

An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín	18	39-57	Santa Marta Colombia, 1988	ISSN 0120-3959
---------------------------------------	----	-------	-------------------------------	-------------------

ESTUDIO DE ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS Y DE LA CONTAMINACION BACTERIANA EN LA BAHIA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

Alfonso Escobar Nieves

RESUMEN

Desde julio de 1979 hasta marzo de 1980, se investigó la contaminación fecal presente en la Bahía de Santa Marta. Los organismos utilizados fueron los coliformes totales, coliformes fecales y enterococos. Se midieron además los factores abióticos de temperatura, salinidad y transparencia del agua. También se investigó esporádicamente la presencia de *Salmonella* en las aguas utilizadas para uso recreativo. Los resultados del estudio indicaron contaminación severa en la zona portuaria (Estación 5), la desembocadura del Río Manzanares (Estación 11) y en el sector del Boquerón (Estación 22), de localización próxima a las descargas de aguas negras. Valores significativos de coliformes totales por encima de los límites establecidos por los estándares internacionales fueron detectados en la playa municipal (Estación 10), durante los meses correspondientes a la estación de lluvias. Los niveles de coliformes totales fluctuaron entre 0 y 1.4×10^6 colonias/ml. La identificación bioquímica de bacterias del género *Salmonella* evidencia la posible peligrosidad de los sectores de baño próximos a los sitios de descarga.

ABSTRACT

The fecal contamination of the Bay of Santa Marta was investigated between July 1979 and March 1980. The organisms used were total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci. Abiotic factors such as temperature, salinity and water transparency were also measured. The presence of *Salmonella* in recreational waters was investigated sporadically. The results of this study have indicated severe contamination in the port zone (station 5), the mouth of Manzanares river (station 11), and around the Boquerón sector (station 22), where the raw sewage is discharged. Significant values of total coliforms above the international standard lower limits were detected at the municipal beach (station 10) during the rainy season months. The levels of total coliforms fluctuated between 0 and 1.4×10^6 colonies/ml. The biochemical identification of bacteria of the genus *Salmonella* gives evidence for the potential danger that exists at the bathing sectors near the sewage discharge sites.

INTRODUCCION

Los estudios bacteriológicos referidos a determinar la contaminación fecal en las áreas costeras tienen gran importancia desde el punto de vista de salud pública, en razón del aislamiento y recuento de una serie de organismos indicadores, como es el caso del grupo coliformes, *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis*. Así, basados en la densidad con que aparecen en las muestras a analizar, se establecen criterios con los cuales es posible evaluar la calidad sanitaria de las aguas utilizadas con fines recreativos, como es el caso de la bahía de Santa Marta.

Es conveniente enfatizar la importancia que tiene el análisis de las poblaciones y tipos de microorganismos; su presencia en el medio es criterio sobre las relaciones ecológicas existentes y de la calidad ambiental. De este modo, la distribución de las bacterias del grupo coliforme en aguas costeras confirma el origen fecal de la contaminación e infiere sobre la presencia de los gérmenes patógenos, cuyo número es casi siempre inferior al de las bacterias coliformes normales.

Actualmente el problema de la contaminación fecal reviste también una gran importancia desde el punto de vista económico dado el acelerado crecimiento de la población y el desarrollo industrial de los países. Esta situación origina un creciente aumento en la diversidad y el volumen de los desechos que exceden la capacidad de autodepuración de los ambientes acuáticos naturales. Es así como se ha dado el caso en que muchas áreas de playas y de criaderos de bivalvos han tenido que ser clausuradas debido a los altos niveles de contaminación alcanzados (Vaccaro *et al.*, 1950).

En la costa norte de Colombia se han realizado relativamente pocos trabajos encaminados a determinar la contaminación bacteriana en las aguas costeras. En la Ciénaga Grande de Santa Marta podemos mencionar los trabajos realizados por Molinares (1972), Jeske (1976), Camacho (1978) y Betancurt (1978). En la bahía del sector turístico de El Rodadero, el estudio efectuado por Franco (1983). En la Bahía de Cartagena, los trabajos hechos por Bernier (1977) y Barón *et al.* (1984).

En la Bahía de Santa Marta no se tenía hasta el momento conocimiento alguno sobre su condición sanitaria, a pesar del uso intensivo a que son sometidas las playas ubicadas en el sector urbano de la ciudad. En este estudio se investigó la condición bacteriológica del agua del sector de playas utilizadas con fines recreativos y la extensión de la contaminación a otros sectores de la Bahía de Santa Marta. Los niveles de bacterias encontradas fueron comparados con los valores permisibles para aguas de uso recreativo establecidos por la legislación internacional.

MATERIALES Y METODOS

En el período comprendido entre julio de 1979 y marzo de 1980 se realizaron muestreos quincenales en nueve estaciones que, con base en estudios preliminares, se consideraron representativas del área de estudios por evidenciar un origen diferente de contaminación fecal (Fig. 1). En los procedimientos de toma de muestras y los métodos analíticos se siguieron las recomendaciones

