
ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

Analysis Of The Microbiological Contamination (Total And Fecales Coliforms) In The Bay Of Santa Marta, Colombian Caribbean

LINA MARÍA RAMOS-ORTEGA¹, LUÍS A. VIDAL¹, SANDRA VILARDY
Q¹, LINA SAAVEDRA-DÍAZ¹

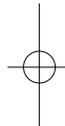
¹Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena,
Santa Marta, Colombia. Lina María Ramos Ortega, Villa del Mar,
Manzana K Casa 1; Santa Marta, gfitoplancton@unimagdalena.edu.co

Presentado 4 de septiembre de 2007, aceptado 11 de junio de 2008, correcciones 14 de agosto de 2008.

RESUMEN



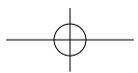
Con el fin de realizar un análisis del nivel de contaminación microbiológica y de las principales fuentes de contaminación en la Bahía de Santa Marta (BSM), se colectaron muestras de agua para medir las concentraciones de coliformes totales y fecales en 11 estaciones y dos niveles de profundidad (1 y 20 m). Para la época de mayores precipitaciones se encontraron altos valores de coliformes totales y fecales, en los dos niveles de profundidad; presentándose una condición similar para la época seca. Con base a una escala conceptual se obtuvo que la BSM presenta un grado de contaminación medio para actividades de contacto primario (natación y buceo), sin embargo, existen varias fuentes de contaminación (emisario submarino, río, puerto marítimo, entre otras) que están generando un alto impacto sobre este ecosistema. Los altos valores de contaminación que se registran en la BSM se encuentran asociados a la proximidad que tiene esta a las zonas urbanas.



Palabras clave: coliformes, contaminación microbiológica, bahía de Santa Marta, Caribe colombiano.

ABSTRACT

With the purpose of making an analysis of the microbiological level of contamination and the main sources of contamination in the Bay of Santa Marta (BSM), water samples were collected to measure the concentrations of total and fecals coliforms in 11 stations and two levels of depth (1 and 20 m). For the time of greater precipitations were stops values of total and fecals coliforms, in both depth levels; appearing a similar condition for the dry time. Based on a conceptual scale it was obtained that the BSM presents an average degree of contamination for activities of primary contact (swimming and diving), nevertheless, exist several sources of contamination (submarine



emissary, river, seaport, among others) that are generating a high impact on this ecosystem. The high values of contamination that are registered in the BSM find associate to the proximity that has this to the urban zones.

Key words: coliforms, microbiological contamination, bay of Santa Marta, Colombian Caribbean.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación marina y su marcada influencia en la salud de los ecosistemas costeros, está estrechamente relacionada con el aumento creciente de las poblaciones que habitan las zonas costeras y, de igual manera, con el incremento de las actividades domésticas, agrícolas e industriales que, por el mal manejo e inadecuado control de los desechos sólidos y líquidos, afectan el medio marino con significativas implicaciones a nivel ecológico, socioeconómico y de salubridad (Marín *et al.*, 2005). Las aguas costeras con fines recreativos como las playas, por lo general, se encuentran en las proximidades de las áreas urbanas, donde los vertimientos sin tratar, con altos contenidos de microorganismos patógenos y otros agentes contaminantes, representan uno de los principales problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras (Garay *et al.*, 2002).

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (Marín *et al.*, 2004a).

La región del Caribe, posee un gran valor biológico por sus principales fuentes de recursos pesqueros, comunidades de plantas, organismos terrestres y acuáticos, dando lugar a flora y fauna diversa. Pero en los últimos años, la calidad de las aguas en las zonas costeras en Colombia, se ha visto impactada por la degradación física y ecológica de las áreas terrestres costeras y el aumento de la contaminación de las aguas interiores y cercanas a las costas a partir de fuentes terrestres (Marín *et al.*, 2004b).

