

# **RAPACTUALIZACIÓN DEL REPORTE TÉCNICO DEL PAC NO. 33**

**FUENTES Y ACTIVIDADES TERRESTRES EN LA REGIÓN DEL GRAN  
CARIBE CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES  
Y EL APOORTE DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS TRIBUTARIA**





## **REPORTE TÉCNICO No. 53 DEL PROGRAMA AMBIENTAL DEL CARIBE**

### **ACTUALIZACIÓN DEL REPORTE TÉCNICO DEL PAC No. 33 FUENTES Y ACTIVIDADES TERRESTRES EN LA REGIÓN DEL GRAN CARIBE**

#### **CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES Y EL APORTE DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS TRIBUTARIAS**

**Septiembre 2010**

Nota:

Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene, no implican, de parte del PNUMA juicio alguno sobre la condición jurídica de Estados, Territorios, ciudades o regiones, ni de sus autoridades, ni respecto a la delimitación de sus fronteras o límites territoriales. Este documento contiene las observaciones expresadas por los autores en su capacidad propia y no necesariamente refleja las observaciones del PNUMA.

©2010 PNUMA



Programa Ambiental del Caribe  
4-20 Port Royal Street  
Kingston, Jamaica

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma para propósitos educativos y no lucrativos sin permiso del autor, una vez que la fuente sea mencionada. El PNUMA agradecería una copia de cualquiera publicación que use este material como una fuente.

No se debe usar esta publicación para la venta o para cualquier otro propósito comercial sin contactar primero con el PNUMA por escrito.

**Para efectos bibliográficos este documento debe ser citado como:**

UNEP-UCR/CEP, 2010. CEP TR No. 52: "Updated CEP Technical Report No. 33 Land-based Sources and Activities in the Wider Caribbean Region"

# TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ACRONIMOS Y ABREVIATURAS .....</b>                                                         | <b>1</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                                                                  | <b>2</b>  |
| <b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                      | <b>8</b>  |
| <b>1. COBERTURA GEOGRÁFICA .....</b>                                                          | <b>10</b> |
| <b>2. COBERTURA DE SANEAMIENTO .....</b>                                                      | <b>12</b> |
| 2.1. POBLACIÓN COSTERA TRIBUTARIA Y AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DISPUESTAS EN LA RGC.....     | 12        |
| 2.2. COBERTURA DE SANEAMIENTO .....                                                           | 15        |
| 2.3.    TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO MÁS APROPIADAS .....                                       | 18        |
| <b>3. CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS. ACTUALIZACIÓN .....</b>                                | <b>22</b> |
| 3.1. CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS DISPUESTAS A LA RGC .....                                | 22        |
| 3.2. MATERIA ORGÁNICA DE ORIGEN DOMÉSTICO.....                                                | 24        |
| 3.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DE ORIGEN DOMÉSTICO .....                                    | 25        |
| 3.4. NUTRIENTES DE ORIGEN DOMÉSTICO .....                                                     | 26        |
| 3.5. COMPARACIÓN CON EL REPORTE TÉCNICO DEL PAC NO. 33 (1994) .....                           | 27        |
| 3.5.1. <i>Materia orgánica</i> .....                                                          | 28        |
| 3.5.2. <i>Sólidos Suspendidos Totales</i> .....                                               | 29        |
| 3.5.3. <i>Nutrientes</i> .....                                                                | 29        |
| <b>4. CARGAS CONTAMINANTES INDUSTRIALES. ACTUALIZACIÓN .....</b>                              | <b>31</b> |
| 4.1. CARGAS CONTAMINANTES INDUSTRIALES DISPUESTAS A LA RGC.....                               | 31        |
| 4.2. MATERIA ORGÁNICA DE ORIGEN INDUSTRIAL .....                                              | 35        |
| 4.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS DE ORIGEN INDUSTRIAL .....                                           | 36        |
| 4.4. NUTRIENTES DE ORIGEN INDUSTRIAL.....                                                     | 37        |
| 4.5. COMPARACIÓN CON EL REPORTE TÉCNICO DEL PAC NO. 33 ORIGINAL .....                         | 38        |
| 4.5.1. <i>Materia orgánica</i> .....                                                          | 39        |
| 4.5.2. <i>Sólidos Suspendidos Totales</i> .....                                               | 39        |
| 4.5.3. <i>Nutrientes</i> .....                                                                | 40        |
| 4.5.4. <i>Observaciones generales comparando los datos de 1994 y los datos actuales</i> ..... | 41        |
| 4.6. VERTIDOS DE HIDROCARBUROS DEL PETRÓLEO .....                                             | 42        |
| 4.6.1. <i>Riesgos de la contaminación industrial por hidrocarburos en la RGC</i> .....        | 43        |
| 4.6.2. <i>Riesgos de las operaciones costa afuera en la RGC</i> .....                         | 44        |
| <b>5. CUENCAS HIDROGRÁFICAS. ACTUALIZACIÓN .....</b>                                          | <b>45</b> |
| 5.1. CARGAS CONTAMINANTES DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DISPUESTAS A LA RGC.....                   | 45        |
| 5.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....                                        | 51        |
| 5.3. NUTRIENTES DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....                                                | 52        |
| 5.4. APORTES DE OTROS CONTAMINANTES A LA RGC .....                                            | 53        |
| 5.5. APORTES DE FUENTES NO PUNTUALES A LA RGC .....                                           | 53        |
| 5.5.1. <i>Uso de fertilizantes y agroquímicos en la RGC</i> .....                             | 54        |
| 5.5.2. <i>Aportes contaminantes de las fuentes no puntuales a la RGC</i> .....                | 59        |
| 5.6. COMPARACIÓN CON EL REPORTE TÉCNICO DEL PAC NO. 33 ORIGINAL .....                         | 63        |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6. CAMBIOS PROYECTADOS EN LAS CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS. ESCENARIOS 2015 Y 2020 .....</b> | <b>64</b> |
| 6.1. CAMBIOS PROYECTADOS EN LA COBERTURA DE SANEAMIENTO.....                                       | 64        |
| 6.2. ESCENARIO 2015 .....                                                                          | 66        |
| 6.2.1. <i>Cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC para el 2015</i> .....              | 67        |
| 6.3. ESCENARIO 2020 .....                                                                          | 70        |
| 6.3.1. <i>Cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC para el 2020</i> .....              | 70        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                                          | <b>74</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>                                                                       | <b>75</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                                                                           | <b>75</b> |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Población costera tributaria, caudal dispuesto de aguas residuales domésticas ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) y el aporte per cápita diario ( $\text{l. hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) en la RGC <sup>8, 14,15,16,17,18,19</sup> .....                                         | 13 |
| Tabla 2. Cobertura de saneamiento en la RGC, la población costera tributaria con cobertura de saneamiento por subregión y efluentes de alcantarillado con algún grado de tratamiento <sup>88,20,21</sup> .....                                                                         | 16 |
| Tabla 3. Emisarios submarinos reportados en países de la RGC <sup>8,24</sup> .....                                                                                                                                                                                                     | 20 |
| Tabla 4. Carga contaminante doméstica ( $\text{t.año}^{-1}$ ) dispuesta por subregión en la RGC <sup>8,9,10,15,17</sup> .....                                                                                                                                                          | 23 |
| Tabla 5. Niveles comparativos de las cargas contaminantes domésticas descargadas en la RGC ( $\text{t.año}^{-1}$ ) reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado <sup>5,8,15</sup> .....                                                        | 27 |
| Tabla 6. Principales actividades industriales en los países de la RGC <sup>8</sup> .....                                                                                                                                                                                               | 32 |
| Tabla 7. Carga contaminante industrial ( $\text{t.año}^{-1}$ ) dispuesta por subregión en la RGC (1997-2008) <sup>8</sup> .....                                                                                                                                                        | 34 |
| Tabla 8. Niveles comparativos de las cargas contaminantes industriales por subregiones en la RGC ( $\text{t.año}^{-1}$ ) reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en el reporte actualizado <sup>5,8</sup> .....                                                       | 38 |
| Tabla 9. Carga contaminante media anual dispuesta en la RGC ( $\text{t.año}^{-1}$ ), área de drenaje ( $\text{km}^2$ ) y el flujo ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) de las cuencas hidrográficas por subregión (2000-2008) <sup>8,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50</sup> ..... | 47 |
| Tabla 10. Aportes contaminantes (SedT, COT, A y G, HPDD, CT) provenientes de las principales cuencas hidrográficas a la RGC en toneladas anuales <sup>8,37,39,40,41</sup> .....                                                                                                        | 53 |
| Tabla 11. Consumo de fertilizantes ( $\text{t.año}^{-1}$ ) por subregión en la RGC en el año 2005 <sup>52</sup> .....                                                                                                                                                                  | 54 |
| Tabla 12. Áreas destinadas a cultivos (ha) por subregión en la RGC <sup>53</sup> .....                                                                                                                                                                                                 | 56 |
| Tabla 13. Promedio anual de uso de plaguicidas ( $\text{t.año}^{-1}$ ) en algunos países de la RGC <sup>5,54</sup> .....                                                                                                                                                               | 58 |
| Tabla 14. Carga sedimentaria estimada ( $\text{t.año}^{-1}$ ) aportada a la RGC (subregiones IV y V) por las fuentes no puntuales de contaminación <sup>57</sup> .....                                                                                                                 | 62 |
| Tabla 15. Cargas sedimentarias estimadas ( $\text{t.año}^{-1}$ ) aportadas por las cuencas hidrográficas en la RGC .....                                                                                                                                                               | 64 |
| Tabla 16. Cambios en la cobertura de saneamiento con y sin conexión a sistemas de alcantarillados en la RGC en el período 1960-2000. No está incluido EUA <sup>59</sup> .....                                                                                                          | 65 |
| Tabla 17. Población costera tributaria y el flujo dispuesto de aguas residuales domésticas ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) a la RGC en el escenario 2015 <sup>8,11,12,59,62,63,64,65</sup> .....                                                                                      | 67 |
| Tabla 18. Estimado de las cargas contaminantes domésticas ( $\text{t.año}^{-1}$ ) dispuestas a la RGC en el escenario 2015 y su comparación con el reporte actualizado <sup>8,11,12,63,64,65</sup> .....                                                                               | 69 |
| Tabla 19. Población costera tributaria y el flujo dispuesto de aguas residuales domésticas ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) a la RGC en el escenario 2020 <sup>8,11,12,63,64,65</sup> .....                                                                                            | 70 |
| Tabla 20.. Estimado de las cargas contaminantes domésticas ( $\text{t.año}^{-1}$ ) dispuestas a la RGC para el año 2020 y su comparación con el reporte actualizado <sup>8,11,12,63,64,65</sup> .....                                                                                  | 72 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Estados y territorios de la Región del Gran Caribe .....                                                                                                                         | 10 |
| Figura 2. División de la RGC en 5 subregiones.....                                                                                                                                         | 11 |
| Figure 3. Porcentaje del caudal dispuesto de aguas residuales domésticas por subregión en la RGC .....                                                                                     | 14 |
| Figura 4. Aportes de materia orgánica de origen doméstico (DBO <sub>5</sub> y DQO) dispuesta por subregión .....                                                                           | 25 |
| Figura 5. Aportes de sólidos suspendidos totales (SST) de origen doméstico por subregión en la RGC (t.año <sup>-1</sup> )...                                                               | 26 |
| Figura 6. Aportes de nutrientes (Nt y Pt) de origen doméstico por subregión en la RGC (t.año <sup>-1</sup> ).....                                                                          | 26 |
| Figura 7. Aportes orgánicos (DBO <sub>5</sub> ) de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación.....                                                                          | 28 |
| Figura 8. Aportes de sólidos suspendidos (SST) de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación<br>con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado ..... | 29 |
| Figura 9. Aportes de nitrógeno total de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el<br>Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado .....           | 30 |
| Figura 10. Aportes de fósforo total de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el<br>Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado .....            | 31 |
| Figura 11. Aportes de materia orgánica (DBO <sub>5</sub> /DQO) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año <sup>-1</sup> ) ....                                                    | 36 |
| Figura 12. Aportes de sólidos suspendidos totales (SST) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año <sup>-1</sup> ) .                                                              | 36 |
| Figura 13. Aportes de nutrientes (NT y PT) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año <sup>-1</sup> ) .....                                                                       | 37 |
| Figura 14. Aportes orgánicos (DBO <sub>5</sub> ) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación .....                                                                       | 39 |
| Figura 15. Aportes de nitrógeno total (NT) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación .....                                                                             | 40 |
| Figura 16. Aportes de fósforo total (Pt) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación .....                                                                               | 41 |
| Figura 17. Movimiento anual y diario de los buques en las 5 áreas de estudio en el 2003 <sup>31</sup> .....                                                                                | 43 |
| Figura 18. Caudal (m.seg <sup>-1</sup> ) y cargas contaminantes (t.año <sup>-1</sup> ) en las principales cuencas de la RGC .....                                                          | 48 |
| Figura 19. Desembocadura del Río Mississippi .....                                                                                                                                         | 49 |
| Figura 20. Cuenca del Mississippi/Atchafalaya, EUA.....                                                                                                                                    | 50 |
| Figura 21. Aporte de agua dulce (m <sup>3</sup> .seg <sup>-1</sup> y %) de los ríos por subregión .....                                                                                    | 50 |
| Figura 22. Comportamiento típico de la “pluma” de descarga de los sedimentos suspendidos del Río Cobre.....                                                                                | 52 |
| Figura 23. Consumo de plaguicidas (t) en la subregión II (Caribe Occidental) en el año 2001 <sup>54</sup> .....                                                                            | 58 |
| Figura 24. Arrecifes coralinos amenazados por sedimentación y contaminación en la RGC .....                                                                                                | 59 |
| Figura 25. Descarga de sedimento y nitrógeno por cuenca hidrológica al Arrecife Mesoamericano (t.año <sup>-1</sup> ) .....                                                                 | 61 |
| Figura 26. Aporte relativo de carga sedimentaria (t.año <sup>-1</sup> ) de fuentes no puntuales a las subregiones IV y V <sup>57</sup> ..                                                  | 63 |

## ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

AMEP: Assessments and Management of Environmental Pollution

CEHI: Instituto Caribeño de Salud Ambiental (*Caribbean Environmental Health Institute*), St Lucia.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, Perú

CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia

CICAR: Grupo de Coordinación Internacional para la Investigación Cooperativa del Caribe y regiones Adyacentes.

CEPPOL: Programa de Evaluación y Control de la Contaminación Marina

CIMAB: Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas, Cuba.

CIRA/UNAN: Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

EPA: Agencia de Protección Ambiental (*Environmental Agency Protection*), USA

FTCM: Fuentes Terrestres de Contaminación Marina

GEF: Fondo Mundial para el Medio Ambiente (*Global Environmental Facility*)

IMA: Institute of Marine Affairs, Trinidad & Tobago

INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Colombia.

IOC-UNESCO: Comisión Oceanográfica Intergubernamental (*Inter-governmental Oceanographic Commission*)

ISTAC: Comité Técnico Asesor Interino del Protocolo de Fuentes Terrestres de Contaminación Marina del Convenio de Cartagena (*Interim Scientific Technician Advisory Committee of the Protocol Concerning to the Pollution from Land-Based Sources and Activities of Cartagena Convention*)

NEPA: National Environmental and Planning Agency, Jamaica

NOAA: Comisión del Océano y la Atmósfera EUA (*U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration*)

OPS: Organización Panamericana de la Salud

PAC: Programa Ambiental del Caribe

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RGC: Región del Gran Caribe

SIDA: Agencia Sueca para el desarrollo internacional (*Swedish International Development Agency*)

SIDS: Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (*Small Island Development State*)

UCR/CAR-PNUMA: Unidad de Coordinación Regional del Programa Ambiental del Caribe

UDO: Universidad de Oriente, Venezuela.

UN: Naciones Unidas

UNOPS: Oficina de Servicios a Programas de las Naciones Unidas

WECAFC: Western Central Atlantic Fisheries Commission

## **AGRADECIMIENTOS**

El Programa Ambiental del Caribe (PAC) desea agradecer las contribuciones de varias personas y organizaciones involucradas en la elaboración de este informe. El PAC reconoce el trabajo del Centro de Actividad Regional para el Protocolo de Fuentes Terrestres de Contaminación Marina del Convenio de Cartagena, el Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CAR/FTCM Cimab) de Cuba que acometió la labor de actualizar el Reporte Técnico No. 33 del CEP para producir este reporte. El trabajo de CAR/FTCM Cimab incluyó el desarrollo de la metodología del proyecto, la colección y recopilación de los datos pertinentes, el análisis de dichos datos y la preparación del informe.

La implementación de este proyecto fue seguida por los participantes en las 11na – 14ava Reuniones Intergubernamentales del Plan de Acción del PAC y en las 8va-10ma Reuniones de los Partes Contratantes de la Convención de Cartagena así como en las 2da-5ta Reuniones del Comité Científico, Técnico y Asesor Interino del Protocolo FTCM.

La metodología usada en este informe fue desarrollada y/o revisada por el CAR/FTCM Cimab y por expertos de la región que participaron en los talleres en Caracas, Venezuela y La Habana, Cuba en los años 2005 y 2006, respectivamente.

Los datos usados en este reporte fueron aportados por los Puntos Focales Gubernamentales nacionales y técnicos del Protocolo FTCM, otros Centros de Actividad Regionales del PAC y por expertos regionales involucrados en el manejo de de fuentes terrestres de contaminación marina.

Se desea agradecer a los Gobiernos de Costa Rica, Guayana Francesa, Jamaica, México, Antillas Holandesa y EE.UU así como al CAR/FTCM Instituto de Asuntos Marinos (IMA) de Trinidad y Tobago, al Instituto de Investigaciones Marino Costeras (INVEMAR) de Colombia, al Proyecto GEF REPCar y a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) por los comentarios y las actualizaciones de las primeras versiones de este informe.