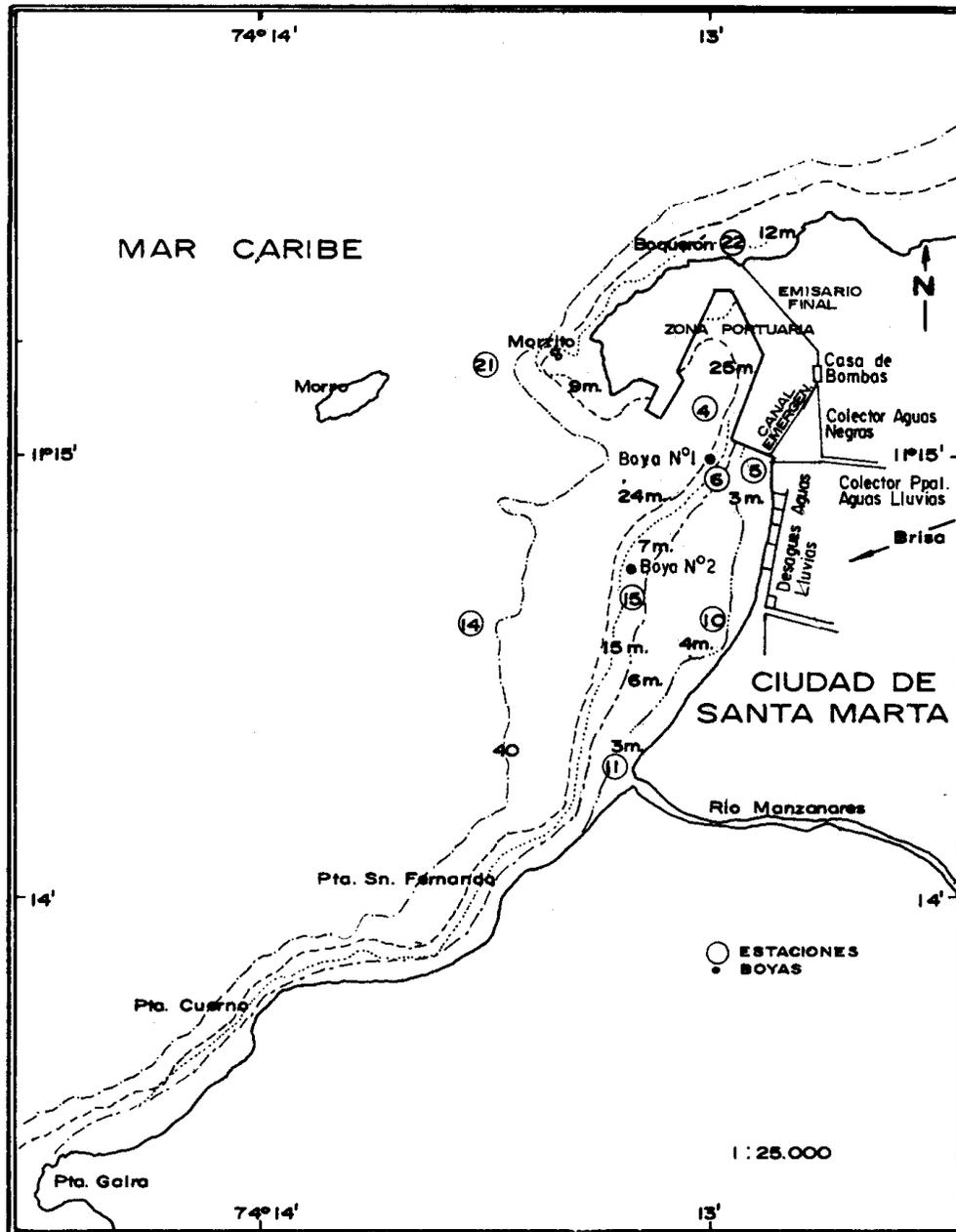


Figura 1. Mapa general de la Bahía de Santa Marta mostrando la ubicación de las estaciones de muestreo y los sistemas de desagües que concurren en la bahía.

establecidas en APHA (1975) y Thatcher y Clark (1968). La recolección de las muestras se realizó regularmente entre las 9 y las 11 horas en aguas de superficie (0.2-0.3 m) y de fondo (1.5-15 m), dependiendo de la profundidad del lugar. Las muestras para el análisis bacteriológico fueron colectadas por medio de un muestreador ZoBell con botella estéril de un litro de capacidad. Las muestras, una vez colectadas, fueron mantenidas a 4°C hasta el momento de ser procesadas en el laboratorio. Adicionalmente fueron colectadas muestras para los análisis físico-químicos por medio de una botella Ruttner de un litro de capacidad. Las determinaciones físico-químicas realizadas fueron temperatura, salinidad y transparencia. Adicionalmente se procedió a determinar en forma general el patrón de circulación de las aguas y la dirección de los vientos locales para evaluar el efecto causado en la distribución de los desechos. Los procedimientos utilizados para las determinaciones abióticas fueron los siguientes: la temperatura se midió in situ con un termómetro de mercurio de precisión 0.1; la salinidad con un aerómetro y las tablas de corrección de Gillbrich; la transparencia con un disco Secchi.

Los análisis bacteriológicos fueron realizados de acuerdo a las recomendaciones establecidas por APHA (1975), Merck (1985), Mossel y Quevedo (1967) y Thatcher y Clark (1968). Las determinaciones bacteriológicas fueron las siguientes:

1. Recuento del número total de bacterias saprófitas viables. Se empleó el método indirecto de recuento en placa de agar, a partir de un volumen conocido de la muestra en su concentración original o diluida en una solución tampón de fosfato (UNEP/WHO, 1983), dependiendo del grado de contaminación presente. El medio de cultivo utilizado fue el agar ZoBell 2216E, al cual se le agregó el 10% de agua de mar añeja estéril con una salinidad de 35‰. Esta proporción de agua de mar fue adoptada de acuerdo a los resultados obtenidos por Fernández (1973). Las placas de agar con las muestras se incubaron a 35°C por 24-48 horas y los resultados fueron expresados como “número de colonias por ml de muestra”.
2. Numeración de bacterias coliformes. Se utilizó la técnica de recuento en placa de agar de volúmenes conocidos de la muestra o su dilución dependiendo del grado de contaminación presente. El medio de cultivo empleado fue el agar desoxicolato-lactosa (Merck). La incubación de muestras se realizó a 35°C por 24 y 48 horas, expresándose el resultado como “número de colonias por ml de muestra”. A las colonias presuntivas de *E. coli* se les realizó el test de McKenzie, sembrándolas en caldo BRILA (Merck) y en agar EMB (Merck) por 48 horas a 44.5°C. Simultáneamente se realizó la prueba del I.M. Vi. C.
3. Presencia de enterococos. En esta determinación solo se procedió a detectar su presencia como una prueba importante que confirma el carácter fecal de la contaminación. En la prueba presuntiva se empleó el caldo glucosa-

azida (Merck), en la confirmativa el caldo púrpura de bromocresol-azida (Merck). La incubación fue realizada a 35°C por 24-48 horas al término de la cual se procedió a una tinción de Gram.

4. Presencia de *Staphylococcus aureus*. Las muestras fueron sembradas en agar manita-sal común-rojo de fenol (Merck) e incubadas por 36 h a 37°C. Las colonias sospechosas fueron resembradas en caldo nutritivo al 6.5% de NaCl y estudiadas con la prueba de la coagulosa y coloración de Gram.
5. Presencia de *Salmonella* y *Shigella*. El agua sometida a examen fue sembrada en caldo de enriquecimiento tetracionato (Merck) y caldo nutritivo (Merck) por 24 h a 37°C. A continuación se procedió a extender la muestra homogenizada en placa de agar SS (Merck) y en agar Mc Conkey (Merck), incubándose a 37°C por 24 h. Posteriormente se realizó la identificación bioquímica de las colonias sospechosas en los siguientes medios de cultivo: agar triple azúcar-hierro (Merck), caldo úrea (Merck), medio SIM (Merck) y caldo triptona para el indol.
6. Presencia de *Clostridium perfringes*. Las muestras de estudio fueron sembradas en caldo tioglicolato (Merck) para organismos anaeróbicos e incubadas a 37°C durante varios días. Con las bacterias presuntivas se procedió a rayar placas de agar SPS (Merck) incubándolas a 37°C por 48 h. Para la confirmación de las colonia se realizó un cultivo en un tubo con leche ator-nosolada (Mossel y Quevedo, 1967).

AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Santa Marta se encuentra ubicada en el Departamento del Magdalena, al norte de la costa colombiana, en el Mar Caribe, entre latitudes 11° 14' 5'' y 11° 15' 30'' N y las longitudes 74° 13' 12'' y 74° 14' 30' W (Figura 1).

Las características de lugar corresponden a una bahía abierta, sujeta a una influencia tanto oceánica como continental, cuya apertura está localizada en dirección oeste. Debido a la proximidad de la Sierra Nevada, presenta una plataforma corta y pendiente que favorece la influencia de aguas oceánicas. Hacia la parte sur de la bahía se encuentra ubicada la desembocadura del Río Manzanares cuyas aguas proceden del flanco noreste de la cuchilla de San Lorenzo en las faldas de la Sierra Nevada, donde nace a una altura de 2600 m (Mertins, 1967). El río presenta un caudal promedio de 0.83 m³/seg, con un flujo máximo e 7.21 m³/seg en noviembre y un flujo mínimo de 0.06 m³/seg en abril; el volumen total de agua que descarga en el área es aproximadamente 26.1x10⁶m³/año (HIMAT, 1979).

En el área de estudio se identificaron dos zonas bien definidas. Una zona norte influida por los vertimientos permanentes de aguas negras procedentes de alcantarillado urbano y una zona sur sometida más directamente a la influencia estacional del Río Manzanares. A las aguas del Río, en el transcurso de su recorrido, son vertidos los desechos producidos en la zona cafetera y las aguas residuales y basuras del sector sur de la ciudad de Santa Marta.

Durante la época de lluvias, los aportes de agua de origen continental traen consigo la disposición de una gran cantidad de sedimentos y nutrientes que determinan un aumento en la turbiedad de las aguas de la bahía. Este movimiento acuático que contribuye a la fertilidad de las aguas de la bahía es designado por Odum (1968) "outwelling" y es mencionado por Bula (1977) como un fenómeno de ocurrencia general en la costa Caribe colombiana. Como consecuencia de este fenómeno, se produce un florecimiento mayor de fitoplancton en el área de influencia lo cual puede ser comprobado en los resultados obtenidos por Caycedo (1977). Durante los tres últimos meses de la estación de lluvia, la influencia del "vendaval", un viento proveniente del sur y sureste, acentúa y concentra los flujos de agua de origen continental hacia la costa. Este fenómeno repercute en los procesos hidrodinámicos de la bahía, porque no favorece la mezcla de columna de agua, registrándose diferencias tanto de temperatura como de densidad entre las capas de agua superficial y subsuperficial.

Para la época seca, la influencia apreciable de los vientos alisios, además de fortalecer el efecto del ramal de la corriente Caribe en la bahía, aporta aguas provenientes del núcleo de surgencia costera localizado frente al Cabo de la Aguja, de intensidad comparable a la ubicada al oeste de la Península de la Guajira (Bula, 1985). Asociado a este fenómeno se hace sentir el efecto de un viento alisio modificado por la montaña, denominado "brisa", que sopla en dirección suroeste alcanzando velocidades hasta 30 m/seg; su origen ha sido aclarado con más detalles por Herrmann (1970). Esta brisa presenta una gran influencia en la hidrodinámica de la bahía y debido a su alta velocidad crea un fuerte transporte de agua superficial en su misma dirección, mar adentro, originando fuertes períodos de mezcla en las aguas de la bahía. Wedler (1975), Muller (1979) y Ramírez (1983) registraron durante la época seca, notorios descensos e incrementos en la temperatura y la salinidad respectivamente.

RESULTADOS

Las profundidades alcanzadas por el disco Secchi fueron bastante bajas durante el mes de octubre de 1979, correspondiente a la época de lluvia, obteniéndose valores mínimos promedios de 0.33 m (Estación 11), 2.58 m (Estación 4) y 4.76 m (Estación 14). Las máximas profundidades alcanzadas por el disco corresponden a la época seca, durante el mes de marzo de 1981, registrándose 1.50 m (Estación 11), 8.00 m (Estación 4) y 12.15 m (Estación 14).

Tabla 1. Valores promedios mensuales de salinidad (‰) y temperatura (°C) correspondiente a muestras de superficie y fondo en la Bahía de Santa Marta.

ESTACION	1 9 7 9						1 9 8 0					
	Julio S/‰ T°C	Agosto S/‰ T°C	Septiembre S/‰ T°C	Octubre S/‰ T°C	Noviembre S/‰ T°C	Diciembre S/‰ T°C	Enero S/‰ T°C	Febrero S/‰ T°C	Marzo S/‰ T°C			
4	S 37.30 28.10 F 36.70	35.95 27.50 37.05	34.70 29.50 36.10	32.38 29.90 35.85	32.20 29.00 35.00	37.20 25.00 36.60	37.10 25.00 36.70	37.20 25.00 37.30	37.10 24.00 36.80			
5	S 36.75 28.50 F 36.70	36.00 28.00 36.30	34.75 29.00 36.20	32.11 28.83 35.90	31.30 29.20 34.05	37.30 25.50 36.40	37.90 25.00 37.20	38.40 24.80 37.20	35.20 24.20 36.80			
6	S 36.80 27.65 F 36.70	36.90 27.40 35.85	35.05 29.00 36.50	33.11 29.66 36.92	33.33 29.30 35.65	37.50 25.00 36.40	37.80 25.00 37.00	37.40 24.80 37.60	35.50 24.00 37.60			
10	S 35.95 28.05 F 36.40	36.10 28.25 35.50	33.95 28.80 36.30	31.00 29.63 36.45	26.25 29.20 34.35	37.25 25.00 36.30	36.90 25.00 36.20	37.50 24.80 37.10	36.70 24.00 37.80			
11	S 30.82 28.25 F 36.40	25.52 27.75 35.63	26.90 28.80 33.50	17.76 29.43 20.50	16.90 27.25 35.30	29.30 25.50 36.15	17.80 24.80 36.50	35.10 24.80 36.50	36.80 24.00 37.20			
14	S 35.70 27.95 F 36.70	35.80 27.50 36.20	32.40 28.70 36.30	30.31 29.50 36.75	31.00 29.50 34.90	37.80 25.00 36.10	32.90 24.80 36.70	36.90 24.80 37.40	36.70 24.00 36.80			
15	S 36.75 27.75 F 36.10	36.50 27.40 36.15	35.40 28.70 36.30	30.73 29.60 36.80	29.25 29.70 35.00	37.50 25.00 36.50	36.70 25.10 36.00	37.80 24.80 36.60	37.50 24.00 37.50			
21	S 36.50 26.67 F 36.95	35.40 28.20 35.90	35.32 28.55 35.80	30.00 30.85 32.50	33.40 28.80 34.50	36.40 27.00 35.80	37.50 25.00 37.10	37.60 25.00 36.40	36.60 22.00 37.20			
22	S 34.75 28.70 F 36.30	34.02 28.50 36.00	30.95 29.00 35.60	27.25 30.50 35.00	33.05 30.00 36.15	33.90 27.50 35.80	35.80 26.00 36.90	31.70 25.80 35.50	33.20 23.00 37.20			

Los valores promedios mensuales de temperatura observaron un rango de variación de 1 a 6°C (Tabla 1). El promedio mensual fluctuó entre un valor mínimo de 23.7°C y un valor máximo de 29.8°C, con un valor promedio de 26.9°C, durante todo el período de estudio. La temperatura más alta correspondió al mes de octubre y la más baja al mes de marzo. Los valores registrados en aguas de superficie mostraron una fluctuación que va desde un valor máximo de 31.0°C en el mes de octubre (Estación 21) a un mínimo de 22.0°C en el mes de marzo (Estación 21), observándose un rango de variación de 9°C entre los valores.

