

COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN AGUAS DE LAS POBLACIONES COSTERAS Y PALAFÍTICAS DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, COLOMBIA

Fecals Coliforms in Waters of Coastal and Palafiticos Populations of Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia

SILVIA NARVÁEZ¹, Microbióloga; MARTHA GÓMEZ², M.Sc.;
JORGE ACOSTA², Biólogo Marino.

¹ Programa Calidad Ambiental Marina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-(INVEMAR). Punta Betín, Santa Marta, Magdalena, Colombia. snarvaez@invemar.org.co

² Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Desarrollo Sectorial Sostenible. Calle 37 No. 8-40. Bogotá, Colombia. mgomez@minambiente.gov.co; jacosta@minambiente.gov.co

Presentado 5 de diciembre de 2007, aceptado 6 de mayo de 2008, correcciones 14 de agosto de 2008.

RESUMEN

La Ciénaga Grande de Santa Marta es el sistema lagunar costero más grande e importante de Colombia y el más extenso del Caribe. En su territorio se alojan siete poblaciones carentes de un sistema de saneamiento básico adecuado, que vierten sus desechos sin ningún tipo de tratamiento directamente a la ciénaga. Teniendo en cuenta la importancia ambiental de este cuerpo de agua y con el objeto de conocer su calidad sanitaria se determinaron las concentraciones de Coliformes termotolerantes en aguas adyacentes de dos poblaciones costeras (Tasajera e isla del Rosario) y tres palafíticas (Buenavista, Nueva Venecia y Trojas de Cataca) durante el periodo 2004-2007. Adicionalmente, se realizaron mediciones de pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en cada sitio de muestreo. Las mayores concentraciones de Coliformes se encontraron en el palafito Trojas de Cataca, en la época seca mayor de cada año (7.800-9.000 NMP/ 100 mL) y los menores niveles en la estación Buenavista (2-1.100 NMP/100mL). El patrón de comportamiento de las densidades de Coliformes en las poblaciones costeras fue similar en el tiempo y no se observó ninguna relación directa entre las variables fisicoquímicas y el grupo Coliformes. Dado lo observado, se considera importante vigilar la calidad del agua en el estuario, teniendo en cuenta que constituye una fuente potencial de riesgo para el desarrollo de las actividades económicas de la zona y para la salud de los pobladores.

Palabras clave: contaminación fecal, estuario, calidad de aguas, Coliformes.

ABSTRACT

The coastal lagoon system most important and biggest of Colombia and the largest in the Caribbean is the Cienaga Grande of Santa Marta. In their territory, seven

populations lacking of an appropriate sanitation system, that pour their waste directly without any treatment to the cienaga. Keeping in mind the importance of this body of water and in order to know their sanitary quality the concentrations of thermotolerant coliforms were determined in two coastal (Tasajera and Isla del Rosario) and three palafitics populations (Buenavista, Nueva Venecia and Trojas de Cataca) during the period 2004-2007. Additionally, pH, temperature, salinity and oxygen measurements were carried out in each station. The highest coliforms concentrations were found in Trojas de Cataca, in the dry season more each year (7,800-9,000 MPN/100ml) and the lowest level in Buenavista station (2-1,100 MPN/100mL).

The behavior pattern of Coliform densities in coastal populations was similar in the time and there was no direct relationship between physicochemical variables and Coliform group. It is important take care and watch over the estuary quality, taking into account that constitutes a potential risk source for economic activities development of the area and for the residents health.

Key words: Fecal contamination, Estuary, Water quality, Coliform.

INTRODUCCIÓN

Los estuarios se caracterizan por presentar una mezcla de aguas dulces y marinas que convergen con el incremento de las concentraciones del desarrollo urbano. Éstos presentan un frágil balance entre las necesidades de las ciudades costeras, las comunidades y la salud de los ecosistemas acuáticos. Las aguas costeras tienen diversos tensores que afectan la calidad de los ecosistemas y la salud humana, entre los que se encuentran las inadecuadas prácticas de disposición final de aguas residuales domésticas, que introducen altos niveles de nutrientes y bacterias entéricas patógenas al sistema (Lipp, 2001). La ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es considerada uno de los sistemas estuarinos costeros más productivos en latitudes tropicales, debido a sus características hidrológicas y geomorfológicas. La ecorregión se encuentra rodeada por elementos del paisaje tan importantes como la cuenca del río Magdalena y la Sierra Nevada de Santa Marta, que le confieren características regionales y globales únicas, además de una alta productividad biológica (Rivera-Monroy *et al.*, 2001).