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente reporte es el resultado del cumplimiento del mandato de la Oncena Reunión Intergubernamental del PAC y la Octava Reunión de las Partes Contratantes del Convenio de Cartagena, celebrada en Montego Bay, Jamaica en octubre de 2004 en la cual se tomó la decisión de actualizar el Reporte Técnico No. 33 del Plan de Acción del Caribe con el apoyo financiero de SIDA, a partir de los Reportes Técnicos Nacionales de los países de la RGC, así como reportes y publicaciones de Agencias de Naciones Unidas. El propósito original del proyecto estuvo enfocado en la implementación de políticas nacionales y regionales relacionadas con la evaluación y control de las cargas contaminantes dispuestas a la RGC procedentes de las fuentes y actividades terrestres de contaminación.

El Informe de Actualización del Reporte Técnico No. 33 (1994) fue realizado en el periodo 2005-2010 en dos fases; la primera mediante dos Talleres Regionales de Metodologías para la Estimación de las Cargas Contaminantes Domésticas e Industriales de origen terrestre dispuestas en la RGC celebrados en Caracas y La Habana en los años 2005 y 2006, respectivamente, donde se establecieron los indicadores de calidad ambiental y las metodologías para la estimación de las cargas contaminantes de acuerdo a las capacidades técnicas y financieras de los países de la región. Estas metodologías están dirigidas, a futuros proyectos, bases de datos y programas de monitoreo relacionados con el control de las cargas contaminantes dispuestas en la RGC. La metodología utilizada en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) estuvo basada en el documento "Manejo y Control del Medio Ambiente" WHO/PEP/89.1 del cual se preparó una versión abreviada y ligeramente modificada. Sin embargo, Estados Unidos de América, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EUA utilizaron la metodología de fuentes puntuales de contaminación de NOAA para el Inventario de las Descargas de Contaminación Costera (NCPDI).

En la segunda fase se tuvo en cuenta los Reportes Técnicos Nacionales presentados por Barbados, Belice, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guyana Francesa, Guadalupe, Martinica, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Trinidad y Tobago, y Venezuela, y otras informaciones disponibles hasta el año 2009 para la actualización de las cargas contaminantes dispuestas en la RGC. El resto de las emisiones de cargas contaminantes a la RGC fueron estimadas a partir de las metodologías discutidas y aprobadas en los talleres celebrados en Caracas y La Habana, y las estimaciones de las cargas contaminantes procedentes de las fuentes no puntuales de contaminación.

Este reporte actualizado se agrupa en seis capítulos y presenta una actualización de las cargas contaminantes domésticas y de origen industrial dispuesta en la RGC, la expansión de la cobertura de saneamiento y las facilidades de tratamiento, así como el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias de acuerdo a la información disponible en los países de la región.

Además, presenta los cambios proyectados de las cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC para dos nuevos escenarios en el año 2015 y el año 2020, como cumplimiento a las Metas del Milenio de las Naciones Unidas.

El capítulo 1, referido a la cobertura geográfica, incluye la división de la RGC en cinco subregiones (Golfo de México, Caribe Occidental, Caribe Sur, Caribe Oriental, y Caribe Nororiental y Central) para facilitar la valoración y síntesis de las cargas contaminantes dispuestas a la RGC, y define a los pequeños estados insulares como enteramente costeros y a los extensos estados continentales y a las grandes islas con una zona costera hasta 25 km tierra adentro, de acuerdo a las características de la mayoría de los países de la RGC, con el propósito de estimar la población costera tributaria.

El capítulo 2, referido a la cobertura de saneamiento, estima el tamaño de la población costera tributaria (70 millones de habitantes) y el caudal dispuesto de aguas residuales domésticas a la RGC ( $203 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$ ). Asimismo, discute las características de la cobertura de saneamiento con y sin conexión al alcantarillado sanitario. La cobertura de saneamiento alcanza a 60 millones de habitantes (85%) con una proporción significativa de sistemas caseros, de bajo costo. El aporte diario per cápita (Ipcd) se estima en 209 litros diarios de agua residual doméstica dispuesta por habitante en la RGC.

El capítulo 3, referido a la actualización de las cargas contaminantes domésticas, resume las cargas contaminantes de origen orgánico ( $\text{DBO}_5$  y DQO), por sólidos suspendidos (SST) y nutrientes (NT y PT) dispuestas por cada subregión en la RGC. La comparación entre los datos reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y este reporte actualizado muestra reducciones en los aportes de las cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC, particularmente en los nutrientes, a pesar del progresivo aumento poblacional debido probablemente a una mayor extensión de la cobertura de saneamiento y diferencias en las metodologías utilizadas en ambos reportes. Además, en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) solamente fueron reportados 25 países de la región a diferencia de los 28 estados y 18 territorios dependientes de 4 estados tenidos en cuenta en este reporte actualizado.

El capítulo 4, referido a la actualización de las cargas contaminantes de origen industrial, resume las cargas contaminantes industriales dispuestas por subregión a la RGC. La comparación entre los datos reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y este reporte actualizado muestra, en general, una fuerte reducción en las cargas emitidas, a pesar del progresivo desarrollo industrial como resultado, probablemente, a diferencias en las metodologías utilizadas en ambos reportes y un mejoramiento en las capacidades de tratamiento de los residuales en las refinerías de petróleo, fábricas de azúcar, refinería y destilería de bebidas y licores, procesadoras de alimentos, pulpa y papel, industria química, textiles, industria básica (hierro, acero, maquinarias, metales no ferrosos), jabonería y perfumería, minería, plásticos, tornería, plantas eléctricas, galvanoplastia y otras industrias.

La metodología utilizada en este reporte actualizado incluye el uso de métodos directos mediante la toma de muestras, mediciones de flujo y métodos analíticos normalizados para ensayos de laboratorio. Los métodos indirectos utilizados incluyen los indicadores de producción y consumo, la estimación de factores de emisión, extrapolación, balance de materiales y otros métodos de evaluación rápida. Este capítulo presenta, además, una discusión sobre los vertidos de hidrocarburos a la RGC asociados a la industria, el transporte y las operaciones costa afuera (offshore) pero sin cuantificar las cargas contaminantes por hidrocarburos dispuestas en el medio marino por la carencia de una data confiable. La explotación de petróleo offshore se incrementa en la región, en particular en el Golfo de México, el Caribe Sur y el Caribe Oriental mientras en el Caribe Nororiental y Central se realizan investigaciones para la perforación-exploración offshore.

El capítulo 5, referido a las descargas procedentes de las cuencas hidrográficas tributarias, resume los aportes de las cargas contaminantes a la RGC aunque la información está incompleta por la carencia de datos acerca de las cargas contaminantes aportadas por las cuencas de Mississippi y Orinoco, y otras cuencas menores. La comparación entre los datos reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y este reporte actualizado muestra un incremento en las cargas contaminantes propio de una mayor explotación en las cuencas y, probablemente, a diferencias en la metodología de estimación. Se discuten los problemas asociados al manejo incorrecto de las cuencas como resultado de largos períodos de economías agrícolas, asentamientos humanos y el creciente desarrollo industrial a expensas de las tierras de uso forestal. Asimismo, reporta los resultados de los estudios realizados en el arrecife mesoamericano (Belice, Guatemala y Honduras), el Caribe Oriental y el Caribe Nororiental y Central que resumen el aporte de sedimentos y de nutrientes en la RGC procedente de las fuentes no puntuales de contaminación.

El capítulo 6 muestra los cambios proyectados en las cargas contaminantes domésticas en los años 2015 y 2020, basado en la tendencia hacia el cumplimiento de las Metas del Milenio. Al comparar los valores proyectados de las cargas domésticas con los datos reportados en el reporte actualizado se observan ligeros incrementos de estas cargas a pesar del gradual incremento estimado de la población. Esto demuestra la importancia de cumplir con las Metas del Milenio de las Naciones Unidas para la RGC con relación al manejo de las aguas residuales domésticas.

La tabla descrita abajo muestra las cargas contaminantes totales dispuestas en la RGC por la actividad urbana e industrial, el área de drenaje de las cuencas tributarias y el flujo total aportado por las fuentes y actividades terrestres y las cuencas tributarias de acuerdo a la información disponible. Al Golfo de México descargan los flujos más pequeños por área drenada, con un flujo de  $0.006 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}.\text{km}^{-2}$ , debido probablemente a una escasa pluviosidad en las cuencas tributarias y un apropiado uso y manejo de la tierra que reduce la escorrentía. Al Caribe Sur descargan los mayores flujos ( $0.035 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}.\text{km}^{-2}$ ), indicativo probablemente de una mayor pluviosidad en las cuencas tributarias, así como un inapropiado uso y manejo de la tierra. En el resto, el flujo descargado a la RGC se comporta de acuerdo al tamaño del área de drenaje.