En cuanto a la salinidad (Tabla 1), el promedio mensual fluctuó entre 31.66‰ y 37.13‰, con un rango de variación de 5.47‰ y un valor promedio de 35.5‰ durante el período de estudio. El valor más bajo correspondió al mes de octubre y el valor más alto al mes de marzo. La salinidad para aguas de superficie en el área investigada fluctuó entre 16.90‰ en octubre (Estación 11) y 38.6‰ en marzo (Estación 16), con un rango de variación de 21.70‰. Para las aguas de fondo se observó un intervalo que varió entre 20.50‰, durante el mes de octubre (Estación 11) y 38.00‰ en marzo (Estación 16), registrando un rango de variación de 17.50‰.

En la tabla 2 se presentan los valores promedios mensuales del número de colonias de bacterias saprófitas determinadas en la bahía de Santa Marta. El promedio mensual fluctuó entre 120 y 11.9×10^7 colonias de bacterias por mililitro de muestra. El número promedio más alto de bacterias en aguas de superficie fue de 11.9×10^7 colonias por mililitro y se detectó en octubre en la estación 11; el valor más bajo fue de 240 colonias por mililitro y se registró en marzo en la estación 4. En aguas de fondo el número promedio más alto de bacterias fue de 5.4×10^6 colonias por mililitro y se encontró en octubre en la estación 22; el valor más bajo fue de 120 colonias por mililitro y se detectó en febrero en la estación 14. Los números de bacterias encontrados en el área fueron frecuentemente mayores en aguas de superficie que en aguas de fondo.

En las figuras 2-4 se presentan los niveles promedios mensuales de bacterias coliformes determinadas en el área de estudio. El promedio mensual varió entre 0 y 2.38×10^6 colonias de coliformes por mililitro de muestra. El número promedio más alto de coliformes en agua superficial fue de 2.38×10^6 colonias por mililitro y se registró en octubre en la estación 22; el valor más bajo fue de 1 colonia por mililitro y se encontró en las estaciones 6, 14 y 15 durante los meses de febrero y marzo. El número promedio más alto de coliformes en agua de fondo fue de 5.95×10^3 colonias por mililitro y se registró en octubre en la estación 22; no fue detectada la presencia de coliformes durante los meses de febrero y marzo en las estaciones 6, 14 y 15.

En las tablas 3 y 4 se muestran los microorganismos identificados mensualmente en cada estación de muestreo. Las bacterias *E. coli* y *S. faecalis* fueron detectadas frecuentemente durante todo el período de estudio. En las estaciones 5, 10, 11 y 22 se detectó la presencia de *Salmonella* de aislamiento fre-

Tabla 2. Valores promedios mensuales del número total de bacterias saprofitas viables por mililitro de muestra en agua de superficie y fondo en la Bahía de Santa Marta.

	ESTACION 4		ESTACION 5		ESTACION 6		ESTACION 10		ESTACION 11		ESTACION 14		ESTACION 15		ESTACION 21		ESTACION 22	
	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO	SUPERF.	FONDO
AGOSTO 79	1800	4000	54000	15000	1700	760	35000	6900	470000	31000	4800	2500	3500	3100	5200	2100	220000	13000
SEPT. 79	3900	1800	450000	18000	3000	200	70000	1000	550000	23000	16000	7000	13000	5000	7200	3100	6600000	17000
OCTUBRE 79	500000	10000	580000	37000	26500	10300	250000	60000	119000000	110000	170000	8000	21000	4300	92300	8600	25000000	5400000
NOV. 79	250000	4000	960000	120000	90500	20000	385000	126000	3300000	150000	110000	22000	32000	9200	39000	5800	18000000	200000
DIC. 79	40000	600	1240000	15000	70000	4600	47000	5500	62000	32000	1800	470	3900	1220	1000	250	7100000	330000
ENERO 80	3800	870	29800	19000	7000	380	27500	1330	137000	2400	30500	1350	800	3000	4800	930	1153000	17300
FEBRERO 80	800	1500	230000	53000	3200	2010	170000	16400	48000	15400	2400	120	1640	380	4600	1400	3700000	41000
MARZO 80	240	2270	73000	17600	515	1220	2750	7300	2250	710	2850	520	710	820	6200	1050	1090000	27000

cuientemente durante los meses de mayor aporte continental (septiembre-noviembre).

