</i>
Bajo número de bañistas, DQO>2.0*, baja dilución.	<i>Media (0.4)</i>
Bajo número de bañistas, DQO>2.0*, alta dilución.	<i>Baja(0.1)</i>

Valores DQO>2.0 corresponden a aguas marinas de mala calidad (Inove y Ebise, 1990).

Los elementos en riesgo presentan pérdidas tangibles o cuantificables, e intangibles o no cuantificables, que deben tenerse en cuenta con el fin de priorizar las inversiones que se conciban en un plan de manejo de riesgos (Tabla 3).

Tabla 3. Pérdidas tangibles e intangibles de posibles elementos vulnerables en la zona de estudio ante el peligro de contaminación fecal.

*Table 3. Tangible and intangible losses of possibly vulnerable elements in the study area in case of fecal pollution hazard.*

Peligro	Elementos Vulnerables	Pérdidas		
		Tangibles	Intangibles	
	Bañistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Cantidad y gravedad de los enfermos.</li> <li>♦ Costo del tratamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Sufrimiento y recuperación social</li> </ul>	<p>y</p> <p>y</p>

Contaminación fecal	médico. ♦ Pérdida temporal de la actividad económica por parte de individuos productivos.	psicológica.
Medio ambiente marino	♦ Costo de las inversiones para el tratamiento de los residuales que llegan al litoral.	♦ Pérdidas de la biodiversidad marina.

Ante la contaminación bacteriológica de las aguas costeras, se evidencia que los elementos vulnerables “bañistas y medio ambiente marino” sufren pérdidas tangibles e intangibles, las cuales, se pueden agravar cuando el peligro de la contaminación alcanza su categoría máxima y si además, se mantiene durante la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos como inundaciones costeras provocadas por intensas lluvias o huracanes.

La cantidad y gravedad de los enfermos por causas asociadas a la ingestión o el contacto directo con las aguas contaminadas, dependerá del estado inmunológico de la población y el costo de los tratamientos estará en dependencia de los síntomas y el tipo de infección adquirida (enfermedades diarreicas agudas, respiratorias, dermatológicas, etc.) (Coutin, Morales- Polanco, Rodríguez, y Aguiar, 2006). Las personas enfermas que dejan de laboral temporalmente dan lugar a una pérdida económica cuyo valor dependerá, en cada caso específico, del costo del resultado de su labor.

Los costos de los sistemas de tratamientos para minimizar el impacto de los residuales al medio ambiente marino están en dependencia de varios factores, entres estos: la naturaleza y cantidad del residual, así como la frecuencia de su vertimiento a las aguas, ya sea directo a las aguas marinas, ríos, alcantarillado, emisarios u otros. Si bien estas soluciones resultan costosas, el valor de la biodiversidad marina que puede perderse si no se acometen acciones a corto y mediano plazo, es incalculable.

### **Evaluación de Riesgo**

A partir de las categorías de peligro y vulnerabilidad establecidas anteriormente (Tabla 1 y 2) se creó la Matriz de Clasificación de Riesgos, obteniéndose cuatro grados de riesgos (Tabla 4).



Tabla 4. Matriz de Clasificación de Riesgo.

Table 4. Risk Classification Matrix.

		<b>Categoría de Peligro</b> (NMP CF/100mL)			
		<b>Bajo</b> (2.0-29.9)	<b>Medio</b> (30.0-269.9)	<b>Alto</b> (270.0-500.0)	<b>Muy Alto</b> (>500.0)
<b>Vulnerabilidad</b> (ante la contaminación fecal)	<b>Baja</b>	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	<b>Medio</b>	Bajo	Medio	Alto	Alto
	<b>Alta</b>	Bajo	Medio	Muy Alto	Muy Alto

Los mapas de riesgo ante la contaminación fecal que puedan elaborarse combinando con mapas de inundación, no sólo son de importancia para la planificación de la intervención del peligro y/o la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias (Cardona, 1993).

### Validación de la Metodología propuesta

Las estaciones E3 (calle 1ra y 180) y E6 (Río Jaimanitas) mostraron el máximo nivel de peligro, independientemente del mes del año. En estas estaciones el valor del percentil 80 obtenido fue de 1600.0 y 1590.0 NMP/100mL, respectivamente, valores que corresponden a la categoría de peligro “muy alto” (Fig. 1).