Por su localización y oferta de recursos bióticos y abióticos, la CGSM alberga siete poblaciones que reúnen aproximadamente 27.616 personas, las cuales carecen de adecuados servicios básicos como agua potable, alcantarillado, salud y educación (Restrepo, 2004). Estos asentamientos producen un aporte significativo de desechos domésticos e industriales, considerados de menor escala comparados con los que se generan en las grandes y medianas ciudades, pero que de igual forma son vertidos directamente a la cienaga sin tratamiento previo.

Diferentes investigaciones usan indicadores bacterianos (grupo Coliformes) para evaluar la entrada de descargas a los ambientes marino costeros y la distribución de bacterias patógenas humanas (Ramaiah *et al.*, 2002). Los cuerpos de agua pueden ser contaminados por aguas de desechos y excretas de personas enfermas, las cuales presentan grandes densidades de organismos patógenos. También se ha reportado que personas aparentemente saludables actúan como portadoras de estos organismos (Montiel *et al.*, 2005).

Debido a la importancia ambiental, socioeconómica, turística e histórica de esta ecoregión y teniendo en cuenta las fuentes de vertimiento de aguas residuales domésticas, se consideró necesario evaluar la calidad sanitaria de este cuerpo de agua, para lo cual se usaron los parámetros fisicoquímicos y el grupo indicador de contaminación fecal denominado Coliformes termotolerantes (CTE), antes conocido como Coliformes fecales.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La CGSM es un sistema lagunar estuarino localizado en la costa Caribe colombiana, entre los 10°43' y los 11°00' latitud Norte y los 74°16' y 74°38' longitud Oeste. El área conocida también como llanura deltáica del río Magdalena, se extiende desde el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta el río Magdalena (Restrepo, 2004). Este sistema lagunar debido a sus características ecológicas, hidrológicas y geomorfológicas es uno de los sistemas costeros más productivos del trópico (Cancio *et al.*, 2006). La ciénaga se encuentra permanentemente comunicada con el mar Caribe a través de la Boca de la Barra e indirectamente con el río Magdalena a través de canales naturales y artificiales. Sus aguas poseen una profundidad promedio anual de 1,5 m y una temperatura de 30 °C, en tanto la salinidad varía entre 9 y 33, de acuerdo con dos periodos climáticos mayores: seco (diciembre-mayo) y lluvioso (junio-noviembre), lo que indica un clima tropical árido (Sánchez y Rueda; 1999; Cancio *et al.*, 2006).

En esta área se seleccionaron cinco poblaciones que vierten sus aguas residuales a la CGSM: Tasajera, islas del Rosario, Nueva Venecia, Buenavista y Trojas de Cataca. Las dos primeras se encuentran localizadas sobre la malla vial que atraviesa el complejo lagunar y se designan como poblaciones costeras, mientras las tres restantes son asentamientos humanos organizados en casas construidas sobre pilotes de madera en áreas cenagosas denominadas palafitos (Fig. 1).

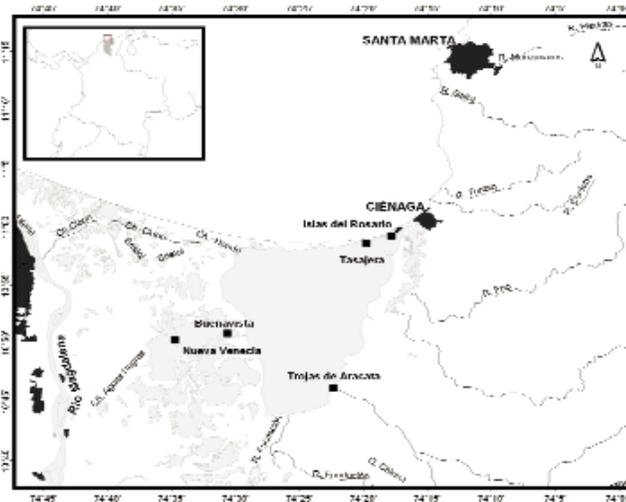


Figura 1. Área de estudio: ubicación de pueblos palafíticos y costeros en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