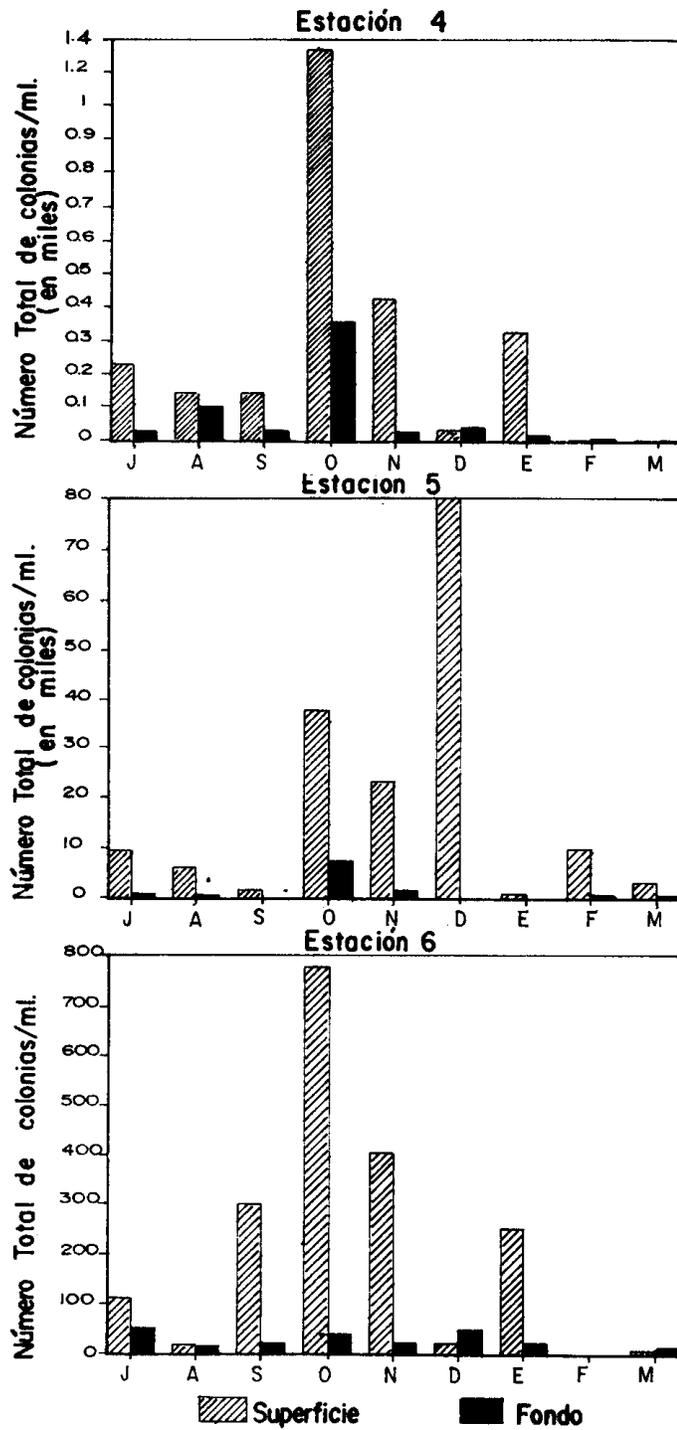


Figura 2. Niveles promedios mensuales de coliformes totales determinados en las estaciones 4, 5, y 6 en la Bahía de Santa Marta (junio 1979 - marzo 1980).

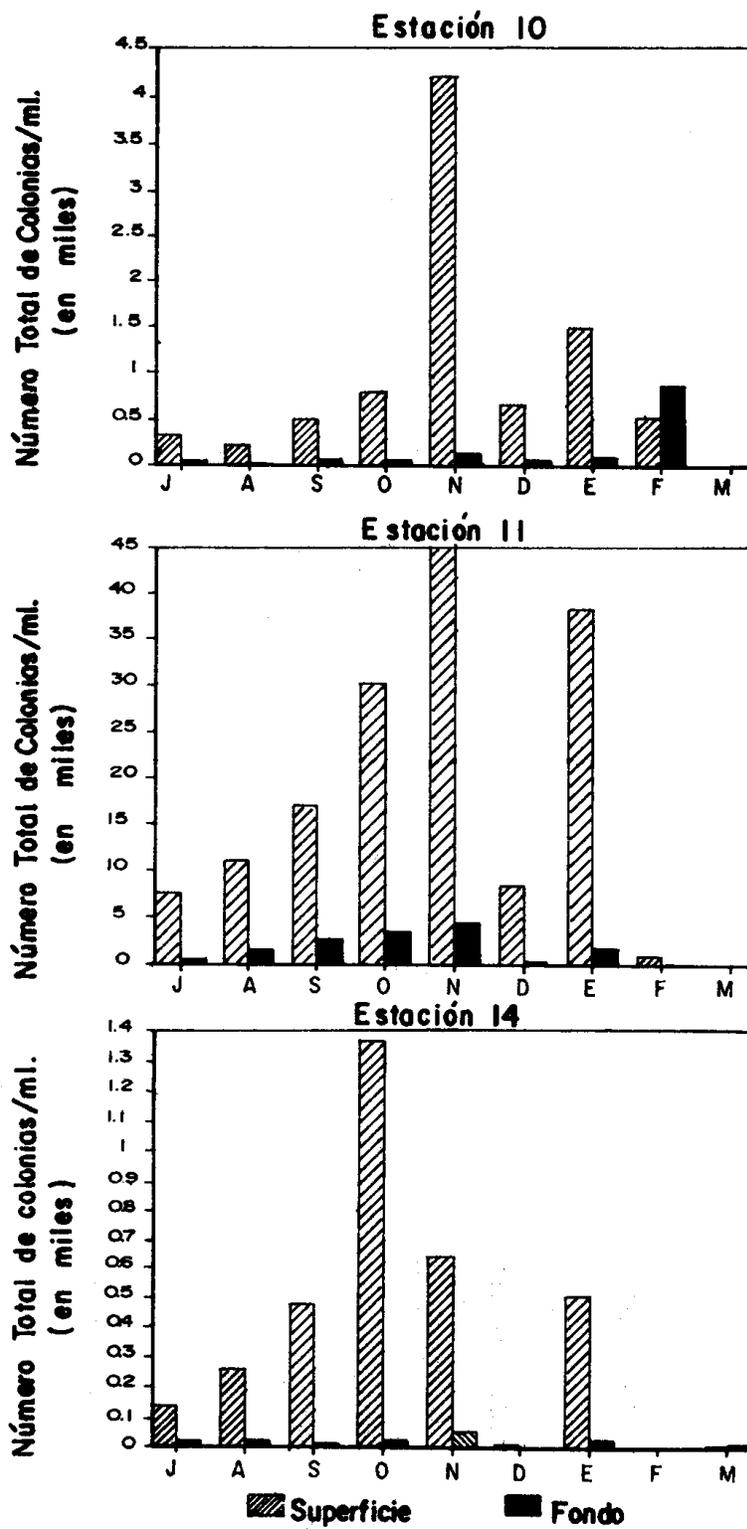


Figura 3. Niveles promedio mensuales de coliformes totales determinados en las estaciones 10, 11 y 14 en la Bahía de Santa Marta (julio 1979-marzo 1980).