La calidad ambiental de la bahía de Santa Marta (BSM) presenta actualmente una fuerte influencia generada por diferentes fuentes terrestres contaminantes, principalmente: las descargas del emisario submarino (650 L/seg), la actividad del puerto, las descargas del río Manzanares (2,1 m³/seg) y los vertimientos estacionales de aguas de escorrentía (Calle 10 y 22), todo esto unido a las obras civiles realizadas en la línea de costa, las actividades turísticas y a la actitud cultural de la población samaria. Se han desarrollado diversos estudios en la BSM tendientes a establecer la calidad del agua marina con relación a agentes contaminantes microbiológicos y a otras fuentes

de contaminación, dentro de los que se destacan Ramírez, 1983, Escobar, 1988, Garay *et al.*, 2001, Garay *et al.*, 2002, Bioservice, 2002, Bioservice, 2004, Gámez, 2002 y Marín *et al.*, 2004a, Marín *et al.*, 2004b; Marín *et al.*, 2005. A partir de información actual e histórica se estableció el nivel de contaminación microbiológica y se realizó un análisis de las principales fuentes de contaminación en la bahía de Santa Marta.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Santa Marta (BSM) se encuentra entre $11^{\circ}13'00''$ y $11^{\circ}15'30''$ N y $74^{\circ}12'30''$ y $74^{\circ}14'30''$ W, el área superficial es de 5 km² aproximadamente, con profundidades media y máxima de alrededor de 20 y 60 m, respectivamente (Fig. 1). Su conformación es abierta y su línea costera está limitada al norte y al sur por formaciones rocosas y en su parte central predomina una playa arenosa. (Herman, 1970). El régimen climático regional comprende una época lluviosa de junio a noviembre y otra de sequía de diciembre a mayo, durante la cual se presenta la influencia de los vientos alisios del noreste, con una velocidad media de 6,0 m/s y rango de variación de 0,3 - 12 m/s (Andrade, 1993; Cabrera y Donoso, 1993). Debido a la configuración de la costa y a la orientación, intensidad y constancia de los vientos alisios se presenta un evento de surgencia local moderado, durante la época seca (Blanco, 1988).

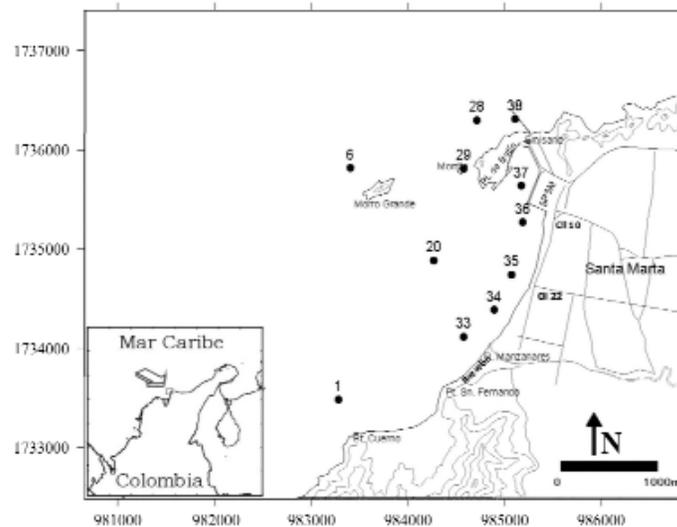


Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo. Los círculos corresponden a las estaciones para el monitoreo del componente microbiológico.

FASE DE CAMPO

Se establecieron de forma sistemática 11 estaciones de muestreo atendiendo a características como flujo de corrientes, régimen de vientos y aportes continentales; además de las principales fuentes de impacto en la bahía (Emisario submarino, río Man-

zanares, Puerto Marítimo, Balneario; Fig. 1). Se seleccionaron dos profundidades de muestreo: 1 m bajo la superficie (nivel superficial) y 20 m (nivel profundo). Se realizaron cuatro muestreos en intervalos de 45 días aproximadamente, con el fin de cubrir las épocas predominantes de la región.

En las 11 estaciones seleccionadas, se recolectaron muestras de agua en recipientes de vidrio de 1 L de capacidad con previa rutina de limpieza y esterilización, transportándose bajo condiciones de refrigeración para su posterior análisis en el laboratorio. El proceso de análisis microbiológico se realizó con el laboratorio de control de calidad de la empresa Triple A (certificado calidad ISO 9000). El método utilizado para la determinación de Coliformes totales (Ct) y Coliformes fecales (Cf) fue el de número más probable (NMP).

