

CONTAMINACIÓN MARINO-COSTERA EN COLOMBIA

Jesús A. Garay T., M. Sc., Bienvenido Marín Z., Dr. rer. nat. y Ana María Vélez G.*

PROBLEMÁTICA ACTUAL

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 forma, 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, 2001). Para hacer un análisis profundo de dicha problemática es necesario empezar por identificar las fuentes en las cuales se originan los contaminantes, las vías por donde estos llegan a los estuarios y al mar, los flujos y la dinámica que experimentan en el medio marino y la manera como afectan a los ecosistemas y los pobladores costeros.

Otro componente de la problemática ambiental de los ecosistemas marinos en el país, reside en que no existen en general normativas sobre la calidad química y sanitaria para sus aguas marinas, lo cual limita la categorización de dichos ecosistemas de acuerdo con su calidad ambiental, condicionando esto la falta de mecanismos adecuados y efectivos para mitigar las causas que originan el deterioro de la calidad de los litorales colombianos.

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN QUE AFECTAN LA ZONA COSTERA

Se considera que las principales fuentes de contaminación que afectan las zonas costeras colombianas se dividen en: directas (Externas), indirectas y autóctonas, tal como se muestra en la tabla 20.

* Investigadores, Programa Calidad Ambiental Marina - INVEMAR

Tabla 20. Principales fuentes de contaminación que afectan las zonas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano

FUENTES DIRECTAS (EXTERNAS)	FUENTES INDIRECTAS	FUENTES AUTÓCTONAS
- Descargas industriales - Aguas servidas urbanas - Aportes de los ríos - Vertimientos de buques - Lixiviados de basuras - Residuos sólidos	- Demanda béntónica en áreas contaminadas como las bahías de Cartagena, Buenaventura y Tumaco (Sedimentos)	- Materia orgánica muerta (Fitoplánton) en áreas eutrofizadas

Tomado de Garay *et al.* (1997)

DIAGNÓSTICO

FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y VÍAS DE ENTRADA

Región Caribe continental

Las áreas costeras de la región del Caribe presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, agroquímicos, descargas de los ríos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y llegan directamente o a través de los ríos a las aguas costeras. Tal es el caso del río Magdalena, que drena la hoya hidrográfica del mismo nombre, constituida por 31 afluentes, de los cuales el Cauca y el Bogotá, son los mayores receptores y conductores de toda clase de contaminantes.

Desechos domésticos:

Las aguas servidas han sido identificadas como el mayor contaminante que afecta el medio costero del Caribe colombiano (Garay, 2001a). Según estadísticas del presente estudio, en total 472653 m³/día de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento son arrojadas a las zonas marino-costeras del Caribe colombiano (Tabla 21 y figura 31), representadas en residuos líquidos de 3073483 habitantes de las 26 principales ciudades y asentamientos humanos costeros (DANE, 2000), siendo los más poblados: Riohacha, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Tolú, Coveñas y Turbo. Los efectos principales se manifiestan por el deterioro de la calidad de las aguas desde el punto de vista sanitario, al punto de convertirse en un problema de salud pública, principalmente en los grandes centros urbanos. Así

mismo, el impacto sobre una actividad productiva como el turismo tiene serias repercusiones socioeconómicas para las ciudades que dependen de ésta actividad.

Tabla 21. Cargas aportadas por los vertimientos domésticos de asentamientos humanos costeros al Caribe colombiano 2001

CARIBE		
POBLACIÓN	Habitantes	3073483
CAUDAL	m ³ /día	472653
Demanda biológica de oxígeno	ton/día	151.23
Sólidos en suspensión	ton/día	91.62
Aceites y grasas	ton/día	59.15
Nitrógeno total	ton/día	31.1
Fosfatos	ton/día	5.62
Detergentes	ton/día	1.08
Coliformes fecales	NMP/día	7.26 E + 19

Fuente población: Proyecciones DANE 2001; fuente caudales: Metroagua, Triple A, Acuar, Cardique, DAMARENA, CRA; fuente cargas : INVEMAR. Proyecto MMA-FONAM- BID 2001