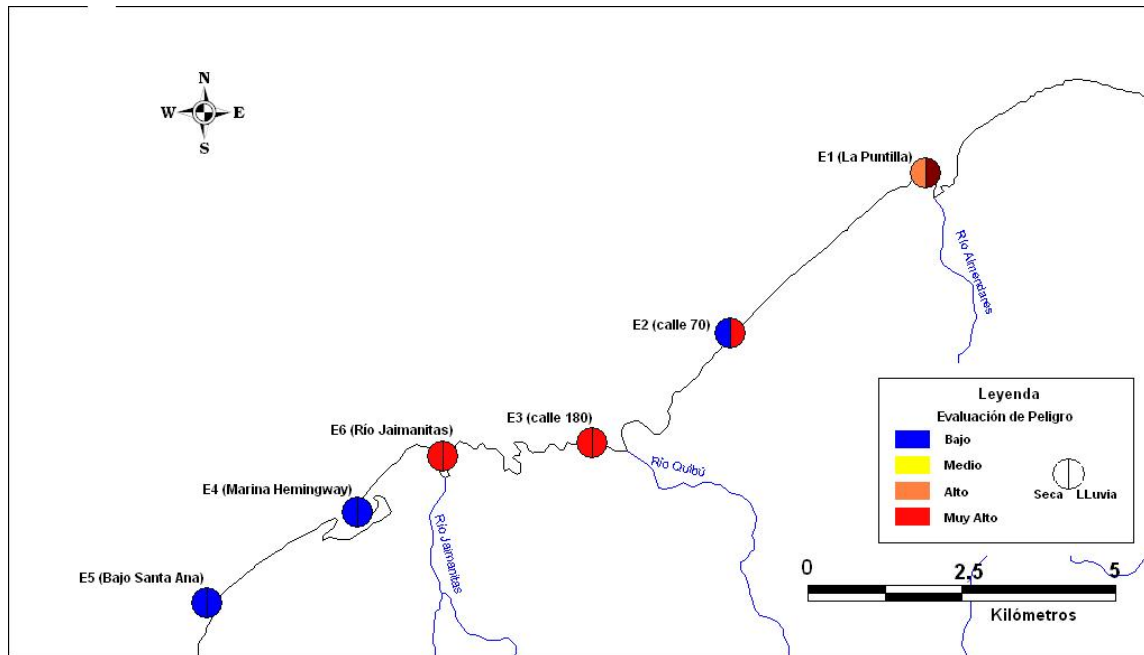


Figura 1. Nivel de peligro en cada una de las estaciones en los meses lluviosos y secos evaluados, de acuerdo al 80 percentil (n=10) de las concentraciones de coliformes fecales.

Figure 1. Hazard level for each sampling station in the evaluated rainy and dry months, according to percentile 80 (n=10) of fecal coliform concentrations.

En la desembocadura del Río Jaimanitas (E6) los elementos en riesgo presentan la mayor vulnerabilidad ante la contaminación fecal, tanto en meses lluviosos como secos, mientras que en la calle 1ra y 180 (E3) sólo en los meses lluviosos la vulnerabilidad es alta (Tabla 5).

Tabla 5. Grado de vulnerabilidad en cada una de las estaciones en meses lluviosos y secos.

Table 5. Degree of vulnerability for each sampling station in rainy and dry months.

Estación	Meses	
	Lluviosos	Secos
E1 (La Puntilla)	Media	Baja
E2 (Calle 1ra y 70)	Media	Baja
E3 (Calle 1ra y 180)	Alta	Media
E4 (Marina Hemingway)	Baja	Baja

E5 (Bajo de Santa Ana)	Media	Baja
E6 (Río Jaimanitas)	Alta	Alta

Aplicando estas categorías de riesgos a los datos obtenidos de concentración de coliformes fecales (percentil 80), para los meses lluviosos, se obtuvieron los mapas de riesgos de la zona de estudio ante la contaminación fecal (Fig 2).