Se realizaron gráficos para describir el comportamiento de los agentes microbiológicos a lo largo del tiempo y de las estaciones de muestreo, tanto para coliformes totales y fecales. Lo anterior se realizó teniendo en cuenta los criterios establecidos en el Decreto 1594/84 artículo 42 de la legislación colombiana para actividades de contacto primario. Se estableció el nivel de contaminación microbiológica en la bahía de Santa Marta utilizando la escala conceptual del grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos propuesta por Marín (Garay *et al.*, 2001). Se sugiere una modificación en cuanto no se tomen sólo las muestras contaminadas con coliformes fecales por uso para contacto primario, sino también las contaminadas con coliformes fecales por el uso de la bahía para actividades de contacto secundario (Tabla 1).

Valoración	Agua	
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Coliformes totales (NMP/100ml)
No contaminado	0%-20% > 200	0%-20% > 1000
Contaminación Media	41% - 60 % > 200	41% - 60 % > 1000
Contaminación Alta	61% - 100 % > 200	61% - 100 % > 1000

Tabla 1. Valoración conceptual indicativa del grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos. (Tomado y modificado de Marín, Garay *et al.*, 2001).

RESULTADOS

En la figura 2 se observa que la mayor precipitación se presentó en noviembre con media mensual multianual de 81 mm, seguido de octubre con 60 mm, mientras que para enero, febrero y marzo se registran medias mensuales multianuales entre 0 y 1,2 mm, mostrando claramente la diferencia climática de la zona. Para los meses de muestreo la mayor precipitación se presentó en septiembre y noviembre con medias mensuales de 69 y 134 mm respectivamente; los valores más bajos se presentaron entre enero y marzo.

En el muestreo de agosto los Ct registraron valores entre 3-230 NMP para el nivel superficial, y 6-4.600 NMP para el nivel profundo (Fig. 3). Los valores de Cf oscilaron entre 3-230 NMP en el nivel superficial y entre 3-4.600 NMP en el nivel profundo (Fig. 4). En general, los valores de Ct y Cf estuvieron dentro de los límites permisibles establecidos

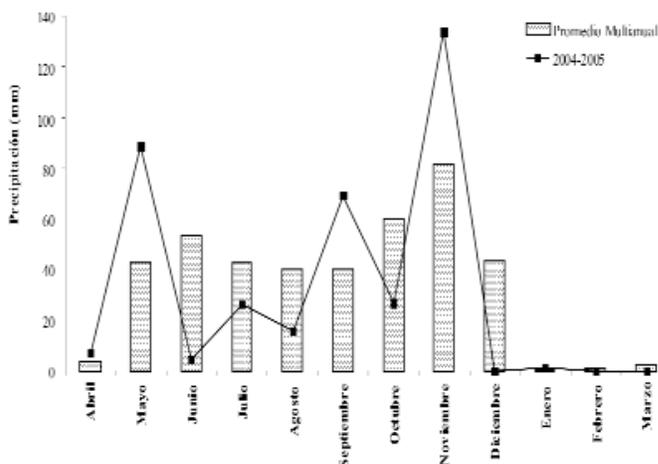


Figura 2. Registros de precipitación en la bahía de Santa Marta. Promedios mensuales multianuales 1993-2005. Promedios mensuales 2004-2005. Registros de la estación de Punta Betón reportados por el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (SIMAC-INVEMAR).

por la legislación colombiana a lo largo de todas las estaciones, en el nivel superficial. En fondo, sólo la estación 38, zona de influencia del emisario, presentó valores por encima de de 200 NMP para Cf.