En las cinco poblaciones de estudio se establecieron puntos de monitoreo georeferenciados, los cuales fueron muestreados bimestralmente durante el periodo 2004-2007. Noventa y una (91) muestras de agua fueron obtenidas a una profundidad de 30 cm aproximadamente de la superficie en botellas de vidrio estériles de 100 mL de capacidad y posteriormente fueron transportadas en refrigeración hasta la unidad de laboratorios del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR para su procesamiento en un periodo no mayor de seis horas después de la recolección (APHA, 1998). Simultáneamente, se realizaron las mediciones de temperatura y salinidad con el equipo portátil YSI EC 300, el oxígeno disuelto y pH se midieron con equipos WTW Oxi 320 y WTW pH 320, respectivamente; las sondas fueron calibradas previamente.

La determinación de la concentración de CTE se llevó a cabo por medio del recuento indirecto en tubos múltiples de fermentación, expresado en el Número Más Probable (NMP) en 100 mililitros de agua, según recomendaciones de los métodos estándar (APHA, 1998).

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Los datos de concentraciones de CTE fueron evaluadas a través de un análisis descriptivo, teniendo en cuenta la distribución espacio temporal de este grupo. Así mismo, se realizó un análisis de correlación lineal con el programa Stat Graphics versión 5.1, para determinar la posible correlación entre las variables fisicoquímicas y la concentración del grupo Coliformes.

RESULTADOS

Durante los cuatro años de monitoreo, las concentraciones máximas de CTE se presentaron en la estación Trojas de Cataca, especialmente en el mes de abril de los años 2004, 2006 y 2007 con valores de 9.000, 8.000 y 7.800 NMP/100 mL, respectivamente. Mientras que los valores más bajos se encontraron en el palafito de Buenavista, con una concentración mínima de 2 NMP/100 mL en diciembre del 2006 (Fig. 2).

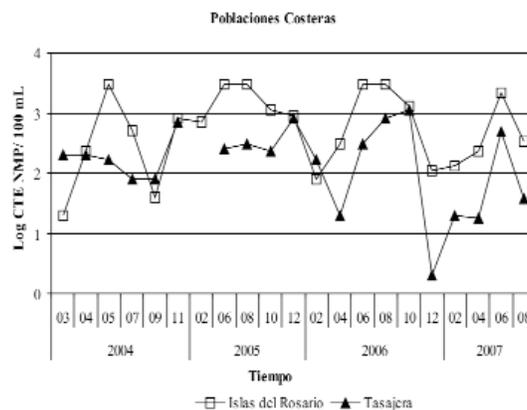


Figura 2. Concentración de Coliformes termotolerantes (CTE) en las poblaciones palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Año 2004-2007.

Los asentamientos costeros, Tasajera e isla del Rosario, mostraron un patrón similar del grupo Coliformes a través del tiempo (Fig. 3), según el coeficiente de Pearson (0,549) y los criterios de calificación exhibieron una correlación de tipo fuerte. Estas estaciones se encuentran influenciadas por el aporte de vertimientos domésticos provenientes de las poblaciones con mayor número de habitantes y por condiciones ambientales similares. Esta característica de correlación no se observó en las poblaciones palafíticas, donde el comportamiento del grupo Coliformes difirió en el transcurso del tiempo.