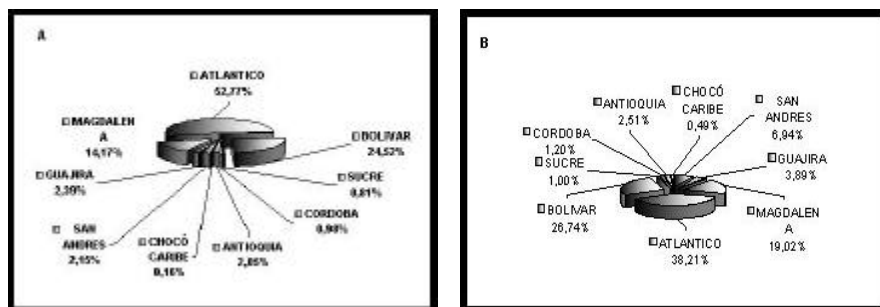


Figura 31. (A) Distribución porcentual de la población costera y (B) Contribución porcentual a los aportes (caudal en m³/día) de aguas servidas urbanas de la población costera en los nueve departamentos del Caribe colombiano

En general, los cerca de tres millones de habitantes que se encuentran en la zona costera aportan al Caribe alrededor de 472653 m³/día de aguas servidas urbanas sin ningún tipo de tratamiento, de los cuales el 65% lo aportan las ciudades costeras de los departamentos de Atlántico y Bolívar, especialmente Barranquilla y

Cartagena, cuya población sumada representa el 77.3% del total de la población costera del Caribe colombiano (Figura 31).

Residuos oleosos provenientes de los buques:

Los residuos oleosos producto de las actividades marítimas y portuarias, representan un gran problema para la región del Caribe colombiano. Actividades como el transporte marítimo de cabotaje, cuyos buques no están bajo el control del Convenio MARPOL (Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación Proveniente de Buques), generan una parte importante de los residuos oleosos eliminados en las zonas costeras y marinas del Caribe, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. En el Caribe colombiano existen 105 muelles en los siete principales puertos y se calcula que aproximadamente unos 7970 barcos arriban anualmente a estos puertos (Garay y Bermúdez, 1995), movilizando un promedio anual de carga de aproximadamente 26 millones de toneladas.

Se calcula, según la metodología OMI (Organización Marítima Internacional), que los buques “no petroleros” generan cerca de 4127 Ton/mes de residuos oleosos entre las aguas de sentinas y los slops, los cuales son botados a las zonas costeras, por no disponer los puertos colombianos de infraestructura para recepción, manejo y disposición final de estos, incluyendo lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordó (Garay y Bermúdez, 1995). Así mismo, la actividad de exploración, explotación, refinación y usos del petróleo, es generadora en forma crónica de contaminación por hidrocarburos (Garay, 1996). Los puertos marítimos con mayor movimiento de buques son también importantes fuentes de estos residuos, tal es el caso, en orden de importancia, de Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Puerto Bolívar y Coveñas y en menor escala, Turbo, Riohacha y San Andrés (Figura 32) (Garay y Bermúdez, 1995).

Vertimientos industriales:

Las descargas de residuos líquidos de las actividades industriales en las zonas costeras del Caribe colombiano se concentran especialmente en Cartagena y Barranquilla a gran escala, mientras que de menor importancia están Puerto Bolívar, Santa Marta, Tolú-Coveñas y Turbo (Garay *et al*, 1997). Se han identificado, además, las categorías mayores de industrias que producen altas cargas contaminantes como: refinerías de petróleo; destilerías; procesadoras y envasadoras de alimentos (especialmente carnes de res, pollo, langostinos y pescado); manufactura de cerveza, licores y bebidas gaseosas; fábricas de pulpa y papel; industria química (orgánica e inorgánica), entre otras. En Cartagena por ejemplo, las procesadoras de pollos y pescados, contribuyen con el 70% del total de las cargas industriales de DBO₅ (Garay, *et al* 1997), mientras que la refinería de petróleo junto con los buques petroleros y no petroleros que arriban al puerto, son responsables del 80% de las cargas contaminantes de petróleo (UNEP/CAR, 1994).



Figura 32. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación y ríos en el Caribe colombiano

De acuerdo con los datos suministrados por el Proyecto UNOPS (Garay *et al*, 1997), la industria aporta 6.02 ton/día de la carga de materia orgánica que recibe la bahía de Cartagena (Tabla 22), 3.9 ton/día de los nutrientes, buena parte de los residuos de aceites, combustibles y fertilizantes que llegan a la misma y la mayor parte de los vertimientos típicamente industriales como carbonatos, amoníaco, fenoles y aguas calientes.