En septiembre los valores de Ct tanto en superficie como en fondo oscilaron entre $2.100-4.600 \times 10^6$ NMP (Fig. 3). Los Cf en superficie presentaron valores entre $230-240 \times 10^3$ NMP, en fondo oscilaron entre $60-4.600$ NMP (Fig. 4). En todas las estaciones, tanto para Ct como para Cf en superficie, los valores exceden los límites permisibles para contacto primario. En el nivel profundo, se presenta la misma condición que en superficie, encontrándose los puntos más críticos en las estaciones aledañas al emisario submarino.

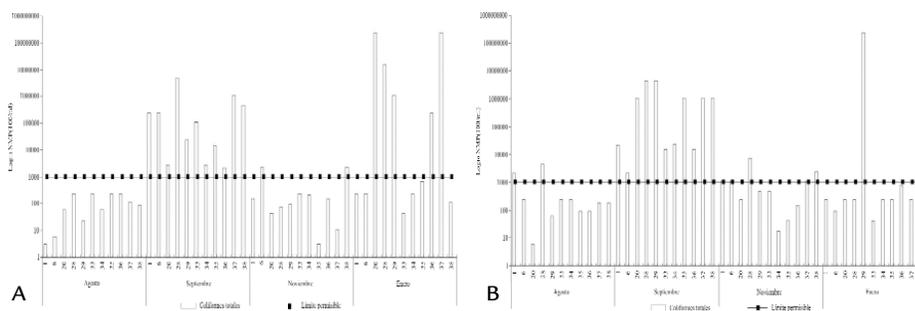


Figura 3. Niveles de coliformes totales en la bahía de Santa Marta (agosto de 2004 - enero de 2005) y límite permisible establecido por la legislación colombiana para contacto primario (1000 NMP/100 ml). A. Nivel superficial. B. Nivel profundo.

En el muestreo de noviembre, se registraron valores de Ct entre 3-2.400 NMP en el nivel superficial. En fondo, los valores oscilaron entre 18-7.500 NMP (Fig. 3). Los Cf para aguas superficiales presentaron valores entre 3-2.400 NMP, y para aguas profundas

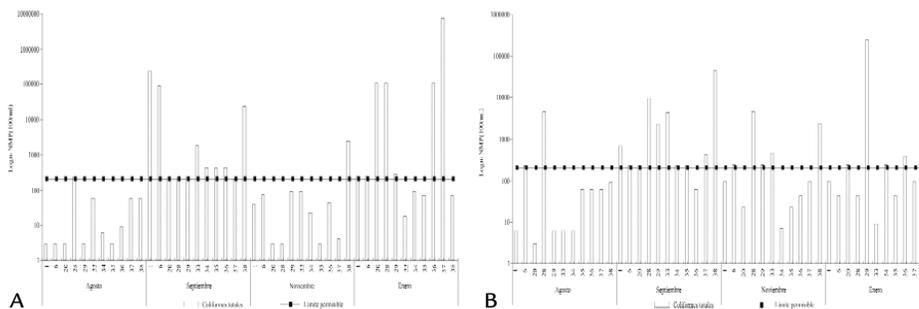


Figura 4. Niveles de coliformes fecales en la bahía de Santa Marta (agosto de 2004 - enero de 2005) y límite permisible establecido por la legislación colombiana para contacto primario (200 NMP/100 ml). A. Nivel superficial. B. Nivel profundo.

entre 7-4.600 NMP (Fig. 4). En general para este mes, los valores de Ct y Cf no excedieron los límites permisibles para contacto primario en ninguna de las estaciones, en el nivel superficial. En fondo, cinco de las 11 estaciones presentaron valores por encima de 200 NMP para Cf.

Los valores de Ct para el mes de enero oscilaron entre 23-240 x 10⁶ NMP en el nivel superficial. En el nivel profundo se registraron valores entre 30-240 x 10⁶ NMP (Fig. 3). Los Cf en superficie presentaron valores entre 18-7.500 x 10³ NMP, en el nivel profundo oscilaron entre 9-240 x 10³ NMP (Fig. 4). En este muestreo varias de las estaciones presentaron valores muy por encima del límite permisible tanto para Ct como para Cf, en el nivel superficial. En el nivel profundo, para Cf cinco estaciones presentaron valores por encima de 200 NMP.