**Tabla. Cargas contaminantes totales dispuestas en la RGC, área de drenaje (km<sup>2</sup>) y flujo (m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>) aportado**

| RGC                          | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Flujo <sup>1</sup><br>(m <sup>3</sup> .seg <sup>-1</sup> ) | Carga media anual (t.año <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>3</sup> |                     |                |              |                  |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|--------------|------------------|
|                              |                                    |                                                            | DBO <sub>5</sub>                                           | DQO                 | SST            | NT           | PT               |
| Golfo de México              | 4, 508,020                         | 29,100                                                     | 318 <sup>2</sup>                                           | 669 <sup>2</sup>    | 217,213        | 1,678        | 164              |
| Caribe Occidental            | 291,439                            | 3,004                                                      | 427                                                        | 1,851               | 5,819          | 15           | 5                |
| Caribe Sur                   | 1, 278,743                         | 3,364                                                      | 3,364 <sup>3</sup>                                         | 14,670 <sup>3</sup> | 202,383        | 644          | 125 <sup>3</sup> |
| Caribe Oriental              | 105,242                            | 1,004                                                      | 210                                                        | 389                 | 56             | 3            | 1                |
| Caribe Nororiental y Central | 378,871                            | 3,055                                                      | 722                                                        | 2,780               | 7,688          | 36           | 13               |
| <b>Total</b>                 | <b>6, 500,000</b>                  | <b>81,203</b>                                              | <b>5,000</b>                                               | <b>20,000</b>       | <b>433,000</b> | <b>2,400</b> | <b>300</b>       |

<sup>1</sup>No está incluido el flujo de las aguas residuales industriales por la carencia de datos.

<sup>2</sup> No incluye los aportes orgánicos de las cuencas de la subregión I por la carencia de datos.

<sup>3</sup>No incluye los aportes orgánicos y el aporte de fósforo de la cuenca del Río Orinoco por la carencia de datos.

Las conclusiones son:

- La cobertura de saneamiento en la RGC se ha incrementado desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y alcanza el 85% de la población costera tributaria, facilitado por el uso intensivo de tecnologías de saneamiento más apropiadas, de bajo costo.
- Las cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC han disminuido desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994), destacándose la reducción en nutrientes. Sin embargo, se requiere una mayor reducción y control de la contaminación mediante la materialización de la voluntad política de los gobiernos a los diferentes niveles (nacional, regional y local) que impulse el fortalecimiento institucional y la concientización ciudadana, así como una mayor inversión y soporte técnico al sector de saneamiento básico.
- Las cargas contaminantes industriales dispuestas en la RGC han disminuido significativamente desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994). Sin embargo, se requiere una mayor reducción y control de la contaminación, mediante la fiscalización por parte de las autoridades competentes del cumplimiento de las normas de vertimiento de residuales aprobadas y establecidas en los países de la región, un mayor fortalecimiento institucional y la concientización de la gerencia empresarial, así como una mayor inversión y soporte técnico del sector industrial con el objetivo de impulsar la implantación de las normas: Norma Internacional ISO 14001:2004 “Sistemas de Gestión Ambiental-Requisitos con orientación para su uso”
- La carga sedimentaria es la principal contribución de contaminantes de las cuencas tributarias a la RGC y se requieren mejores prácticas de manejo en las cuencas altas para el control de la escorrentía agrícola y la reducción de las tasas de erosión lo que permitirá un

efectivo control de los sedimentos y la reducción de la carga de nutrientes que pueden llegar asociados a estas vías.

- Los datos reportados sugieren que los mayores aportes de cargas anuales de SST y de PT provienen de la subregión I (Golfo de México) y la subregión III (Caribe Sur). Sin embargo, los datos también muestran que los más bajos valores de cargas anuales de DBO<sub>5</sub>, DQO y NT provienen de la subregión I (Golfo de México) lo que es sorprendente dado que esta subregión aporta los mayores flujos de aguas residuales domésticas a la RGC (49%). Quizás esto es debido a que la subregión I exhibe altos índices de manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas. Por otro lado, las relativas altas cargas medias anuales de la subregión III (Caribe Sur) pueden ser el resultado de los mayores escurrimientos generados en un kilómetro cuadrado de área ( $0.035 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) comparado con otras subregiones (rango:  $0.006 - 0.010 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) causando un incremento en la erosión y en el transporte de contaminantes.

Entre las recomendaciones se encuentran:

- Promover el uso de modelos matemáticos y otras técnicas de evaluación para estimar las cargas contaminantes procedentes de las fuentes no puntuales de contaminación a la RGC y facilitar el cumplimiento del Anexo IV del Protocolo FTCM, en lo referido a la evaluación de las fuentes no puntuales de contaminación agrícola.
- Promover la asistencia a los países de la RGC en las áreas de estandarización de la metodología, análisis e interpretación de la data, el uso compartido de la información, el completamiento de la cobertura de saneamiento y el desarrollo de capacidades para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo.
- Dado las limitaciones en los recursos disponibles y la complejidad de evaluar la carga contaminante directamente, sobre todo de las fuentes no puntuales, debe identificarse y usarse indicadores alternativos de cargas del contaminante y sus impactos en el medio ambiente marino.
- Los escenarios 2015 y 2020, con ligeros incrementos en la carga contaminante doméstica, a pesar del incremento estimado en la población costera tributaria, demuestra la importancia de expandir la cobertura de saneamiento y las facilidades de tratamiento en los países de la RGC como cumplimiento a las Metas del Milenio de Naciones Unidas y cumplir los límites de efluentes establecidos en el Anexo III del Protocolo FTCM del Convenio de Cartagena.

## INTRODUCCIÓN

La Región del Gran Caribe (RGC) recibe el aporte de las cargas contaminantes domésticas e industriales y de las aguas de escorrentía procedentes de las cuencas hidrográficas a través de fuentes puntuales y fuentes no puntuales de contaminación. Las aguas residuales domésticas y la contaminación por nutrientes procedentes de las fuentes agrícolas constituye la mayor amenaza al hábitat costero. Es esencial para los países de la región reducir y controlar las fuentes de contaminación para proteger la salud humana y los recursos marinos bajo los Protocolos FTCTM y Derrames de Hidrocarburos pertenecientes al Convenio de Cartagena. Este reporte actualizado es la segunda valoración de las cargas contaminantes dispuestas a la RGC y proyecta mostrar su tendencia después de las estrategias de manejo que se han implementado en la región desde la publicación del reporte original en 1994.

En décadas recientes, se ha evidenciado la toma de conciencia ciudadana frente al incremento en los niveles de contaminación marina en la región y se han emprendido estudios de diagnóstico de las fuentes y actividades terrestres, así como la preparación de instrumentos legales para la prevención y control de la contaminación marina.

En el año 1973 el CICAR auspiciado por la COI-UNESCO y en cooperación con el PNUMA y la Comisión de la Pesca para el Atlántico Centro Occidental (COPACO) de la FAO, recomienda la celebración de un taller para evaluar los problemas de la contaminación marina <sup>1</sup>. De este taller se derivó un proyecto para vigilar la contaminación causada por hidrocarburos en la RGC.

En el año 1981 se adoptó el Plan de Acción del Caribe (PAC), que sentó las bases para la adopción en marzo de 1983 en Cartagena de Indias, Colombia, del “Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe”, conocido como el Convenio de Cartagena, que entró en vigor en el año 1986 conjuntamente con el “Protocolo Relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe” <sup>2</sup>.

En el año 1987 se celebró en Guadalupe la Cuarta Reunión Intergubernamental del Plan de Acción del PAC y la Primera Reunión de las Partes Contratantes del Convenio de Cartagena donde se adoptó la Evaluación y Control de la Contaminación Marina como una de sus acciones principales para la RGC <sup>3</sup>.

En el año 1989 se celebró un taller en San José, Costa Rica, auspiciado por PNUMA-PAC-COI-UNESCO, en el que se propuso un Programa, denominado CEPPOL, para la Evaluación y Control de la Contaminación Marina en la RGC que se inició en el año 1990 y donde el control de las fuentes terrestres de contaminación doméstica, industrial y agrícola se convirtió en una de sus actividades más importantes <sup>4</sup>.

En el año 1994 se presentó el Reporte Técnico del PAC No. 33 que resume los resultados de la actividad del Programa CEPPOL, en particular los inventarios de las fuentes y actividades terrestres en 25 países de la región con una perspectiva regional, las diferencias subregionales y la evaluación de las principales cargas contaminantes que afectan a la RGC <sup>5</sup>.

El 6 de octubre de 1999 en Oranjestad, Aruba se adoptó el “Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres”, conocido como el Protocolo FTCM, del Convenio de Cartagena con el propósito de enfrentar los problemas que plantean los contaminantes que penetran en la zona de aplicación del Convenio <sup>6</sup>.

En septiembre del año 2000, 191 naciones aprobaron la Declaración del Milenio, la cual ha definido los asuntos vinculados con la paz, la seguridad y el desarrollo, incluyendo áreas como el medio ambiente, los derechos humanos y la gobernabilidad como preocupaciones centrales para el desarrollo humano. Como consecuencia, se acordaron los Objetivos de Desarrollo de la Declaración del Milenio y dentro del objetivo de “Garantizar la Sostenibilidad del Medio Ambiente” se han incorporado las metas para la región de “Reducir a la mitad para el año 2015 la proporción de personas que no tienen acceso a agua potable segura y servicios de saneamiento” y “Para el año 2020 haber logrado una mejora considerable en las vidas de, por lo menos, 100 millones de habitantes de barrios marginales”. Además, se incorporó como meta complementaria para América Latina y el Caribe, la reducción al 50% de los habitantes que no tienen acceso a sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales para el año 2015 <sup>7</sup>.