Tabla 22. Cargas aportadas por los vertimientos de residuos líquidos industriales a la bahía de Cartagena en el año 2000

PARÁMETROS		CARGAS
Caudal Total,	m ³ /día	1364132
DBO ₅ ,	ton/día	6.04
Nitrógeno,	ton/día	3.73
Fósforo,	ton/día	0.17
Sólidos Susp,	ton/día	39.3
Aceites y Grasas	ton/día	0.83

Información suministrada por CARDIQUE 2000 y el Proyecto UNOPS (CIOH, 1997)

De acuerdo con datos de 1998 - 1999 de la Cámara de Comercio de Cartagena, existen 620 establecimientos comerciales, de los cuales 29 de ellos son productores de efluentes líquidos en volúmenes significativos, todos ubicados en la costa oriental de la bahía de Cartagena, hacia la que se vuelcan por lo tanto el 100% de los efluentes industriales, algunos de los cuales sin previo tratamiento. Fuera del área de Mamonal, hacia la zona nororiental de la bahía, resultan importantes las descargas de las pequeñas industrias (talleres mecánicos, pinturas, muebles y gaseosas), cuyos vertimientos no se han cuantificado pero que pueden ser de importancia.

El control ejercido sobre los vertimientos industriales de las grandes empresas ha avanzado rápidamente en el último decenio en Cartagena. En los últimos cinco años, el número de empresas controladas a través del “Convenio de Producción Más Limpia”, liderado por el Ministerio del Medio Ambiente - MMA y la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE, cubre la totalidad de las grandes industrias.

Escorrentía de agroquímicos:

En todo el territorio colombiano en la actualidad, se usan cerca de 600 plaguicidas diferentes que en promedio representan alrededor de 33,000 Ton/año, entre organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretrinas (Garay *et al*, 2001a). Los cultivos con mayor demanda de plaguicidas, en su orden son: arroz con el 21%; papa con el 19%; pastos con 14%; banano con el 7%; caña de azúcar con el 6%; café con el 5%; hortalizas 5%; algodón 4%; flores 4%; maíz 4%; tomate 3% y los frutales 3% (MMA, 2000). Principalmente en la gran cuenca hidrográfica del Magdalena y Cauca, la más extensa del territorio y donde se encuentran asentados cerca del 80% de la población de todo el país (Garay, 1993), y cuya influencia finalmente afecta al Caribe. Así mismo, en Cartagena y Barranquilla se fabrican, manufacturan y distribuyen gran parte de estos compuestos, actividades que han generado desde hace 20 años vertimientos importantes a las zonas costeras. En los últimos cuatro años se ha presentado un incremento en la importación, exportación y ventas nacionales de plaguicidas. Por otra parte, la producción nacional se mantiene estable. Los productos de mayor producción en estos años fueron el Propanil (Herbicida), Clorpirifos (Insecticida), Mancozeb (Funguicida), y en ventas nacionales ha sido el Glifosato (Herbicida), Metamidofos (Insecticida) y Mancozeb (MMA, 2000).

Vías de transporte y entrada de contaminantes al mar:

Los ríos son las principales vías de transporte y entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, algunos microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región del Caribe colombiano. Los valores de las cargas de los diferentes parámetros que aportan los ríos al Caribe colombiano se muestra en la tabla 23. En total los 28 principales ríos vierten al Caribe colombiano en promedio 921.4 millones de m³/día de aguas dulces con cargas de contaminantes de diferente índole (Garay, 2001b). Los más importantes

por su caudal, carga de sedimentos e impactos son el río Magdalena (Atlántico) con su brazo el Canal del Dique (Bolívar), los cuales tienen una vasta zona de influencia en el Caribe, llegando a traspasar las fronteras nacionales. Su contribución al aporte en el Caribe es muy significativo, llegando a ser el 71% del caudal total (Figura 33), 88% del aporte de carga en términos de DBO₅ y 93.4% de los aportes de fósforo, entre otros.