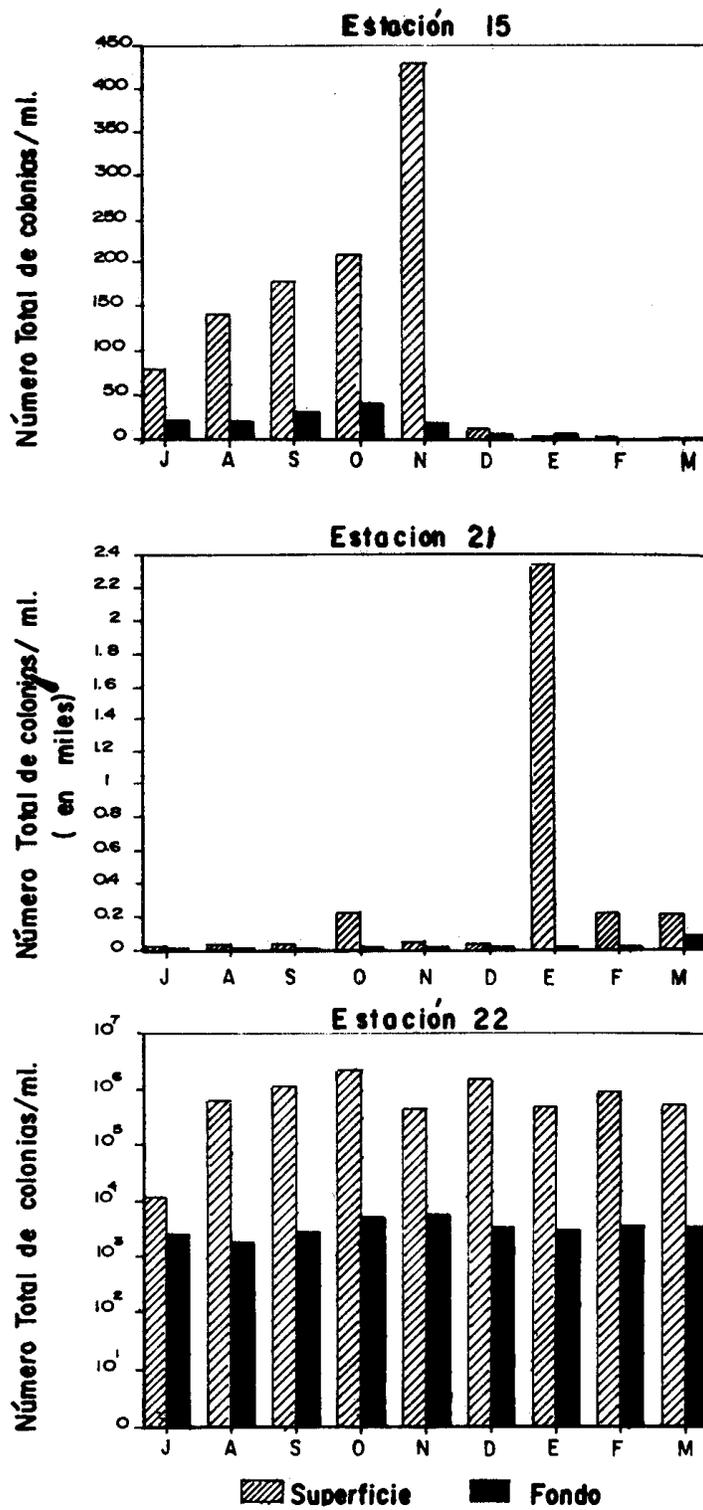


Figura 4. Niveles promedios mensuales de coliformes totales determinados en las estaciones 15, 21 y 22 en la Bahía de Santa Marta (julio 1979 - marzo 1980).

Tabla 3. Confirmación de la presencia de *S. faecalis* en las muestras de superficie y fondo de las estaciones de muestreo en la Bahía de Santa Marta durante el período de estudio (julio/79-marzo/80).

ESTACIONES MESES	4		5		6		10		11		14		15		22	
	s	f	s	f	s	f	s	f	s	f	s	f	s	f	s	f
Julio	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
Septiembre	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Noviembre	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Diciembre	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
Enero	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Febrero	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+
Marzo	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+

s: superficie.
f: fondo

Tabla 4. Bacterias identificadas en la Bahía de Santa Marta durante el período de estudio (julio/79 - marzo/80).

BACTERIAS	ESTACIONES
<i>Escherichia coli</i> .	4,5+,6,10+,11+,14,15,22+
<i>Enterobacter aerogenes</i> .	4,5+,6,10,11+,14,15,22+
<i>Streptococcus faecalis</i> .	4,5+,10+,11+,14,15,22+
<i>Klebsiella aerogenes</i> .	4+,5,6,10,11+,14,15,22+
<i>Pseudomona spp.</i>	4,5+,6,10+,11+,14,15,22+
<i>Pseudomona aeruginosa</i> .	5,10,11+,22
<i>Proteus vulgaris</i> .	4,5+,6,10,11,14,22+
<i>Proteus mirabilis</i> .	4,5+,6,10,11,14,22+
<i>Shigella spp.</i>	5+,10,11,14,22+
<i>Staphylococcus aureus</i> .	4,5+,10,11+,22+
<i>Salmonella spp.</i>	5+,10,11,22+
<i>Clostridium perfringens</i> .	11

+ aislamiento frecuente

DISCUSION

La salinidad mostró una variación estacional. Se observó una reducción paulatina de los valores durante la estación de lluvia, alcanzando un máximo descenso durante los meses de octubre y noviembre de 1979, cuando ocurre un incremento de las precipitaciones, aumentando con ello el caudal de los ríos. Durante este período, en que el río Manzanares descarga más del 50% de su volumen total anual, es apreciable en el área la influencia de las aguas provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Debido a esto, se hace evidente el establecimiento de una capa superficial de agua cálida y de baja salinidad, en contraste con una capa de agua más profunda y estable, de menor temperatura y mayor salinidad. Es así como para noviembre, mes en que el río Manzanares alcanza su máximo caudal, se registraron en la estación 11 diferencias de hasta 19.60°/oo entre la superficie y el fondo a pesar de la poca profundidad del lugar (Tabla 1). Esta situación origina igualmente diferencias de temperatura que oscilan entre 2 y 4°C de una a otra capa de agua.

Para la época seca, el efecto dinámico de la brisa permite una mayor circulación en la bahía y dilución de los aportes continentales. Como resultados de este proceso, las aguas cálidas y de baja salinidad establecidas durante la época de lluvia son reemplazadas por aguas frías procedentes del fondo, registrándose temperaturas mínimas de 22°C y salinidades máximas de 38.6°/oo (Tabla 1) Caycedo (1977) cita la existencia de dinoflagelados, así como de radiolarios de hábitos oceánicos en la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona) como revelación de una mayor penetración de agua oceánica durante esta época. Alvarado (1978) reporta en la Bahía de Santa Marta la presencia de algunas especies zooplanctónicas que son desplazadas al Mar Caribe por corrientes provenientes del Atlántico norte y sur.

El comportamiento estacional de las poblaciones bacterianas guarda estrecha relación con la variación de los flujos de origen continental y oceánicos y su influencia en la Bahía. La mayor cantidad de bacterias presentes en la costa durante la época de lluvias es el resultado del incremento de los flujos de agua procedentes del continente. La riqueza de nutrientes, así como la materia en suspensión que acompaña a estos flujos, además de reducir el efecto bactericida del agua de mar, aumenta la supervivencia de las bacterias de origen continental (ZoBell, 1936). La presencia de este material particular crea microambientes que, además de proteger a las bacterias del efecto bactericida del agua de mar, ofrecen una concentración óptima de nutrientes muy difícilmente presentes en el agua circundante debido a la alta dilución (Wangersky, 1977).