Con base a la escala conceptual indicativa propuesta por Marín (Garay *et al.*, 2001), para contacto primario se obtuvo que el 52,7% de las muestras analizadas presentaron valores por debajo de 200 NMP de coliformes fecales, resultando que la BSM presenta un nivel de contaminación microbiológica media para actividades de este tipo (Fig. 5a). Para contacto secundario, el 72,7 de las muestras se encuentran dentro de los límites permisibles de coliformes totales, lo que indica que la BSM se encuentra en un grado de contaminación baja para actividades de este tipo (Fig. 5b).

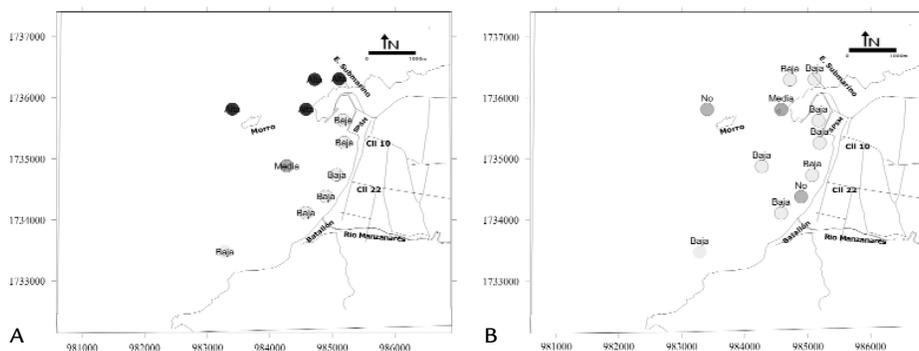


Figura 5. Mapa de contaminación microbiológica en la bahía de Santa Marta, según la escala propuesta por Marín, 2001). A. Contacto primario. B. Contacto secundario.

DISCUSIÓN

La escala conceptual del nivel de contaminación muestra que de manera general, la bahía de Santa Marta no presenta una condición crítica de contaminación por agentes microbiológicos (Fig. 5), sin embargo, es importante resaltar que de manera independiente cada una de las fuentes que ejercen algún tipo de presión en la BSM (emisario, río, entre otras) están generando un alto impacto, debido a que estos contaminantes representan un riesgo para las actividades recreativas, la pesca y la calidad paisajística de este ecosistema costero. Dado lo anterior, se puede establecer que la BSM se encuentra influenciada en gran medida por el emisario submarino y el río Manzanares, dos elementos que aportan importantes volúmenes de aguas residuales con una gran carga orgánica. A su vez, estas dos fuentes están estrechamente relacionadas con el aumento de la población en la ciudad y los niveles de precipitación, respectivamente (Ramírez, 1983; Escobar, 1988).

Es claro el impacto del emisario sobre sus zonas adyacentes, no solo en las zonas profundas, como estaría previsto en un sistema de tratamiento de este tipo, sino también en la superficie. La densidad de las aguas domésticas (0,995) es menor que la densidad del agua de mar (1,0258), y si estas son descargadas en un ambiente marino, no estratificado, subirán a la superficie para formar un campo superficial (Ludwing, 1988). Lo anterior, es un elemento de análisis muy importante ya que los emisarios deberían estar diseñados para que su efecto de dilución se realice en las capas profundas de la columna de agua donde se produce la descarga. Cuando existe estratificación, el efluente de aguas domésticas menos denso es mezclado ligeramente con el agua más fría, la cual es más densa; la mezcla resultante será más densa que la capa superficial. Bajo tales condiciones, en algún punto de la columna de agua la mezcla aguas domésticas/agua marina encontrará agua de la misma densidad y, por lo tanto, no continuará en su tendencia a ascender (Ludwing, 1988).

Tomando como base los resultados arrojados por este estudio, es probable que exista un problema con la dilución del vertimiento del emisario, ocasionado tal vez porque la profundidad de la estratificación de la columna de agua favorece que la descarga ascienda a la superficie, contrastando con lo reportado por Gámez, 2002, quien afirma que los procesos de dilución son completamente efectivos manteniendo los mayores niveles de microbiológicos en la zona profunda. A su vez, el evento de surgencia local que se presenta en la zona a lo largo de la época seca, incrementa las posibilidades de ascenso del agua servida hacia la superficie.