Tabla 23. Cargas totales que aportan los ríos al Caribe colombiano

CARIBE		
Caudal	m ³ /seg	10664
Demanda bioquímica de oxígeno	ton/día	2968
Sólidos suspendidos totales	ton/día	308027
Nitrógeno total	ton/día	760
Fosfatos	ton/día	155.6
Organoclorados totales	kg/día	10.6
Hidrocarburos disueltos y dispersos	kg/día	9125.2
Cadmio	g/día	1.6
Plomo	g/día	24.9
Cromo	g/día	0.51
Coliformes fecales x 10 ¹⁵	NMP/día	4116
Coliformes totales x 10 ¹⁵	NMP/día	9355

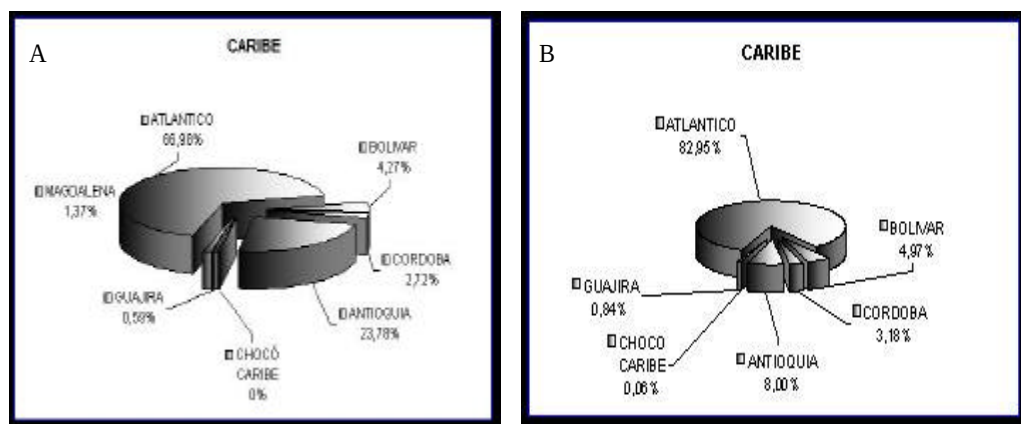


Figura 33. (A) Distribución de los caudales y (B) cargas de DBO aportados por los ríos al Caribe colombiano

Otros ríos de importancia en Caribe son el Sinú, el cual desemboca en el golfo de Morrosquillo y el Truandó, Atrato y León en el golfo de Urabá (Garay, 2001b). El río Magdalena por ejemplo, con un caudal promedio de 7149 m³/s, aporta al Caribe colombiano unas 900000 ton/año de DBO₅, 90 millones de ton/año de SST, 186000 ton/año de nitrógeno total y 47000 ton/año de fósforo total.

Región Caribe insular

Dado el tamaño del territorio y el carácter insular, el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se considera como una zona costera cuyos componentes están estrechamente relacionados entre sí, por lo tanto, cualquier factor que ocasione un impacto negativo sobre la misma, se reflejará de forma directa o progresiva en la calidad del recurso hídrico. En las islas no existen ríos o cursos de agua con caudal permanente y el aporte de agua a éstas se garantiza mediante el ciclo hidrológico. Como el sistema es reducido, ante las fuentes de contaminación el agua se deteriora fácilmente. La capacidad de autodepuración del recurso hídrico soluciona en parte este problema; sin embargo, cuando las acciones antrópicas incontroladas aportan más carga contaminante, el sistema de depuración se debilita drásticamente (Marín, 2001), haciendo más difícil la remediación. (Figura 34)

Desechos domésticos:

La zona costera de la isla de San Andrés está siendo afectada principalmente por los vertimientos directos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, los cuales se deben a un bajo cubrimiento del sistema de alcantarillado. De esta forma, están llegando a las aguas marinas y costeras 14466 m³/día de aguas servidas de la ciudad sin ningún tratamiento (Garay, 2001b), de aproximadamente 62446 habitantes (DANE, 2001). Estos vertimientos representan en términos de cargas que entran a los ecosistemas acuáticos adyacentes a la isla, en promedio 1.91 ton/día de SST, 3.23 ton/día de DBO₅, 1.45 ton/día de aceites y grasas, 0.7 ton/día de nutrientes y aproximadamente 1.49×10^{18} NMP/día de Coliformes fecales (Tabla 24).