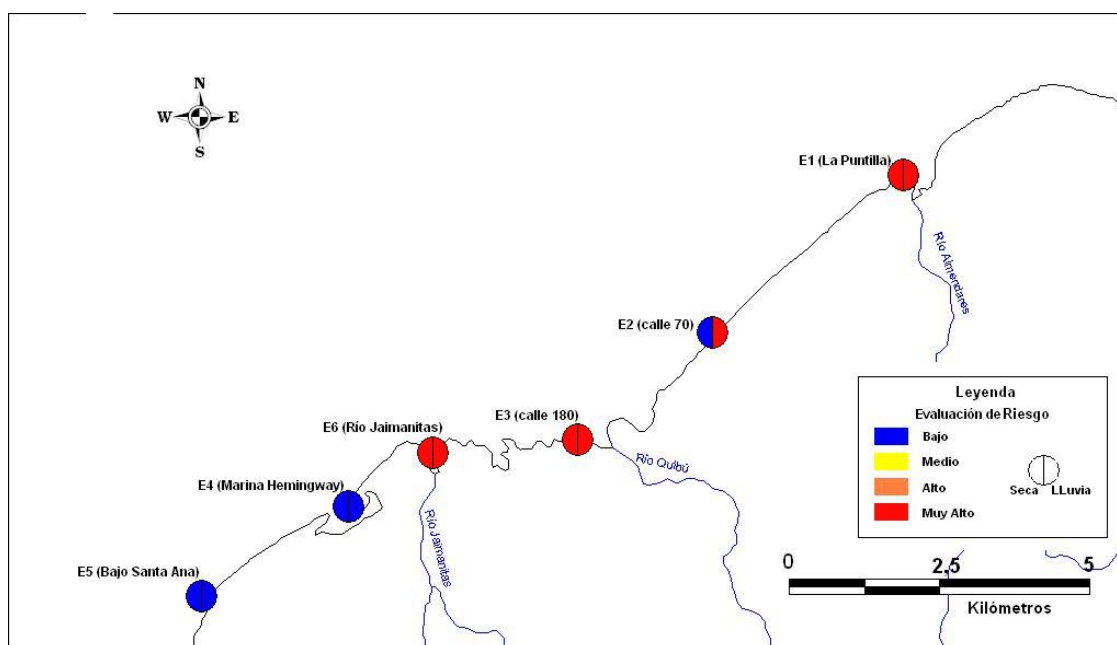


Figura 2. Evaluación de riesgo ante la contaminación fecal en cada estación en los meses lluviosos.

Figure 2. Risk assessment due to fecal pollution for each station in rainy months.

Un plan operativo elaborado con base en un mapa de riesgo es mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario de efectos potenciales, dado que este último permite definir procedimientos de respuesta más precisos para atender a la población en caso de desastre (Fig. 3).

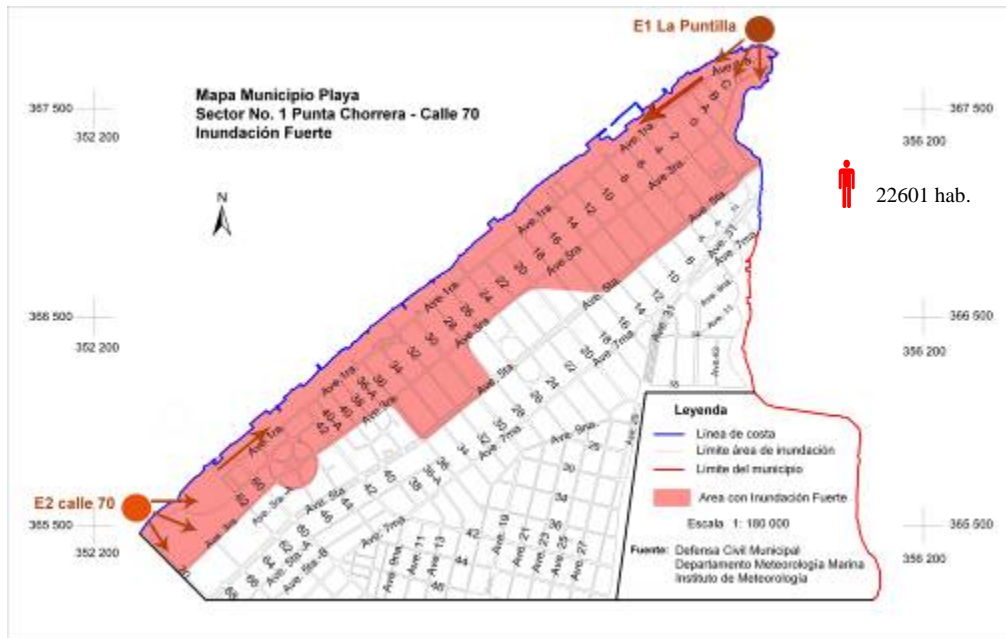




Figura 3. Mapa de inundación costera con peligro de contaminación fecal en el sector comprendido entre Punta Chorrera y la calle 70 (  Densidad de habitantes, Consejo Popular Miramar).

*Figure 3. Map of coastal floods with fecal pollution hazard in the sector comprised between Punta Chorrera and 70 Street (  Density of inhabitants, Miramar People's Council).*

La combinación de frentes fríos con bajas extratropicales ha originado penetraciones del mar en el litoral norte, causando sensibles daños a las edificaciones y a la población aledaña. Si a este fenómeno se une que las aguas que inundan las zonas bajas, son aguas contaminadas, aumentan los riesgos para la población expuesta, por tanto, la combinación del “peligro de inundación” con el peligro de “contaminación fecal” que se analiza en este trabajo permite a las autoridades competentes, trazar una estrategia para disminuir al máximo la vulnerabilidad “población/medio ambiente” en los lugares afectados, o al menos, prepararse para enfrentarla.