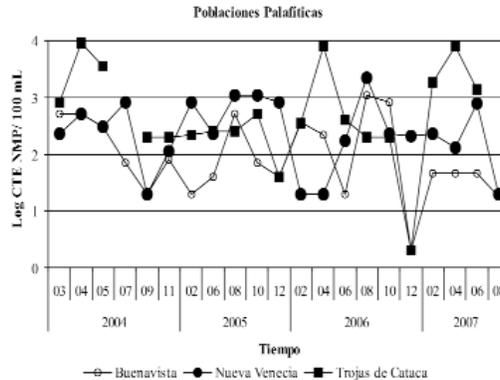


Figura 3. Concentración de Coliformes termotolerantes (CTE) en las poblaciones costeras de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Año 2004-2007.

En la Tabla 1 se reúnen los resultados promedio de las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas de las cinco estaciones durante el tiempo de muestreo. En general, los niveles más bajos de pH, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad se presentaron en la población de Trojas de Cataca, que recibe aguas continentales provenientes del río Aracataca; mientras que las estaciones de Buenavista y Nueva Venecia mostraron los mayores niveles de oxígeno, temperatura y pH. Los asentamientos isla del Rosario y Tasajera presentaron los niveles más altos de salinidad, teniendo en cuenta que están localizados en la zona adyacente a la única conexión directa que tiene el estuario con el mar, denominada La Barra.

Es importante notar que no se evidenció relación directa, ni fuerte de las variables fisicoquímicas (pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) con la concentración de CTE en ninguna de las estaciones. Las relaciones más apreciables fueron observadas en la estación Trojas de Cataca, donde la salinidad y el oxígeno disuelto mostraron una influencia de tipo regular sobre el grupo Coliformes.

DISCUSIÓN

Las concentraciones de CTE en asentamientos de la CGSM son influenciadas principalmente por la descarga directa de los residuos domésticos de las mismas poblaciones, las cuales no cuentan con un sistema de saneamiento básico adecuado para la eliminación de los desechos (Marín *et al.*, 2004). En este caso, el tamaño de la población es un factor determinante en la cantidad de residuos líquidos y sólidos generados, ya que su disposición afecta significativamente la calidad sanitaria del cuerpo de agua.

118 Artículo - *Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia.* Narvéz, et al.

Parámetro	Año	Estaciones				
		Isla de Rosario	Tasajera	Trojas de Cataca	Nueva Venecia	Buenavista
Salinidad	2004	13,35	---	3,10	21,08	19,92
	2005	19,10	16,94	3,72	10,68	10,71
	2006	15,77	16,83	1,22	4,45	5,12
	2007	20,43	12,85	2,40	8,06	8,86
Oxígeno (mg/L)	2004	6,44	---	4,72	7,72	9,18
	2005	7,20	8,82	3,45	8,34	9,17
	2006	6,55	7,48	3,47	8,92	8,43
	2007	7,12	8,28	5,84	9,00	8,84
pH	2004	8,30	---	7,00	8,40	8,48
	2005	8,31	8,56	6,85	8,56	8,68
	2006	8,44	8,52	6,77	8,75	8,78
	2007	8,30	8,52	7,35	8,73	8,77
Temperatura (°C)	2004	29,50	30,10	29,26	31,12	32,18
	2005	29,05	30,82	28,62	31,32	31,79
	2006	30,42	31,50	28,28	31,80	32,18
	2007	31,62	31,03	29,92	30,66	31,79
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	2004	246	207	1002	198	143
	2005	1570	318	336	708	65
	2006	560	110	211	139	119
	2007	384	51	2698	146	36

Tabla 1. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las poblaciones palafíticas y costeras de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Año 2004-2007.

En el caso de Trojas de Cataca, que reportó los mayores niveles de CTE entre los años 2004-2007 y a su vez tiene el menor número de habitantes, sus concentraciones son producto de la influencia del río Aracataca. Este tributario desemboca directamente sobre el palafito trayendo consigo los residuos domésticos vertidos río arriba por el municipio de Aracataca, que supera en más de 200 veces el número de habitantes del palafito (Blanco *et al.*, 2006).