Otro problema derivado del anterior se relaciona con la disposición final de parte de esas aguas servidas, a través de la construcción inadecuada de pozos sépticos, permitiendo que las aguas negras se filtren hacia los acuíferos, contaminándolos y finalmente, estas aguas a su vez confluyen al mar (Marín, 2001).

Otros factores también influyen en el deterioro de la calidad de esta zona costera: Inapropiada disposición de los residuos sólidos cuyos lixiviados llegan al mar, vertimientos de aceites lubricantes provenientes de las embarcaciones, alta densidad poblacional, explotación desmesurada de los recursos marinos, deterioro de bosques de manglar, entre otros (Marín y Garay, 2001). El aporte de contaminantes al medio marino causa progresivamente un impacto sobre la calidad

misma del agua creando efectos sobre la salud pública debido a la posibilidad de encontrar microorganismos patógenos, así como efectos estéticos por la contaminación visual y olfativa que se produce y efectos sobre la ecología marina por la presencia de sustancias tóxicas.



Figura 34. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación en la isla de San Andrés

Tabla 24. Resumen de las cargas aportadas por los vertimientos domésticos a las aguas costeras y marinas de las islas de San Andrés y Providencia en el 2001

PARÁMETRO	ISLA DE SAN ANDRÉS	ISLA DE PROVIDENCIA
Población 2001	62446	3500
Caudal, m ³ /día	14466	735
DBO ₅ , ton/día	3.23	0.08
SST, ton/día	1.91	0.07
Aceites y grasas, ton/día	1.45	0.04
NiT, ton/día	0.58	0.02
Fosfatos, ton/día	0.12	0.003
Coliformes fecales, NMP/día	1.49E+18	9.2E+14
Detergentes, ton/día	0.03	0.0002

Por las razones expuestas anteriormente la Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA, implementó desde 1997 una red de monitoreo de la contaminación de las aguas costeras alrededor de la isla de San Andrés. Esta red se diseñó con base en la presencia de vertimientos directos de aguas residuales domésticas, así como el conocimiento previo de zonas contaminadas por grasas y aceites, como es el caso de bahía Hooker. Debido a la importancia que representa la zona costera en su totalidad, la Corporación también implementó redes de monitoreo de manglares, aguas subterráneas, arrecifes y vertimientos y en 1998 extendió el monitoreo de zona costera a la isla de Providencia con base en la presencia de descargas puntuales y de zonas protegidas como el manglar Mc Bean.

Región Pacífico continental

Las áreas costeras de la región del Pacífico, al igual que el Caribe, también presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, agroquímicos, descargas de los ríos y basuras. Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos. Las zonas más afectadas resultan ser las adyacentes a las ciudades o centros urbanos más poblados (Figura 35) y con un nivel de desarrollo mayor como lo son Buenaventura y Tumaco (Marín y Garay, 2001).

Se ha puesto de manifiesto en la región Pacífico el aumento de asentamientos humanos e incremento de la explotación de los recursos naturales, sin adecuados sistemas de tratamiento, lo que coincide con el aumento de fuentes y tipos de contaminantes: físicos (Materiales sólidos, basuras, sedimentos y derrames de hidrocarburos); químicos (Sustancias orgánicas e inorgánicas tales como residuos de petróleo, productos químicos, aguas residuales industriales y domésticas); tóxicos como plaguicidas y metales pesados; y bacteriológicos (Bacterias fecales, patógenos, protozoarios y virus) que involucran microorganismos provenientes esencialmente de aguas servidas y últimamente de las aguas de lastre de los buques que arriban a los puertos (Marín, 2001; Garay, 2001a).

Desechos domésticos:

Las aguas servidas han sido identificadas como uno de los mayores contaminantes que afectan el medio costero del Pacífico colombiano (Garay, 2001b). Según los datos del presente estudio, aproximadamente 87211 m³/día de aguas servidas urbanas sin ningún tipo de tratamiento son arrojadas a las zonas costeras (Tabla 25), representadas en residuos líquidos de cerca 374631 habitantes de las principales ciudades y asentamientos humanos costeros (DANE, 2001), principalmente Buenaventura y Tumaco. De estos datos de vertimientos domésticos el 91.5% lo aportan las ciudades costeras de los departamentos de Valle del Cauca y

Nariño (Figura 36B), especialmente las ciudades de Buenaventura y Tumaco, cuya población sumada representa el 86.6% del total de la población costera del Pacífico colombiano (Figura 36A).