El decrecimiento observado por la población bacterial para la estación seca puede explicarse en razón de la reducción de la magnitud del flujo continental y con ella los aportes orgánicos. Paralelamente, el incremento de los flujos oceánicos origina una mayor dilución y un aumento en la salinidad. Según Wapler (1963), existe una correlación directa entre la tasa de mortalidad de las bacterias y el aumento en la concentración de cloruro de so-

dio en el agua de mar. Carlucci y Pramer (1960), Jones (1964) y Rheinheimer (1976) sugieren que con base en su concentración, las sales inorgánicas constituyen potencialmente las sustancias más tóxicas en el medio marino. Estas sustancias pueden influir adversamente en la supervivencia de las bacterias, ya sea por un efecto general osmótico ó por la toxicidad específica de un ión. Es igualmente importante anotar el efecto letal de la luz solar, dado con mayor intensidad durante la época seca por la escasa nubosidad presente, Según ZoBell y McEwen (1935), el efecto letal de la luz solar en las aguas no se extiende a profundidades mayores de 20 cm. Reynolds (1964) cita evidencias que demuestran una mayor y más rápida mortalidad de *E. coli.* durante la estación de verano cuando la intensidad lumínica es mayor.

Waksman y Hotchkiss (1937) sugieren que la reducción de las bacterias no es el resultado de un solo factor, sino la combinación de ellos. Carlucci y Pramer (1959) describen con gran detalle algunos factores físico-químicos y biológicos que afectan la vida de las bacterias en el mar. No podemos descartar lo expresado por Dawe y Penrose (1978) referente a que las células bacterianas no son totalmente destruidas por el agua de mar, sino que son debilitadas hasta tal punto que no es posible la formación de colonias en medios selectivos.

Los altos niveles de coliformes sostenidos durante casi todo el período de estudio en las estaciones 5,11 y 22 ponen de manifiesto el alto grado de contaminación presente en dichas zonas debido al vertimiento permanente de aguas negras sin ningún tipo de tratamiento. En estas estaciones se presenta, adicionalmente, la descarga de una red del alcantarillado que recolecta aguas lluvias, las cuales son evacuadas directamente en la zona de playas. La calidad bacteriológica del agua fue buena en las zonas de boyas, el Morrito y oceánica; desafortunadamente no corresponden a zonas utilizadas para baños (Figs. 2-4).

La más baja densidad de la masa de agua dulce respecto al agua marina contribuye en gran medida a que los coliformes muestren una distribución superficial de mayor magnitud a la obtenida en las muestras de fondo. Trabajos realizados por Dutka y Kwan (1978) sobre el patrón de distribución de las bacterias, indican que las poblaciones de coliformes tienden a concentrarse en la interfase aire-agua, con magnitudes entre una y tres veces mayor a las presentes en las aguas subsuperficiales. Este hecho reviste gran importancia si se considera que la película superficial es la última capa que queda en contacto con los bañistas. Por lo anterior, se discute el hecho de que los niveles de coliformes determinados en muestras recolectados a una mayor profundidad reflejen la verdadera contaminación.

Probablemente, la fuerza y dirección de los vientos locales tiene un efecto importante en la distribución de los desechos y con ello de las bacteriales a través de la bahía. Durante la estación de lluvias los vientos procedentes del suroeste, "vendaval", crean una corriente que fluye en dirección norte concentrando los desechos hacia el interior de la bahía, situación que no favorece su

rápida dispersión. Para la estación seca, cuando los vientos locales tienen una dirección suroeste hacia el exterior de la bahía, facilitan la rápida circulación y dilución de los desechos.

La legislación colombiana y mexicana han establecido que las aguas utilizadas con fines recreativos deben contener menos de 1000 bacterias coliformes totales y 200 coliformes fecales por 100 ml de agua de mar (Ministerio de Salud, 1984; Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos, 1979). El Consejo de la Comunidad Económica Europea ha establecido niveles más altos, de 10000 bacterias coliformes totales y 2000 coliformes fecales por 100 ml (Council of the EEC, 1975). En la bahía de Santa Marta los niveles bacteriológicos obtenidos en el agua de las estaciones 5, 10, 11 y 12 están por encima de los límites permitidos por la legislación colombiana y mexicana y por el Consejo de la Comunidad Europea. Se observa que a excepción de las estaciones 5 y 22 los niveles de coliformes presentan un decrecimiento importante durante la estación seca, cuando se reducen los aportes de origen continental y aumenta la penetración de agua marina. Es durante los últimos meses de la estación seca cuando las aguas de la bahía adquieren una calidad bacteriológica excelente.

Los altos niveles presentados por la población de coliformes, principalmente para la estación de lluvia, constituyen una prueba indirecta de la presencia de bacterias patógenas en el área de estudio. Havemeister (1975) demuestra la existencia de una clara relación entre el número de coliformes y la abundancia de *Salmonella*. El aislamiento de *Salmonella* en las estaciones 5, 10 y 11 indican la posible peligrosidad de los sitios utilizados para baños debido a su ubicación próxima a los desagües (Fig. 1). Mood (1977) cita varios ejemplos de enfermedad producida por bacterias patógenas presentes en agua de baño, peces y mariscos de las zonas costeras contaminadas. Aunque en ciertos casos no se haya podido demostrar en forma absoluta, las pruebas epidemiológicas circunstanciales son muy sólidas. La ocurrencia de estos hechos es más frecuente en las zonas en donde se presenta una mayor influencia de tipo continental, lo cual aumenta la supervivencia de estas bacterias, reduciendo potencialmente el efecto bactericida del agua de (ZoBell, 1936). Hasta el presente no se ha reportado en el área caso alguno de enfermedad relacionada con algunas de las bacterias patógenas aisladas. Normalmente la incidencia de estas enfermedades causadas por el baño en aguas costeras es muy poco probable. Debido a las altas dosis de gérmenes necesarios para que ocurra la infección, y en el caso de que ocurra, es muy difícil su demostración absoluta. De otro lado, es de mayor frecuencia y de fácil comprobación la incidencia de infecciones menores del tipo ocular, nasofaríngeas y de la piel. Esta última, muy comúnmente causada por hongos dermatofitos cuyas esporas más resistentes pueden permanecer por más tiempo en el agua.

En general, las mayores densidades de bacterias coliformes y el aislamiento de bacterias patógenas ocurren estacionalmente durante los meses correspondientes a la época de lluvias y son detectadas en forma permanente en

los sitios próximos a las estaciones 5 y 22 dada su ubicación cercana a las principales fuentes de contaminación fecal que ocurren en la bahía.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos a COLCIENCIAS, entidad que financió este proyecto por intermedio de INVEMAR. Al doctor Rheinhard Zimmermann, por la discusión y orientación del trabajo. A todo el personal del INVEMAR que de una u otra forma colaboró en la realización del estudio.