En este marco se ha desarrollado el presente estudio cuyo objetivo es presentar la Actualización del Reporte Técnico del PAC No. 33 de 1994 con relación a las cargas contaminantes domésticas y de origen industrial dispuestas en la RGC, unido a la expansión de la cobertura de saneamiento y las facilidades de tratamiento, así como el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias a partir de los Reportes Técnicos Nacionales presentados por Barbados, Belice, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guyana Francesa, Guadalupe, Martinica, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Trinidad y Tobago, y Venezuela, así como otros reportes y publicaciones de Agencias de Naciones Unidas <sup>8,9,10</sup>. Además, se presentan los cambios proyectados en las cargas contaminantes domésticas en la región para dos nuevos escenarios en el año 2015 y el año 2020, en cumplimiento a las Metas del Milenio de las Naciones Unidas.

El reporte actualizado fue presentado en el Taller “Red Regional en Ciencias y Tecnologías Marinas para el Caribe: *Know-why Network*” y el Taller Regional “Taller Final de Lecciones Aprendidas del Proyecto GEF sobre Rehabilitación de Bahías Fuertemente Contaminadas y Verificación Regional de Proyectos GEF CReW” celebrados en La Habana en marzo y noviembre del año 2009, respectivamente. El reporte fue revisado en dos ocasiones por los países de la región para su mejora y completamiento, y fue discutido, asimismo, en la Reunión del ISTAC celebrada en Panamá en el mes de mayo del 2010.

## 1. COBERTURA GEOGRÁFICA

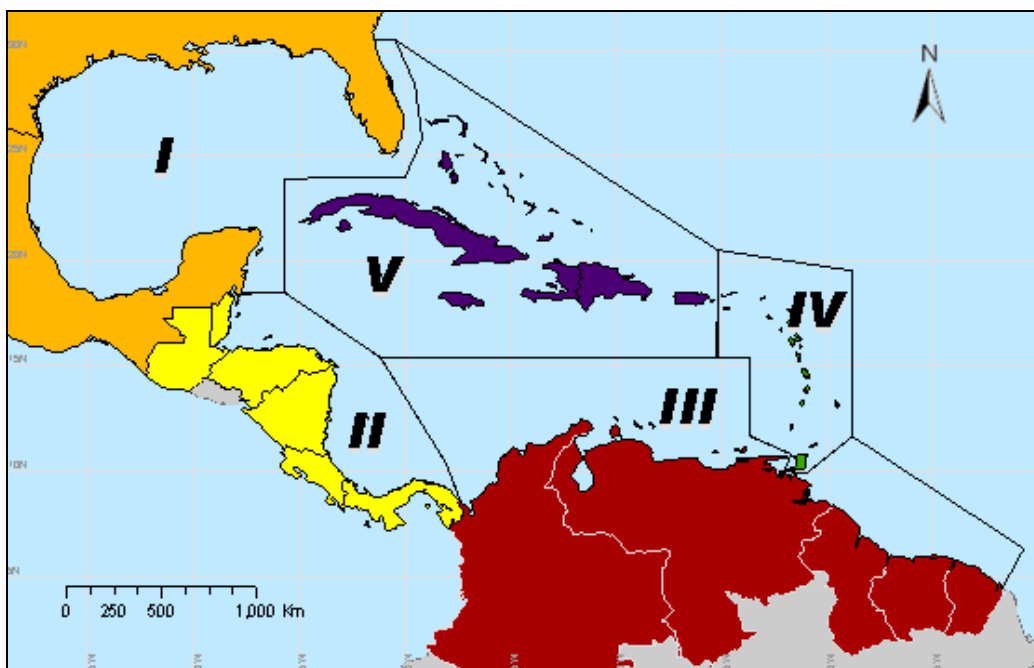
El Convenio de Cartagena define a la Región del Gran Caribe como el medio marino del Golfo de México, el Mar Caribe y las zonas adyacentes del Océano Atlántico al Sur de los 30° de Latitud Norte y dentro de las 200 millas marinas de las costas atlánticas de los estados signatarios del Convenio (Figura 1). La RGC está integrada por 28 estados y 18 territorios dependientes de 4 estados.



Figura 1. Estados y territorios de la Región del Gran Caribe

La RGC se ha dividido en cinco subregiones con el propósito de facilitar la búsqueda, análisis y compilación de la información a la cual se tuvo acceso y el cumplimiento del mandato de la Oncena Reunión Intergubernamental del Plan de Acción del Caribe, relativo a la Actualización del Reporte Técnico No. 33 del PAC sobre las cargas contaminantes domésticas y de origen industrial dispuestas a la región y el aporte de las cuencas hidrográficas <sup>11</sup> (Figura 2).

Los pequeños estados insulares de la RGC con áreas marinas extensas y acceso restringido a múltiples recursos son considerados enteramente costeros mientras que los extensos estados continentales y las grandes islas extienden su zona costera hasta 25 km tierra adentro, de acuerdo a las características de la mayoría de los países de la RGC, con el fin de estimar la población costera tributaria.



**Figura 2. División de la RGC en 5 subregiones**

**Subregión I Golfo de México;** comprende a Estados Unidos de América y México.

**Subregión II Caribe Occidental;** comprende los países de América Central con costas al Mar Caribe: Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

**Subregión III Caribe Sur;** comprende los países del Continente Suramericano: Colombia, Venezuela, Guyana, Guyana Francesa, Surinam, Aruba y las Antillas Holandesas.

**Subregión IV Caribe Oriental;** comprende las islas Anguila, Antigua y Barbuda, Barbados, Islas Vírgenes Británicas, Dominica, Granada, Guadalupe, Martinica, Montserrat, Sta. Lucía, San Martín, San Bartolomé, San Kitts y Nevis, San Vicente y Las Granadinas, Islas Vírgenes de EE.UU y Trinidad y Tobago.

**Subregión V Caribe Nororiental y Central;** comprende a Bahamas, Islas Caimán, Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica, Puerto Rico y las Islas Turcas y Caicos.

El turismo es una de las principales actividades económicas en los países de la RGC. Las subregiones II, III, IV y V albergan menos del 1% de la población mundial y cada año reciben cerca del 6% de los turistas a nivel mundial. Esta actividad económica, que representa entre el 30-50 % del Producto Interno Bruto (PIB) sin considerar la subregión I, presiona gravemente la sostenibilidad de los ecosistemas costeros <sup>12</sup>. El aporte de las cargas contaminantes procedentes de la actividad turística y su población temporal no forma parte de los objetivos de este reporte actualizado, incluido la contaminación por residuos sólidos pero deben ser considerados en futuros proyectos regionales a causa de su impacto en la calidad ambiental de la RGC.

## **2. COBERTURA DE SANEAMIENTO**

### **2.1. Población costera tributaria y aguas residuales domésticas dispuestas en la RGC**

Las aguas residuales domésticas comprenden todas las descargas procedentes de hogares, comercios, hoteles y de cualquier otra entidad cuyas descargas incluyan las aguas vertidas de los retretes (aguas negras), descargas de duchas, lavabos, cocinas y lavaderos (aguas grises) o descargas de las pequeñas industrias, siempre que su composición y calidad sean compatibles con su tratamiento en los sistemas de aguas residuales domésticas <sup>6</sup>.

En el cálculo del flujo de aguas residuales domésticas dispuestas en la RGC se aplica un método indirecto que considera el aporte per cápita de agua potable suministrada por cada país, el tamaño de la población costera tributaria, el tipo y extensión de la cobertura de saneamiento, y un coeficiente de retorno al alcantarillado de 0.8. Para la población servida con tecnologías de saneamiento locales, de bajo costo, y para aquellas poblaciones ausentes de cobertura de saneamiento se consideró un coeficiente de retorno de 0.5. La suma de ambos flujos representa el flujo total de aguas residuales domésticas dispuesto en la RGC por cada país. Los Reportes Técnicos Nacionales de 15 países contienen los flujos de aguas residuales domésticas dispuestos en la RGC.

La tabla 1 muestra la población costera tributaria estimada (tamaño de la población hasta 25 km de la costa en los países continentales y las grandes islas, de acuerdo a las características de la mayoría de los países de la región, y la población total en las pequeñas islas), el flujo dispuesto de aguas residuales domésticas a la RGC en metros cúbicos por segundo y el aporte per cápita de aguas residuales domésticas descargado en la zona costera en litros por habitante por día (Ipcd).

La población costera tributaria a la RGC se estima en 70 millones de habitantes. La subregión V (Caribe Nororiental y Central) con 27 millones de habitantes constituye la mayor población costera tributaria seguido de la subregión I (Golfo de México) con 21 millones de habitantes, mientras que las subregiones II (Caribe Occidental) y IV (Caribe Oriental) con cerca de tres millones per cápita, son las menos pobladas.

El aporte per cápita diario (Ipcd) alcanza 209 litros de agua residual doméstica dispuesta por habitante en la RGC. Estados Unidos de América muestra los mayores flujos dispuestos a la RGC con 88 metros cúbicos por segundo y un Ipcd de 486, influido por el alto índice de consumo de agua de alrededor de 600 litros por habitante por día y una cobertura de alcantarillado de 100%.