Históricamente, las mayores concentraciones de CTE en Trojas de Cataca se han presentado durante el mes de abril, que corresponde al periodo de época seca mayor en la región (Torres *et al.*, 1999). Éste periodo se caracteriza por el descenso del caudal del río Aracataca, acompañado del cierre de la boca y la reducción de la columna de agua. En esta condición, las poblaciones microbianas no sufren procesos de dilución o dispersión por las descargas continentales y los microorganismos tienden a depositarse y acumularse en los sedimentos, donde pueden ser fácilmente removidos, resuspendidos y generar altas densidades microbianas en la columna de agua (Chigbu *et al.*, 2005).

Los palafitos Nueva Venecia y Buenavista se encuentran localizados en un conjunto de ciénagas denominado Complejo Pajárales, que recibe la influencia del río Magdalena a través del caño Aguas Negras. Esta influencia se ha manifestado en un descen-

so gradual en la salinidad relacionado con el caudal del río, las épocas climáticas y los fenómenos de la niña y el niño (Blanco *et al.*, 2006).

En el caso de los pueblos costeros, el flujo de agua marina que ingresa a través de la Boca de la Barra influye considerablemente sobre el grado superior de salinidad que han presentado ambas estaciones. Estas poblaciones son las de mayor desarrollo y número de habitantes, de manera tal que están potencialmente afectadas por las descargas de los pobladores locales y en menor grado por los vertimientos de aguas residuales del municipio de Ciénaga, ubicado en inmediaciones de isla del Rosario.

En este estudio no se observó correlación directa de los Coliformes con ninguna de las variables fisicoquímicas, pero otras investigaciones han determinado que factores como la salinidad, oxígeno y las radiaciones solares influyen de manera decisiva en la supervivencia de estas bacterias en el ambiente, ya sea por la acción del efecto individual o sinérgico (Chandran y Hatha, 2003; Hughes, 2003; Oli y Krstulovi, 1992).

El estuario CGSM es conocido por su alta productividad biológica, constituyendo la piscicultura y maricultura actividades de gran desarrollo económico de las comunidades (Cancio *et al.*, 2006). Los habitantes de las zonas de los palafitos desarrollan significativamente las actividades de pesca, mientras que los de la región costera trabajan en los cultivos de camarones y jaibas (Espinosa *et al.*, 2006). Como ha sido descrito por varios autores, algunas especies de mariscos tienen la capacidad de concentrar los microorganismos fecales en sus tejidos a través del proceso de filtración del agua (Martínez y Villalobos, 2005) y por lo tanto es necesario determinar las concentraciones de estos microorganismos en el recurso hídrico e hidrobiológico asociado, con el fin de evitar que puedan convertirse en vectores de infecciones alimentarias.

En Colombia al igual como sucede en otros países de América Latina, la ausencia de un sistema de manejo eficiente de excretas y otros residuos domésticos han conllevado a la contaminación de los cuerpos de agua (González *et al.*, 2003). En nuestro caso, con repercusiones a nivel ambiental, ya que constantemente se sobrepasan los valores de CTE establecidos en la normativa colombiana (200 NMP/ 100 mL) para contacto directo (MinAgricultura, 1984, Marin *et al.*, 2004) y se expone a los habitantes a la adquisición de enfermedades gastrointestinales. Esta condición de susceptibilidad, se incrementa debido a la baja calidad y limitada disponibilidad de agua potable. Ejemplo de ello, son las poblaciones palafíticas que obtienen el recurso a partir de fuentes hídricas como el río Aracataca, río Sevilla o río Fundación sin tratamiento adecuado de potabilización.

En general, la calidad sanitaria de la ciénaga ha variado estacional y temporalmente, reportando niveles de CTE superiores a los límites permisibles por la legislación colombiana y de esta forma presentando un riesgo potencial para la salud de los pobladores. Debido a la relevancia ambiental de este sistema es importante continuar el monitoreo teniendo como criterios las fuentes de contaminación, las actividades de piscicultura y maricultura; y la prevención de la población a la exposición de microorganismos entéricos patógenos.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT, entidad que aportó los recursos por medio del BPIN CGSM: 1141000100000. Así mismo, al INVEMAR por

120 Artículo - *Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia.* Narváez, et al.

permitir el desarrollo de la investigación y al equipo científico y técnico del proyecto “Diagnóstico y evaluación de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”.