BIBLIOGRAFIA

- APHA. 1975. Standard methods for the examination of water wastewater. Edition. American Public Health Association, Inc. New York, 1134 p.
- Alvarado, F.H. 1978. Contribución al conocimiento de los copépodos epiplanctónicos de la Bahía de Santa Marta, Colombia. Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 72 p.
- Barón, A.; T. Rodríguez; A. Pion y O. Baena. 1984. Estado actual del sistema de bahía interna, caños y lagos y ciénagas de Tesca. Origen de su deterioro y alternativas de recuperación. Contribución INDERENA-CIP. Cartagena, 1(6): 1-18.
- Bernier, I. 1977. Estudio microbiológico de la Bahía de Cartagena, Colombia. Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 52 p.
- Betancurt, J. 1978. Estudio bacteriológico en la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR-COLCIENCIAS, Informe técnico, Santa Marta, 13 p.
- Bula, G. 1977. Algas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la Costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 9: 45-71.
- Bula, G. 1985. Un núcleo nuevo de surgencia en el Caribe colombiano detectado en correlación con las macroalgas. Boletín Ecotrópica, 12: 3-25.
- Camacho, G. 1978. Características hidrográficas y zooplanctónicas de la Ciénaga Grande de Santa Marta (octubre 1977 - mayo 1978). INDERENA Proy. Ecodesarrollo. Inf. Final, Cartagena, 29 p.
- Carlucci, A. F. y D. Pramer. 1959. Factors affecting the survival of bacteria in sea water. Appl. Microbiol., 7: 388-392.
- Carlucci, A.F. y D. Pramer, 1960. An evaluation of factors affecting the survival of *Escherichia coli* in sea water II. Salinity, pH and nutrients Appl. Microbiol., 8: 247-250.
- Caycedo, I.E. 1977. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 9: 17-44.
- Council of the European Economic Communities. 1975. Council directive concerning the quality of bathing water. Off. J. Eur. Communities, L31/1, 5.2. 76: 1-17.
- Dawe, L. y W. Penrose. 1978. Bactericidal property of seawater. Death or debilitation. Appl. Environ. Microbiol., 35(5): 829-833.
- Dutka, B. y K. Kwan. 1978. Health indicator bacteria in water-surface microlayer. Can. J. Microbiol., 24: 187-188
- Fernández, E. 1973. Algunas consideraciones sobre la contaminación de las aguas costeras en la ciudad de Cumaná. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 12(1): 23-32.
- Franco, A. 1983. Análisis de la contaminación fecal del estuario del Río Gaira y la costa adyacente del balneario El Rodadero, Santa Marta, Colombia. Tesis de grado, Universidad de Antioquia, Medellín, 117 p.
- Havemeister, G. 1975. *E. Coli* Titer und Salmonellenhäufigkeit in Küstengewässern. Schr. Reihe Wass-Boden-Luftthyg, 43: 18-30.

- Hermann, R. 1970. Las causas de la sequía en la región costera de Santa Marta, Colombia. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat., 13 (52): 56-82.
- HIMAT. 1979. Datos meteorológicos y valores de caudal del Río Manzanares correspondientes al período comprendido entre enero 79 - marzo 80. Oficio No. 00418, HIMAT, Santa Marta.
- Jeske, R. 1976. Estudio bacteriológico en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Mitt. Inst. Colombo-Alemán-Invest. Cient., 8: 17-31.
- Jones, G.E. 1964. Effect of chelating agent in the growth of *E. coli* in seawater. J. Bacteriol., 87(3): 483-499.
- Merck, E. 1985. Manual de medios de cultivo Merck. Merck Co., Darmstadt, R. F. de Alemania, 188 p.
- Mertins, G. 1967. Anotaciones sobre un programa para la protección del paisaje en la vertiente noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 1: 19-38.
- Ministerio de Salud. 1984. Disposiciones sanitarias sobre aguas. Ministerio de Salud de la República de Colombia, Bogotá, 139 p.
- Molinarens, A. 1972. Estudio sobre la polución bacteriológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta. **INDERENA. Centro de Investigaciones Marinas, Cartagena, 18 p.**
- Mood, W.E. 1977. Aspectos sanitarios de la contaminación de las aguas costeras: 200-209 Informe de la reunión internacional de trabajo C01/OAA/PNUMA sobre la contaminación marina en el Caribe y regiones adyacentes. Puerto España, Trinidad y Tobago, 13-27 dic., UNESCO.
- Mossel, D. y F. Quevedo. 1967. Control microbiológico de los alimentos. Métodos recomendados. Universidad de San Marcos, Lima Perú, 95 p.
- Müller, K. 1979. Interrelaciones entre salinidad y temperatura en la Bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 11: 219-226.
- Odum. E.P. 1968. A research challenge: evaluating the productivity of coastal and estuarine water. Proc. 2a. Sea. Grant. Conf., Grand School Oceanography, Univ. of Rhode Island, Newport: 63-64.
- Ramírez, G. 1983. Características físico-químicas de la Bahía de Santa Marta (agosto 1980 - julio 1981). An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 13: 111-121.
- Reynolds, N. 1964. The effect of light on the mortality of *E. coli* in sea water. Poll. Mar. Per. et Prdo. Petr. Sum. Monaco, C.L.E.S.M.: 241-295.
- Rheinheimer, G. 1976. Aquatic microbiology. John Wiley & Sons, Ltd. New York. 184 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1979. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Informe técnico, México, 5-43.
- Thatcher, F. y D. Clark. 1968. Microorganisms in foods. International committee on microbiological specifications for foods. Vol. 1 University of Toronto Press, Toronto, Canadá, 234 p.
- UNEP/WHO. 1983. Determination of faecal streptococci in water by membrane filtration culture method. Reference Methods for Marine Pollution Studies 4(10): 1-21.
- Vaccaro, R.; M. Briggs; C. Carey y B. Ketchum. 1950. Viability of *Escherichia coli* in sea water. Amer. J. Health, 40: 1257-1265.
- Waksman, S.A. y M. Hotchkiss. 1937. Viability of bacteria in sea water. J. Bacteriol., 33: 389-400.
- Wangersky, J.P. 1977. The role of particulate matter in the productivity of surface water. Helgolander wiss. Meeresunters., 30: 546-565.
- Wapler, E. 1963. Die Absterberate von apathogenen Darmbakterien in Wassern unterschiedlicher Kochsalzkonzentrationen. **Disertación Doctoral, Univ. Kiel, Alemania Federal, 97 p.**
- Wedler, E. 1975. Okologische Untersuchungen and Hydroiden des Felslitorals von Santa Marta (Kolumbien). Helgolander Wiss. Meeresunters., 27: 324-363.
- ZoBell. C.E. 1936. Bactericidal action of sea water. Proc. Soc. Expl. Biol. Med., 34: 113-116.

ZoBell, C.E. y McEwen, C.F. 1935. The letal action of sunlight upon bacterias in sea water.
Biol. Bull., 68: 93-106.

Dirección del autor:
INVEMAR
Apartado 1016
Santa Marta, Colombia