Figura 35. Principales asentamientos humanos, actividades económicas que generan contaminación y ríos en el Pacífico colombiano.

Residuos oleosos provenientes de los buques:

Los residuos oleosos producto de las actividades marítimas y portuarias, representan también un gran problema para la región del Pacífico colombiano. Actividades como el transporte marítimo de cabotaje generan una parte importante de los residuos oleosos eliminados en las zonas costeras y marinas del Pacífico, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. Se calcula que aproximadamente unas 3000 ton de aguas de sentinas son botadas a las zonas costeras por mes, incluyendo lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL abordó. Igualmente, la actividad de exploración, explotación, refinación y usos del petróleo, es generadora en forma crónica de contaminación por

hidrocarburos, principalmente en cercanías de Tumaco (Garay, 1996). Los puertos marítimos con mayor movimiento de buques son así mismo importantes fuentes de estos residuos, tal es el caso, en orden de importancia, de Buenaventura y Tumaco (Garay y Bermúdez, 1995). Por Buenaventura se mueve el 60% de la carga de exportación a nivel nacional.

Tabla 25. Cargas aportadas por los vertimientos domésticos de asentamientos humanos costeros al Pacífico colombiano 2001

PACÍFICO		
Población	Habitantes	374631
Caudal	M ³ /día	87211
Demanda bioquímica de oxígeno	ton/día	16.52
Sólidos suspendidos totales	ton/día	10.7
Aceites y grasas	ton/día	7.43
Nitrógeno total	ton/día	2.97
Fosfatos	ton/día	0.59
Detergentes	ton/día	0.21
Coliformes fecales	NMP/día	6.35+18

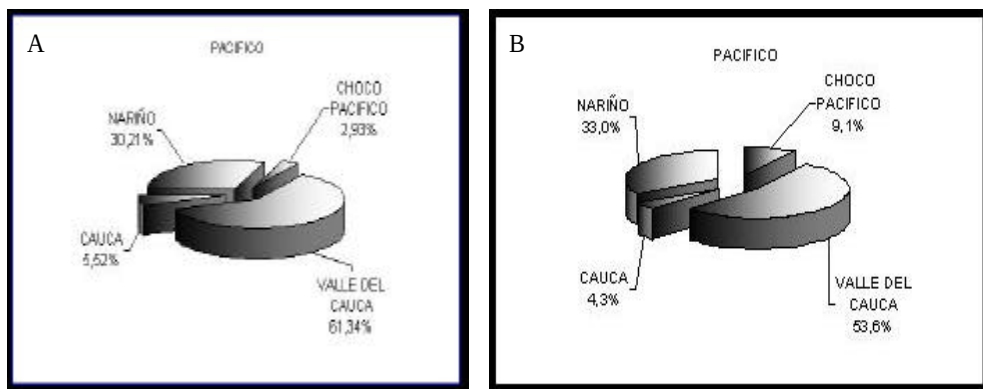


Figura 36. Poblacion de los principales asentamientos humanos costeros del Pacífico (A) y distribución de los caudales de aguas servidas (m³/día) aportados por los mismos al Pacífico colombiano (B)

Vertimientos industriales:

Las descargas de residuos líquidos de las actividades industriales en las zonas costeras del Pacífico colombiano se concentran especialmente en

Buenaventura y Tumaco (Garay, 2001b). Actividades como el procesamiento de alimentos (Pescado y mariscos), la explotación y el tratamiento de madera, representan los mayores problemas de contaminación de este sector.

Escorrentía de agroquímicos:

En todo el territorio colombiano en la actualidad, se usan cerca de 600 plaguicidas diferentes que en promedio representan alrededor de 33000 ton por año, entre organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretrinas (Garay, 2001b). Los cultivos con mayor demanda de plaguicidas, en su orden son: arroz con el 21%; papa con el 19%; pastos con 14%; banano con el 7%; caña de azúcar con el 6%; café con el 5%; hortalizas 5%; algodón 4%; flores 4%; maíz 4%; tomate 3% y los frutales 3% (MMA, 2000). Para el caso del Pacífico, el mayor uso se da en los cultivos de papa en Nariño y en las zonas agrícolas de la cuenca del río San Juan que tiene un impacto sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de los departamentos de Chocó y Valle del Cauca.