La influencia que genera el río Manzanares sobre el estado de contaminación de la bahía de Santa Marta, se puede establecer que es de tipo estacional; siendo los meses de septiembre y noviembre los que presentan diferentes grados de contaminación microbiológica. Es de resaltar que para este estudio, su influencia solo fue evidente en la estación de la desembocadura (estación 33), aunque los antecedentes bibliográficos resaltan el gran aporte de coliformes fecales (167×10^{11} NMP/día) y totales (305×10^{11} NMP/día) de este río (MMA *et al.*, 2002). Marín *et al.*, 2005, reporta en el período comprendido entre 1995-2005, valores mayores a 100.000 NMP Ct/100ml en las diferentes épocas climáticas, todo esto como consecuencia del vertimiento de aguas servidas que realizan las poblaciones ribereñas desde el flanco

noreste de la cuchilla de San Lorenzo en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, sumado a los vertimientos puntuales del área urbana de Santa Marta (Díaz-Pulido, 1997).

El puerto de Santa Marta, es una zona que presenta valores muy altos de Ct y Cf en superficie en el mes de septiembre, y de manera crítica en enero. Los resultados de este estudio y de otros como es el caso de Escobar, 1988, indican la presencia de contaminación severa en la zona del puerto marítimo. Lo anterior contrasta con los resultados de los monitoreos realizados por la Sociedad Portuaria de Santa Marta, en los que para el año 2001 registran valores promedio de Ct de 2800 y de Cf de 247 NMP. Para los años 2002 al 2004, los valores que se reportan tanto para Ct como para Cf oscilan entre 2-3 NMP (Bioservice, 2002; Bioservice, 2004). Los altos niveles de coliformes que se presentan pueden deberse en gran medida a las descargas de escorrentía que se realizan por la Calle 10 (desborde de aguas negras), en época de altas precipitaciones; sin embargo para la época seca, no existe una razón aparente que explique la alta concentración de coliformes. Habría que pensar en constatar la calidad de las aguas que se están deslastrando en esta área como producto de la actividad portuaria.

La zona de la línea de costa, en donde se realizan la mayoría de las actividades humanas de contacto primario, como son las turísticas, presenta evidencias de contaminación microbiológica en los meses de septiembre y enero. En septiembre, durante la época de lluvia se presenta la descarga de aguas de escorrentía a través de las calles 10 y 22 debido a la inexistencia de un alcantarillado pluvial, y del desborde de aguas negras. En enero, continúa la contaminación en el sector de la Calle 10 por la salida de aguas negras, las cuales se incrementan debido al aumento de la población durante la época de turismo. Según Garay *et al.*, 2002, en la mayoría de playas con fines turísticos donde la red realiza monitoreos, los resultados han estado por encima de los límites permisibles de la normativa nacional entre ellas, las playas del distrito de Santa Marta.

Dos casos de contaminación se presentan sin una clara influencia de aportes conocidos, el primero en la estación 1 (batallón) ubicada al sur de la bahía el cual muestra evidencia de que está recibiendo algún tipo de vertimiento de aguas residuales. Garay *et al.*, 2001, Garay *et al.*, 2002 y Marín *et al.*, 2004, también lo reportan en sus informes en donde registran valores de 2400 NMP de CF para la playa del batallón. El segundo caso es la estación 6 detrás del morro, en donde se presentan indicios de contaminación microbiológica tanto en muestras superficiales como profundas, es probable que esta zona se encuentre influenciada por la pluma de dilución del emisario submarino, afectando de manera directa las formaciones coralinas del Morro y comprometiendo su estado de conservación.