BIBLIOGRAFÍA

APHA: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for examination of water and waste water. 20 ed. Washington D.C: APHA; 1998.

BLANCO J, RUEDA M, ROJAS C, NARVÁEZ J, VILORIA E, ZAMORA A, *et al.* Evaluación del impacto social y bioeconómico de una pesquería Artesanal multiflota usando puntos de referencia. Santa Marta, INVEMAR. Informe técnico COLCIENCIAS; 2006.

CANCIO E, NARVÁEZ J, BLANCO J. Dinámica poblacional del coroncoro *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Bol Invest Mar Cost. 2006;35:37-58.

CHANDRAN A, HATHA M. Survival of *Escherichia coli* in a tropical estuary. S Pac J Nat Sci. 2003;21:41-46

CHIGBU P, GORDON S, STRANGE T. Fecal coliform bacteria disappearance rates in a north-central - Gulf of Mexico estuary. Estuar Coast Shelf Sci. 2005;65:309-318.

ESPINOSA F, GÓMEZ M, BAEZ A, CADAVID B, ACOSTA J, VEGA D, *et al.* Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los grandes recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta: INVEMAR, Informe técnico final; 2006.

GONZÁLEZ M, TORRES M, CHIROLES S. Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. Revista Cuba, Medio ambiente y Desarrollo. 2003;4:1-5.

HUGHES K. Influence of seasonal environmental variables on the distribution of presumptive fecal coliforms around an Antarctic research station. Appl Environ Microbiol. 2003;69(8):4884-4891.

LIPP E, FARRAH S, ROAN J. Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. Mar Poll Bull. 2001;42:286-293.

MARIN B, GARAY J, RAMÍREZ G, TRONCOSO W, GÓMEZ M, CADAVID B. La calidad química y sanitaria de las aguas de la CGSM y su relación con los bosques de manglar. En: Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: Pasado, presente y futuro. Santa Marta: INVEMAR-Serie de publicaciones generales; 2004. p. 115-133.

MARTÍNEZ R, VILLALOBOS L. *Escherichia coli* enteropatógena en moluscos crudos y cocidos. Rev Cient. 2005;15(2):163-167.

MINAGRICULTURA. Decreto 1594: Disposiciones sanitarias sobre aguas. Bogotá - Colombia: Ministerio de Salud; 1984.

MONTIEL M, ZAMBRANO J, CASTEJÓN O, OLIVEROS C, BOTERO L. Indicadores bacterianos de contaminación fecal y colifagos en el agua de la Laguna de Sinamaica, Estado Zulia, Venezuela. Ciencia. 2005;13(3):1-12.

OLI M, KRSTULOVI N. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity, and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. Mar Poll Bull. 1992;24(8):411-416

RAMAIAH N, KENKRE V, VERLECAR X. Marine environmental pollution stress detection through direct viable counts of bacteria. *Water Res.* 2002;36:2383-2393.

RESTREPO J. Generalidades. En: Garay J, Restrepo J, Solano O, Newmark F, editores. *Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: Pasado, presente y futuro*. Santa Marta: INVEMAR-Serie de publicaciones generales; 2004. p. 33-38

RIVERA-MONROY V, MANCERA-PINEDA E, TWILLEY R, CASAS-MONROY O, CASTAÑEDA-MOYA E, RESTREPO J, *et al.* Estructura y función de un ecosistema de manglar a lo largo de una trayectoria de restauración: el caso de la Región Ciénaga Grande de Santa Marta. Contrato 429-97 Minambiente/INVEMAR/COLCIENCIAS/University of Louisiana at Lafayette. Santa Marta: INVEMAR, Informe técnico final; 2001.

SÁNCHEZ C, RUEDA M. Variación de la diversidad y abundancia de especies ícticas dominantes en el delta del río Magdalena, Colombia. *Rev Biol Trop.* 1999;47(4):1067-1079.

TORRES L, SANTOS A, ACERO A. Reproducción de *Bairdiella ronchus* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Rev Biol Trop.* 1999;47(3):553-560.