Vías de transporte y entrada de contaminantes al mar:

Al igual que en el Caribe, los ríos son las principales vías de entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, algunos microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros de la región del Pacífico colombiano. En la tabla 26 se relacionan las cargas aportadas por los ríos a la costa del Pacífico colombiano.

Tabla 26. Carga total que aportan los ríos de los departamentos costeros del Pacífico colombiano

PACÍFICO		
CAUDAL	m ³ /seg	5047
DBO ₅	ton/día	438.9
SST	ton/día	25801
NTT	ton/día	285.5
PO ₄	ton/día	12.72
OCT	Kg/día	1.07
HDD	Kg/día	2103.2
Cd	G/día	0.42
Pb	G/día	7.36
Cr	G/día	0.28
CFS x 10 ¹⁵	NMP/día	2988
CTT x 10 ¹⁵	NMP/día	10652

En total, los nueve principales ríos vierten al Pacífico colombiano en promedio 5047 m³/s de aguas cargadas de sedimentos y otros contaminantes. Los más importantes por su caudal, carga de sedimentos e impactos, son el San Juan (Chocó), el cual inunda una gran cuenca hidrográfica que incluye parte de los departamentos del Chocó y Valle del Cauca y tiene una vasta zona de influencia en

el Pacífico (Garay, 2001b). Su contribución al aporte en el Pacífico es muy significativa, llegando a ser el 41% del caudal total (Figura 37) y el 22% del aporte de carga en términos de DBO₅. Le siguen en importancia los ríos del departamento del Cauca, Guapi, Iscuandé y Micay, los cuales aportan el 36% del caudal total y el 50% de la carga de DBO que entra al Pacífico colombiano.

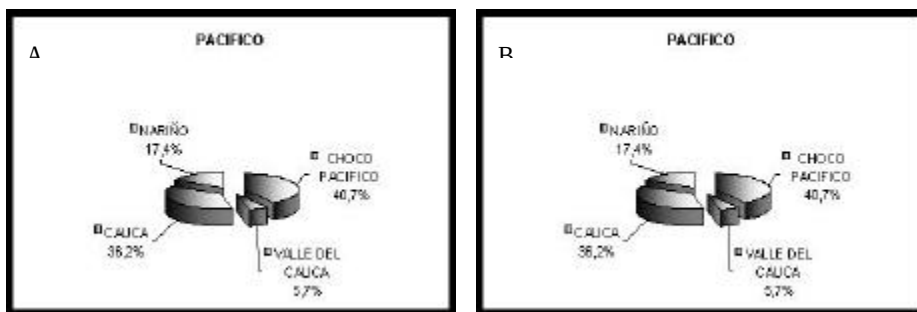


Figura 37. Distribución de los caudales (m^3/seg) (A) y cargas de DBO (B) aportados por los ríos al Pacífico colombiano

CALIDAD DE LA AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS

Los compuestos orgánicos tóxicos como los hidrocarburos aromáticos, los plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y carbamatos, así como los metales pesados y los microorganismos patógenos, constituyen un peligro potencial para los organismos vivos, incluido el hombre, por sus efectos deletéreos y acumulativos en la mayoría de los organismos acuáticos. Compuestos como los organoclorados y los aromáticos usualmente son asimilados por la biota marina y almacenados en los tejidos y órganos grasos y se acumulan a lo largo de la cadena alimenticia. Aunque algunas fracciones de estos compuestos que ingieren los organismos, es excretada al medio en heces y orina, la tasa de excreción es menor que la de acumulación en los organismos acuáticos (Phillips, 1980).

Procesos de fertilización y eutrofización

Las características de las aguas de la costa Caribe colombiana indican cuatro fuentes principales de elementos nutritivos, materia orgánica y agua dulce, que fertilizan o en algunos casos eutrofizan algunas zonas cerradas del Caribe. Estas fuentes están identificadas como el río Magdalena, el canal del Dique, el río Sinú y el golfo de Urabá cuyo principal tributario es el río Atrato. Estas fuentes son las