La variación temporal de los agentes microbiológicos en la bahía de Santa Marta permite dilucidar una disminución en las concentraciones de estos contaminantes en algunos puntos críticos como es el caso del Emisario Submarino (antes Boquerón), sin embargo, los valores se mantienen por encima de los límites permisibles por la legislación colombiana (Tabla 2). Por otra parte, en sitios como el Terminal marítimo, Calle 10 y 22, desembocadura del río Manzanares y la playa del Batallón, los niveles han fluctuado con tendencia al acenso a través del tiempo, especialmente en época de altas precipitaciones. Dado lo anterior, se pueden establecer de esta manera focos

Estación	Período	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Fuente
Emisario (Boquerón)	1997 - 1999	2.985.166	REDCAM
	2000	3.960.000	REDCAM
	2003	4	Bioservice
	2004 (época seca)	110.000	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	24.000 (S), 46.000 (P)	Este estudio
	2005 (época seca)	70 (S), 46.000 (P)	Este estudio
Río Manzanares	1997 - 2001	6760	REDCAM
	2003	3	Bioservice
	2004 (época seca)	110.000	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	1800 (S), 4300(P)	Este estudio
	2005 (época seca)	18 (S), 9 (P)	Este estudio
Puerto Marítimo	1995	<3	REDCAM
	2003	3	Bioservice
	2004 (época lluviosa)	200	Este estudio
	2005 (época seca)	7.500.000	Este estudio
Calle 10	1997-2000	69.886	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	430 (S), 60 (P)	Este estudio
	2005 (época seca)	110.000 (S), 390 (P)	Este estudio
Calle 22	1997-2000	2244	REDCAM
	2005 (época seca)	30	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	430 (S), 230 (P)	Este estudio
	2005 (época seca)	93 (S), 240 (P)	Este estudio
Batallón	2004	800	REDCAM
	2005 (época seca)	30	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	240.000 (S), 700 (P)	Este estudio
	2005 (época seca)	240, (S), 93 (P)	Este estudio
Playa Municipal	1995	>2400	REDCAM
	1997 - 2001	6501	REDCAM
	2003	1300	REDCAM
	2004 (época seca)	800	REDCAM
	2005 (época seca)	80	REDCAM
	2004 (época lluviosa)	430 (S), 230 (P)	Este estudio
	2005 (época seca)	70 (S), 43 (P)	Este estudio

Tabla 2. Información microbiológica de las principales fuentes de contaminación en la bahía de Santa Marta. S: superficial, P: profundo.

de influencia contaminante en la bahía por orden de importancia, época en que se presentan y el modo (Tabla 3). Los altos valores de contaminación que se registran en la BSM se encuentran asociados con la proximidad que tiene esta a las zonas urbanas, trayendo consigo procesos de descarga de aguas residuales y desechos de origen doméstico, lo que se traduce en la adición de organismos no autóctonos a este ecosistema. La legislación colombiana es clara en su normativa en cuanto a los niveles permisibles de los contaminantes microbiológicos para el uso del agua para preservación de flora y fauna, así como también para fines recreativos, que para los momentos de mayor afluencia turística en la ciudad, se encuentran por encima de los límites permitidos.

Actualmente en Colombia, el problema de la contaminación microbiológica se presenta de manera generalizada, a causa de los vertimientos de aguas residuales en los ambientes marinos y costeros, así como también en otros ecosistemas acuáticos;

96 Artículo - *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Ramos-Ortega, et al.*

No.	Focos de influencia contaminante en la BSM	Época	Modo
1	Emisario submarino	Siempre	Extensivo
2	Río Manzanares	Invierno	Extensivo
3	Puerto Marítimo	Siempre	Puntual
4	Escorrentía, Calles 10 y 22	Invierno	Puntual
5	Batallón	Siempre	Puntual

Tabla 3. Resumen de los focos de influencia contaminante en la bahía de Santa Marta por orden de importancia, época en que se presentan y modo.