**Tabla 1. Población costera tributaria, caudal dispuesto de aguas residuales domésticas ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) y el aporte per cápita diario ( $\text{l. hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) en la RGC** <sup>8, 14,15,16,17,18,19</sup>

| Países y territorios      | Población costera tributaria x $10^3$ | Flujo dispuesto en RGC ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) | Aporte per cápita diario ( $\text{l.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión I</b>        |                                       |                                                         |                                                                  |
| Estados Unidos de América | 15, 677                               | 88.26                                                   | 486                                                              |
| México                    | 5, 372                                | 12.02                                                   | 193                                                              |
| <i>Subtotal</i>           | <i>21, 049</i>                        | <i>100.28</i>                                           | <i>412</i>                                                       |
| <b>Subregión II</b>       |                                       |                                                         |                                                                  |
| Belice                    | 156                                   | 0.33                                                    | 182                                                              |
| Guatemala                 | 124                                   | 0.19                                                    | 129                                                              |
| Honduras                  | 1,364                                 | 0.74                                                    | 47                                                               |
| Nicaragua                 | 147                                   | 0.11                                                    | 67                                                               |
| Costa Rica                | 188                                   | 0.30                                                    | 131                                                              |
| Panamá                    | 901                                   | 2.85                                                    | 273                                                              |
| <i>Subtotal</i>           | <i>2,880</i>                          | <i>4.52</i>                                             | <i>138</i>                                                       |
| <b>Subregión III</b>      |                                       |                                                         |                                                                  |
| Colombia                  | 4, 588                                | 6.98                                                    | 131                                                              |
| Venezuela                 | 10,101                                | 31.24                                                   | 267                                                              |
| Guyana                    | 600                                   | 0.68                                                    | 98                                                               |
| Guyana Francesa           | 215                                   | 0.18                                                    | 138                                                              |
| Surinam                   | 386                                   | 0.45                                                    | 101                                                              |
| Aruba                     | ND                                    |                                                         |                                                                  |
| Antillas Holandesas       | 194                                   | 0.29                                                    | 129                                                              |
| <i>Subtotal</i>           | <i>16,084</i>                         | <i>39.82</i>                                            | <i>215</i>                                                       |
| <b>Subregión IV</b>       |                                       |                                                         |                                                                  |
| Anguila                   | 13                                    | 0.01                                                    | 95                                                               |
| Antigua y Barbuda         | 69                                    | 0.08                                                    | 95                                                               |
| Barbados                  | 280                                   | 0.33                                                    | 101                                                              |
| Islas Vírgenes Británicas | 23                                    | 0.03                                                    | 102                                                              |
| Dominica                  | 69                                    | 0.08                                                    | 95                                                               |
| Granada                   | 90                                    | 0.10                                                    | 100                                                              |
| Guadalupe                 | 416                                   | 0.43                                                    | 90                                                               |
| Martinica                 | 436                                   | 0.51                                                    | 100                                                              |
| Montserrat                | 91                                    | 0.10                                                    | 92                                                               |
| St. Lucía                 | 168                                   | 0.19                                                    | 100                                                              |
| San Martín                | ND                                    |                                                         |                                                                  |
| San Bartolomé             | ND                                    |                                                         |                                                                  |
| San Kitts y Nevis         | 39                                    | 0.04                                                    | 98                                                               |
| Islas Vírgenes EUA        | 109                                   | 0.25                                                    | 200                                                              |
| Trinidad y Tobago         | 1,066                                 | 1.38                                                    | 112                                                              |
| S.V. y las Granadinas     | 118                                   | 0.14                                                    | 99                                                               |
| <i>Subtotal</i>           | <i>2, 987</i>                         | <i>3.67</i>                                             | <i>106</i>                                                       |

| Países y territorios  | Población costera tributaria x 10 <sup>3</sup> | Flujo dispuesto en RGC (m <sup>3</sup> .seg <sup>-1</sup> ) | Aporte per cápita diario (l.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión V</b>    |                                                |                                                             |                                                                    |
| Bahamas               | 304                                            | 0.36                                                        | 103                                                                |
| Islas Caimán          | 9                                              | 0.01                                                        | 97                                                                 |
| Cuba                  | 7, 732                                         | 24.12                                                       | 270                                                                |
| República Dominicana  | 5, 624                                         | 9.52                                                        | 146                                                                |
| Haití                 | 6, 996                                         | 8.15                                                        | 101                                                                |
| Puerto Rico           | 3, 927                                         | 9.09                                                        | 200                                                                |
| Jamaica               | 2,758                                          | 3.58                                                        | 112                                                                |
| Islas Turcos y Caicos | 17                                             | 0.02                                                        | 101                                                                |
| <i>Subtotal</i>       | <i>27,367</i>                                  | <i>54.86</i>                                                | <i>173</i>                                                         |
| <b>Total</b>          | <b>70, 000</b>                                 | <b>203</b>                                                  | <b>209</b>                                                         |

ND: No disponible

La figura 3 muestra el porcentaje del caudal dispuesto de aguas residuales domésticas por subregión en la RGC. Los mayores caudales son aportados por la subregión I (Golfo de México) con el 49% seguido de la subregión V (Caribe Nororiental y Central) con 27%, mientras que los aportes menos significativos provienen de la subregión IV (Caribe Oriental) y la subregión II (Caribe Occidental) con alrededor 2%. En total se descargan alrededor de 203 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup> de aguas residuales domésticas a la RGC.

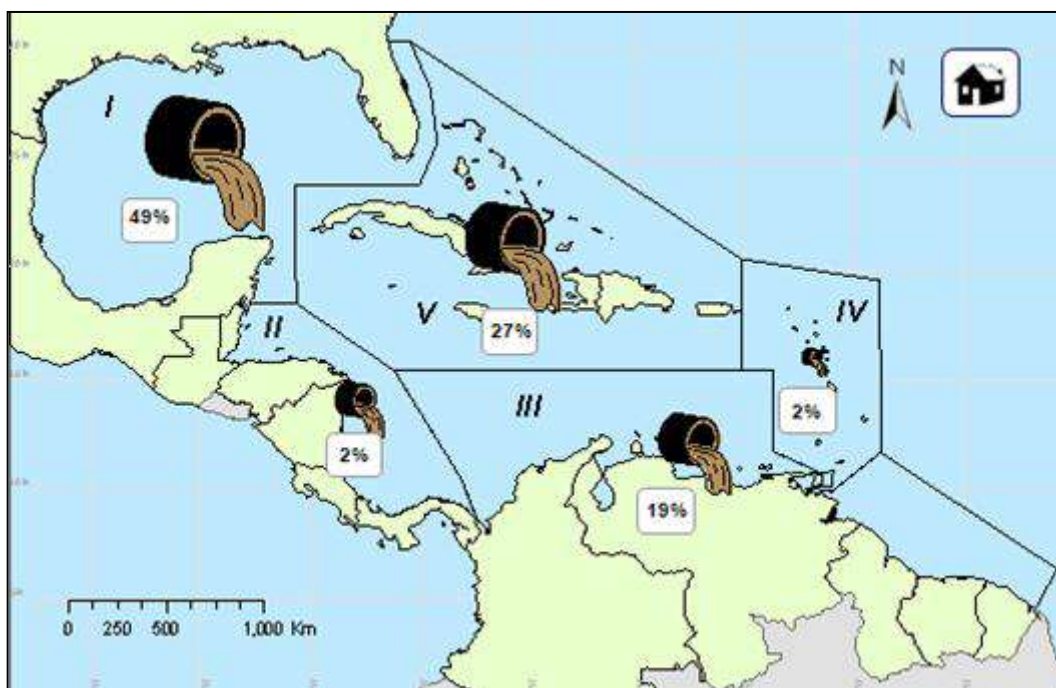


Figure 3. Porcentaje del caudal dispuesto de aguas residuales domésticas por subregión en la RGC

## 2.2. Cobertura de saneamiento

En los países de la RGC, la población y la infraestructura de turismo están concentradas en las áreas costeras. En general, el área costera cubre solamente el 20% del área total mientras que el 39% de la población del mundo habita dentro de los 100 km de costa<sup>13</sup>. En muchas de estas áreas los sistemas de alcantarillado son deficientes o ausentes y algunos tienen conexiones ilegales a alcantarillas pluviales lo cual incrementa la contaminación de origen doméstico en los cursos de agua interiores y los ambientes costeros adyacentes.

La mayoría de los países de la región tienen acceso limitado al saneamiento básico debido a la escasez de plantas de tratamiento de residuales o a la conexión domiciliar limitada a sistemas de alcantarillado convencional, y a menudo emplean tecnologías de saneamiento locales, de bajo costo, compuestos por tanques sépticos, letrinas seca o con descarga de agua o la simple letrina de hoyo. Esta carencia de infraestructura y las ineficientes prácticas de tratamiento incrementan la descarga de aguas residuales domésticas en áreas costeras de la región causando riesgos a la salud pública por el contacto directo con aguas contaminadas y el consumo de mariscos y peces con diferentes grados de contaminación<sup>8,20</sup>.