No cabe duda que ante fenómenos naturales que provoquen inundaciones en la zona costera, ya sea por intensas lluvias o por penetraciones del mar, ocurre un empeoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias del sitio, lo cual puede repercutir



en la población aledaña al propagarse la contaminación de las aguas marinas contaminadas y mezclarse con las aguas negras de residuales o un deterioro de la calidad de las aguas marinas por la presencia o mezcla con aguas albañales, lodos, hidrocarburos, entre otras.

Sólo mediante la incorporación de un programa para la reducción de riesgos dentro del proceso de gestión integrada de la zona marino costera, que unifica al gobierno y la comunidad, a la ciencia y el manejo, y a los distintos intereses de las entidades económicas, se logra la protección de la población ante los peligros antrópicos, y la conservación de los recursos naturales y los ecosistemas costeros (Acuña Castillo y Puerta Anduela, 2009).

## CONCLUSIONES

1. Se establecieron cuatro categorías de peligro para aguas costeras que presenten contaminantes fecales: bajo, medio, alto y muy alto.
2. Se proponen tres categorías de vulnerabilidad de acuerdo con las características oceanográficas y el número de bañistas en la zona (baja, media y alta), y cuatro niveles de riesgo: bajo, medio, alto y muy alto.
3. Los "sitios críticos" identificados de acuerdo al grado de peligro, vulnerabilidad y riesgo debido a la contaminación fecal, son: La Puntilla, calle 1ra y 180 Reparto Flores (Playa) y desembocadura del Río Jaimanitas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Castillo, R. y D. Puerta Andueza. 2009. Implantación y desarrollo del Sistema de Gestión Ambiental en un Distrito Sanitario de Atención Primaria. *Hig. Sanid. Ambient.* 9: 431-437.
- Cardona, O. D. 1994. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo. *Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo.* 18 pp.
- Coburn, A. W., Spence, J. S. y Pomonis, A. 1991. Vulnerabilidad y evaluación de riesgo. *Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastre.* PNUD. 1era Ed. 70 pp.



- Coutin, G., Morales Palanco, O, Rodriguez, D. y Aguiar, P. H. 2006. Morbilidad oculta por Enfermedades Diarreicas agudas en Cuba. *Reporte Técnico de Vigilancia*. Vol.11 No.1. <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/vigilancia/coutin.pdf>
- Delgado, Y., Miravet, M. E, y M. Cano.2001. Calidad Higiénico Sanitaria de un Sector Costero al W de Ciudad de la Habana y su impacto sobre *Ulva fasciata* Delile. *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental* Vol. II (ISBN 959-7136-09-0).
- Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, República de Cuba. 2005. *Guía para la Realización de Estudios de Riesgos para Situaciones de Desastres*.
- García, G. y L. Rodas. 1999. Modelación de la dispersión de los residuales domésticos provenientes del emisario submarino diseñado para el Rpto. Flores. *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*. Vol. 0: 229-232.
- Geocuba. 2004. *Estudio de Impacto ambiental. Dragado Desembocadura Río Almendares*. Informe Final, Geocuba, Estudios Marinos (Inédito). 30 pp.
- INSMET. 2006. Departamento del Clima, Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
- IPF. 2003. *Datos del censo poblacional*. Instituto de Planificación Física.
- Norma cubana NC: 22- 1999. *Lugares de Baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos Higiénicos-Sanitarios*, 12 pp.
- Norma Mexicana. 2004. *Lineamientos para determinar la Calidad de agua de Mar para uso recreativo con contacto primario*. Secretaría de Salud, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. 15 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 1995. *Introducción a las amenazas. Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres* (2ª Edición). 122 pp.
- Rodas, L., Cerdeira, S., Areces, A, Montalvo, J. F., Loza, S., del Valle, R., Delgado, Y., Sosa y M., Rivas, L. 2004. *Calidad Ambiental de la Zona Costera al Oeste de Ciudad de la Habana*. Informe Final del Proyecto. Archivo Científico Inst. de Oceanol. 69 pp.
- Torres, T. 1977. *Algunos aspectos de la contaminación bacteriológica en el noreste de la Habana*. Informe final (Inédito). Archivo Científico. Inst. de Oceanol. 10 pp.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. *National beach guidance and required performance criteria for grants*. Office of Water. Washington, DC.
- WHO (World Health Organization). 2003. *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and Fresh Waters*.