problemática que se ve magnificada si se tiene en cuenta la falta de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos a lo largo de la geografía nacional. Según los resultados arrojados por la REDCAM, 2003, los valores de coliformes en la gran mayoría de las playas turísticas del Caribe colombiano sobrepasan los límites permisibles por la legislación colombiana para aguas de contacto primario, al contrario de lo que sucede en playas ubicadas en áreas con poca intervención de asentamientos urbanos. De la calidad de las aguas depende en gran medida la supervivencia de las especies y de los ecosistemas, que a su vez reflejan la conservación o el deterioro en que se encuentran por causa de actividades o fenómenos tanto naturales como de tipo antrópicos (Garay *et al.*, 2001), por lo tanto, es importante cumplir con las directrices y normativas que existen para garantizar una buena calidad del agua y por ende del ecosistema, y de los usos que de este se deriven.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo gracias a la financiación del Fondo patrimonial para la Ciencia - FONCIENCIA de la Universidad del Magdalena. A Roberto J. Guerrero por la edición de las figuras. Los autores agradecen a todas las personas que brindaron su apoyo en la fase de campo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE CA. Análisis de la velocidad del viento en el mar Caribe. Bol Cient CIOH. 1993;13:33-43.

BIOSERVICE. Monitoreo de la calidad de agua de mar de la Bahía de Santa Marta. Junio, 2002. Sociedad Portuaria de Santa Marta. BIOSERVICE, LTDA. Consultorías y estudios ambientales. Santa Marta; 2002.

BIOSERVICE. Monitoreo de la Calidad de Agua de Mar y Sedimentos marinos de la Bahía de Santa Marta. 4o. trimestre 2003. Informe aguas. Sociedad Portuaria de Santa Marta. BIOSERVICE, LTDA. Consultorías y estudios ambientales. Santa Marta; 2004.

BLANCO JA. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. [tesis de Maestría]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad nacional de Colombia; 1988.

CABRERA E, DONOSO MC. Estudio de las características oceanográficas del Caribe colombiano. Región III, Zona I, PDCTM. Bol Cient CIOH. 1993;13:19-32.

DÍAZ-PULIDO G. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" INVEMAR; 1997.

ESCOBAR A. Estudio de algunos aspectos ecológicos y de la contaminación bacteriana en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. An Inst Inv Mar. 1988;18:39-57.

GÁMEZ J. Impacto sobre las aguas costeras adyacentes al Emisario Submarino de Santa Marta (D.T.C.H), Caribe colombiano [tesis de grado]. Riohacha: Programa de Ingeniería del Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Guajira; 2002.

GARAY JA, MARÍN B, CALVANO N, RAMÍREZ G, TRONCOSO W, MEDINA OL, *et al.* Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Tomo II. Informe Final. INVEMAR; 2001.

GARAY JA, MARÍN B, RAMÍREZ G, BETANCOURT J, TRONCOSO W, GÓMEZ ML, *et al.* Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Diagnóstico 2002. INVEMAR; 2002.

HERMAN R. Las causas de la sequía en la región costera de Santa Marta, Colombia. Rev Acad Col Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 1970;3(52):479-489.

LUDWIG R. Evaluación del impacto ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos: informe No. 43 de MARC. Traducido por H. Salas. CEPIS, Lima, Perú; 1988.

MARÍN B, VIVAS LJ, TRONCOSO W, ACOSTA JA, VÉLEZ AM, BETANCOURT J, *et al.* Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Diagnóstico Nacional y Regional 2003. INVEMAR; 2004a.

MARÍN B, GARAY JA, RAMÍREZ G, BETANCOURT J, TRONCOSO W, GÓMEZ ML, *et al.* Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Diagnóstico Nacional y Regional 2004. INVEMAR; 2004b.

MARÍN B, GARAY J, RAMÍREZ G, BETANCOURT J, TRONCOSO W, GÓMEZ ML, *et al.* Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Diagnóstico Nacional y Regional 2005. INVEMAR; 2005.

MMA, INVEMAR, CIOH, CORPORACIONES COSTERAS, IIAP, DAMARENA. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Fase II; 2002.

MUNN CB. Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher; 2004.

RAMÍREZ G. Características físico-químicas de la bahía de Santa Marta. (Agosto 1980 - Julio 1981). An Inst Inv Mar Punta Betín. 1983;13:111-21.

98 Artículo - *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Ramos-Ortega, et al.*

REDCAM. Boletín informativo No. 4. Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina en Colombia. INVEMAR; 2003.