Sin embargo, los impactos socioeconómicos de una cobertura de saneamiento inadecuada no están limitados a los problemas de salud y se relacionan, además, con la disponibilidad de agua para varios usos asociados con el desarrollo productivo, en particular el uso de agua residual tratada para riego en respuesta a la competencia entre el uso agrícola y urbano. Asimismo, está relacionado con el impacto sobre los usos urbanos cuando se producen descargas de aguas residuales en las zonas superiores de las cuencas tributarias, conocidas como cuencas altas, que afectan las áreas urbanas río abajo al no existir suficiente tiempo para que los procesos naturales de purificación transcurran<sup>21</sup>.

La tabla 2 muestra el porcentaje de la cobertura de saneamiento con y sin conexión a sistemas de alcantarillado en los países de la RGC, la población costera tributaria con cobertura de saneamiento, de acuerdo a la información disponible (Reportes Técnicos Nacionales, publicaciones de Agencias de Naciones Unidas y otros reportes) y los efluentes de alcantarillado con algún grado de tratamiento (pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y la disposición de las aguas residuales domésticas mediante emisarios submarinos).

Los porcentajes de cobertura de saneamiento y los efluentes de alcantarillado con algún grado de tratamiento en la subregión IV están afectados por la carencia de información en varios de los países.

**Tabla 2. Cobertura de saneamiento en la RGC, la población costera tributaria con cobertura de saneamiento por subregión y efluentes de alcantarillado con algún grado de tratamiento** <sup>88,20,21</sup>

| Países y territorios      | Cobertura de saneamiento (%) | Población costera tributaria con cobertura de saneamiento x 10 <sup>3</sup> | Efluente de alcantarillado con algún grado de tratamiento (%) |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión I</b>        |                              |                                                                             |                                                               |
| Estados Unidos de América | 100                          | 15, 677                                                                     | 100                                                           |
| México                    | 87                           | 4, 673                                                                      | 15.4                                                          |
| <i>Subtotal</i>           |                              | 20,350                                                                      | 57                                                            |
| <b>Subregión II</b>       |                              |                                                                             |                                                               |
| Belice                    | 73                           | 113                                                                         | 56.7                                                          |
| Guatemala                 | 95                           | 117                                                                         | 1                                                             |
| Honduras                  | 94                           | 1,282                                                                       | 3                                                             |
| Nicaragua                 | 93                           | 137                                                                         | 34                                                            |
| Costa Rica                | 96                           | 180                                                                         | 38                                                            |
| Panamá                    | 99                           | 892                                                                         | 18.3                                                          |
| <i>Subtotal</i>           |                              | 2,721                                                                       | 25                                                            |
| <b>Subregión III</b>      |                              |                                                                             |                                                               |
| Colombia                  | 97                           | 4,450                                                                       | 30.8                                                          |
| Venezuela                 | 71                           | 7,172                                                                       | 56                                                            |
| Guyana                    | 97                           | 582                                                                         | 50                                                            |
| Guyana Francesa           | 79                           | -                                                                           | 41                                                            |
| Surinam                   | 99                           | 382                                                                         | 0.1                                                           |
| Aruba                     | ND                           |                                                                             |                                                               |
| Antillas Holandesas       | 100                          | 200                                                                         | 17                                                            |
| <i>Subtotal</i>           |                              | 12,786                                                                      | 33                                                            |
| <b>Subregión IV</b>       |                              |                                                                             |                                                               |
| Anguila                   | 86                           | 59                                                                          | 0                                                             |
| Antigua y Barbuda         | 96                           | 86                                                                          | 65                                                            |
| Barbados                  | ND                           | -                                                                           | 0                                                             |
| Islas Vírgenes Británicas | ND                           |                                                                             |                                                               |
| Dominica                  | 86                           | 59                                                                          | 0                                                             |
| Granada                   | 96                           | 86                                                                          | 65                                                            |
| Guadalupe                 | ND                           | -                                                                           | 0                                                             |
| Martinica                 | ND                           | -                                                                           | ND                                                            |
| Montserrat                | ND                           | -                                                                           | 100                                                           |
| St. Lucía                 | 89                           | 149                                                                         | ND                                                            |
| San Martín                | ND                           |                                                                             |                                                               |
| San Bartolomé             | ND                           |                                                                             |                                                               |
| San Kitts y Nevis         | 96                           | 37                                                                          | ND                                                            |
| Islas Vírgenes EUA        | 100                          | 109                                                                         | ND                                                            |
| Trinidad y Tobago         | 100                          | 1,066                                                                       | 65                                                            |
| S.V. y las Granadinas     | 96                           | 113                                                                         | 46.1                                                          |
| <i>Subtotal</i>           |                              | 1,977                                                                       | 59                                                            |

| Países y territorios  | Cobertura de saneamiento (%) | Población costera tributaria con cobertura de saneamiento x 10 <sup>3</sup> | Efluente de alcantarillado con algún grado de tratamiento (%) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión V</b>    |                              |                                                                             |                                                               |
| Bahamas               | 100                          | 304                                                                         | 80                                                            |
| Islas Caimán          | 99                           | 9                                                                           | 40                                                            |
| Cuba                  | 97                           | 7,500                                                                       | 18.9                                                          |
| República Dominicana  | 90                           | 5,061                                                                       | 48.7                                                          |
| Haití                 | 46                           | 3,218                                                                       | 0                                                             |
| Puerto Rico           | 100                          | 3,927                                                                       | 100                                                           |
| Jamaica               | 90                           | 2,482                                                                       | NA                                                            |
| Islas Turcos y Caicos | 17                           | 0.02                                                                        | 101                                                           |
| <i>Subtotal</i>       | <i>27,367</i>                | <i>54.86</i>                                                                | <i>173</i>                                                    |
| <b>Total</b>          |                              | <b>60,000</b>                                                               | <b>44*</b>                                                    |

\*Porcentaje medio no ponderado

ND: No disponible

La población costera tributaria a la RGC con cobertura de saneamiento se estima en 60 millones de habitantes que representa el 85% del total, aunque sin considerar varios países de la región debido a la carencia de información. La subregión V (Caribe Nororiental y Central) y la subregión I (Golfo de México) tienen la mayor cobertura de saneamiento con más de 20 millones de habitantes seguida de la subregión III (Caribe Sur) con 12 millones de habitantes. La subregión II (Caribe Occidental) y la subregión IV (Caribe Oriental) con alrededor de dos millones de habitantes son las de menor cobertura.

Dependiendo del tipo de tratamiento seleccionado, el manejo adecuado de las aguas residuales domésticas puede ser costoso y constituye un gran reto para los países de la RGC, incluyendo los países con alto nivel de desarrollo, que enfrentan nuevos problemas causados por el incremento de la contaminación ambiental y requieren grandes inversiones para reemplazar la infraestructura existente. La creciente demanda de estándares y las regulaciones orientadas a la protección de la salud y el medio ambiente, obliga a la mejora continua de los sistemas de tratamiento.

En los países en desarrollo, los altos costos de las depuradoras urbanas convencionales, operación y mantenimiento, representan un serio obstáculo para su implementación. La extensión de la cobertura de saneamiento en los sistemas de alcantarillado comprende la ampliación de la infraestructura, redes e instalaciones de tratamiento porque debido al progresivo aumento poblacional muchas ciudades de la región poseen las redes de alcantarillados obsoletas e incapaces de enfrentar el volumen creciente de aguas residuales domésticas. Sin embargo, los trabajos de ampliación y rehabilitación de los sistemas de alcantarillado en los países en desarrollo, están condicionados a la disponibilidad de recursos financieros y de una capacidad operativa para su planificación y ejecución. La alternativa es el uso de tecnologías más apropiadas, de bajo costo, que han demostrado permitir soluciones adecuadas al problema<sup>23</sup>.

En la cobertura de saneamiento en la RGC se identifican varios aspectos críticos aún no resueltos, en particular:

- El desarrollo económico en los países de la RGC,
- el insuficiente apoyo gubernamental al sector de saneamiento,
- insuficiente conciencia sanitaria en la población,
- la necesidad de cambiar los métodos y criterios vigentes para financiar las instalaciones de tratamiento,
- inadecuadas políticas ambientales en el sector,
- deficiencias institucionales,
- la necesidad de formular normas tecnológicas y de ingeniería apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en los países en desarrollo, y
- un gran número de depuradoras urbanas en la región están abandonadas o funcionando parcialmente.

Por consiguiente, el gran reto está vinculado con la reducción de impactos a partir de la expansión de la cobertura de saneamiento y la eficiencia de los sistemas de alcantarillado, así como la implementación de sistemas mejorados alternativos de saneamiento locales, el mejoramiento de la concientización ambiental y la capacidad técnica del sector de saneamiento, adecuadas políticas ambientales nacionales y el mejoramiento de programas de manejo como se puntualiza en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de Naciones Unidas. Los objetivos para la región son la reducción de un 50% entre 1990 y el año 2015 del número de personas que no tienen acceso al agua potable segura y la reducción de un 50% entre 1990 y el año 2015 del número de personas que no tienen acceso a los servicios de saneamiento. Además, como resultado de la opción de incorporar objetivos que pueden ser aplicables para la región y para incorporar la meta de haber logrado para el año 2020 una mejora considerable en las vidas de, por lo menos, 100 millones de habitantes de barrios de “tugurios”, se incorporó como meta complementaria para la región para el año 2015, la reducción al 50% de los habitantes que no tienen acceso al tratamiento de las aguas residuales domesticas o su disposición final <sup>7</sup>.

Adicionalmente, los gobiernos y el sector de saneamiento deben trabajar en conjunto para satisfacer los límites de efluentes establecidos en el Anexo III del Protocolo FTCM del Convenio de Cartagena en dependencia de las características de las aguas receptoras (Clase I ó Clase II).

### **2.3. Tecnologías de tratamiento más apropiadas**

Los países en desarrollo en la RGC necesitan satisfacer sus necesidades de tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante tecnologías más apropiadas de bajo costo compatibles con sus condiciones socio-económicas y con el soporte de organizaciones financieras internacionales para

financiar los costos iniciales y de explotación. Entre estas metodologías se encuentran las lagunas de estabilización, los reactores anaeróbicos de flujo ascendente y emisarios submarinos, así como tecnologías más apropiadas de bajo costo.

Los emisarios submarinos pueden ser una tecnología apropiada y relativamente económica con bajos costos de operación y mantenimiento para la disposición final de las aguas residuales domésticas cuando las características dinámicas de las aguas receptoras facilitan los procesos de dilución y cuando están combinados con mili-tamices. Las descargas de efluentes de emisarios submarinos en el mar pueden alcanzar diluciones inmediatas iniciales en el orden de 100 a 1 en forma consistente durante los primeros minutos de la descarga, lo que reduce la concentración de materia orgánica y otros nutrientes a niveles que no tendrían efectos ecológicos adversos en el mar abierto, sin embargo es un sistema de tratamiento que no prevee el rehúso de estas aguas.

Después del rehúso de las aguas residuales, la alternativa del emisario submarino largo con mili-tamices puede ser un método de tratamiento y disposición más atractivo que las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas convencionales (tratamiento secundario por lodos activados) con disposición cercana a la costa en términos de confiabilidad, eficiencia, costo y de bajos requerimientos de operación y mantenimiento <sup>24</sup>.

No obstante, se deben evitar las descargas de aguas residuales domésticas por medio de emisarios submarinos cercanas a zonas de pesca y comunidades biológicas sensibles tales como los arrecifes coralinos, las áreas de cosecha de mariscos y las utilizadas para el contacto primario (natación). Estas áreas requieren un programa de monitoreo permanente para determinar cualquier impacto potencial procedente del continuo enriquecimiento en nutrientes de las aguas marinas a través del emisario submarino.

Adicionalmente a la consideración de las aguas de Clase I ó Clase II en el marco del Protocolo FTCM, la opción del emisario submarino debe ser evaluada en términos de las necesidades locales y los impactos ambientales potenciales en el área de estudio, según lo establecido en el Artículo VII del Protocolo FTCM, en donde el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental es una herramienta predictiva y preventiva en la toma de decisiones.

La tabla 3 muestra los países de la RGC que han reportado el uso de emisarios submarinos para la disposición final de las aguas residuales. Venezuela reporta las mayores cantidades de emisarios submarinos.

**Tabla 3. Emisarios submarinos reportados en países de la RGC <sup>8,24</sup>**

| Países de la RGC          | Emisarios submarinos |
|---------------------------|----------------------|
| Venezuela                 | 39                   |
| Puerto Rico *             | 10                   |
| México                    | 9                    |
| Estados Unidos de América | 5                    |
| Colombia                  | 2                    |
| Cuba                      | 2                    |
| Islas Vírgenes de EUA     | 2                    |
| Costa Rica                | 1                    |
| Panamá                    | 1                    |
| Martinica                 | 1                    |
| Guyana Francesa           | 0                    |
| Guyana                    | 1                    |
| <b>Total</b>              | <b>73</b>            |

\* Uso per cápita más alto en la RGC

Las tecnologías más apropiadas, de bajo costo, que pueden ser utilizadas para la RGC de acuerdo a las características del lugar están asociadas a la recolección y transferencia de las aguas residuales domésticas. Las tecnologías más recomendadas son <sup>25</sup>:

- *Sistemas convencionales de alcantarillado*; donde las aguas residuales domésticas son colectadas por un sistema de tuberías para su tratamiento posterior.
- *Alcantarillado de hueco pequeño (asentado)*; el diseño es similar al alcantarillado convencional pero las aguas residuales domésticas pasan primero a un tanque séptico donde se extraen los sólidos decantados y solamente el efluente líquido es evacuado.
- *Sistema de ramillete*; es un sistema común de colecta y disposición que agrupa varias viviendas o comercios. Es utilizado en áreas donde existe una variación significativa en la densidad de viviendas.
- *Inodoro con tanque de agua*; utiliza grandes cantidades de agua. Consta de un sifón para los malos olores. Brinda la mayor apariencia de higiene y limpieza.
- *Letrina de hoyo*; es diseñada para la disposición de las excretas humanas y consiste en una estructura de concreto que se alza sobre el piso y colocada sobre el hoyo excavado en la tierra. Es usado con buenos resultados en áreas rurales.

- *Letrina VIP*; el hoyo mejorado con ventilación (VIP) es diseñado para la disposición de las excretas humanas. No necesita agua. Dependen de la absorción del suelo y su construcción es simple.
- *Tanque séptico*; es diseñado para el tratamiento local de las aguas residuales domésticas. Usualmente, el tanque es colocado bajo tierra y consiste en dos compartimientos con una retención hidráulica de 1 -3 días. Deben conectarse a un inodoro de agua. No son apropiados donde exista escasez de agua.
- *Planta de Biogas-Biofertilizante*; es una planta de concreto utilizada para la degradación anaeróbica de las aguas residuales de origen orgánico y agroindustriales con producción de biogás y biofertilizantes. Sin embargo, no funciona bien solo con excretas humanas.
- *Letrina Bio-sanitaria (SBU)*; se instalan donde están construidas plantas con biodigestor para colectar los desechos procedentes de las Letrinas VIP. Debido a su escasa reducción de nutrientes requieren un tratamiento terciario adicional.
- *Inodoros químicos portátiles*; son pequeños cuartos sanitarios contruidos sobre un tanque herméticamente cerrado (estanco). Se utilizan en eventos de gran número de personas y en áreas de difícil acceso o alejadas para sistemas de recolección y transferencia de las aguas residuales domésticas.
- *Humedales de filtración*; pueden ser utilizadas en áreas rurales y en pequeñas comunidades para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Los humedales proporcionan subproductos y valores agregados mediante el re-uso del efluente que pueden minimizar los costos de instalación. Además, reducen la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo a niveles tan bajos que no causan eutrofización en las aguas costeras y pueden considerarse como un tratamiento terciario.

### 3. CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS. ACTUALIZACIÓN

#### 3.1. Cargas contaminantes domésticas dispuestas a la RGC

En la RGC, el tratamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas puede constituir una importante fuente de contaminación marina y representa una amenaza para la salud humana, el desarrollo sostenible y los recursos marinos. En muchas localidades de la RGC, estas aguas son frecuentemente descargadas en ríos, arroyos, lagos o directamente al mar sin un tratamiento adecuado. Los aportes de materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos contenidos en las aguas residuales domésticas contribuyen a la eutrofización, turbidez y el atarquinamiento de los ecosistemas costeros con daños irreparables a recursos importantes tales como los arrecifes de coral. Los efectos ecológicos de este fenómeno incluyen la proliferación de algas, cambios en la estructura de las comunidades acuáticas, disminución de la diversidad biológica y eventos de mortandad de peces por agotamiento de oxígeno. El proceso de eutrofización es un factor determinante en la degradación de los ecosistemas costeros en la RGC <sup>26</sup>.

Los indicadores de calidad seleccionados en los talleres efectuados en las ciudades de Caracas y La Habana en el 2005 y 2006, respectivamente, para determinar las cargas contaminantes dispuestas en la RGC son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT). Las metodologías de estimación incluyen el uso de métodos directos para estimar la carga contaminante doméstica dispuestas a la RGC mediante la toma de muestras, mediciones de flujo y determinaciones analíticas; sin embargo, fueron utilizados métodos indirectos en aquellos países donde se contaba con escasa información.

Los métodos indirectos incluyen la estimación del flujo de las aguas residuales domésticas dispuestas en la RGC y el porcentaje de efluentes de alcantarillado con algún grado de tratamiento. Las aguas residuales domésticas sin solución de sistemas de alcantarillado fueron consideradas sin tratamiento y se establecieron las concentraciones típicas para un agua residual doméstica cruda y para el efluente resultante de un tratamiento primario o secundario. El rango de valores en la evaluación de las cargas contaminantes domésticas dispuestas a la RGC se estableció de acuerdo a los valores medios siguientes: BOD<sub>5</sub> = 30-60 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>; DQO = 80-120 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>; SST = 50-90 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>; NT = 1.5-2.2 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>; PT = 0.5-1.0 g.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> <sup>9,10</sup>.

Los Reportes Técnicos Nacionales de 15 países proporcionan un estimado de las cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC con el uso de la metodología descrita arriba.

La tabla 4 muestra la carga contaminante doméstica dispuesta por subregión en la RGC, en toneladas anuales, de acuerdo a la información disponible hasta el 2010 (Reportes Técnicos Nacionales, publicaciones de Agencias de Naciones Unidas y otros reportes)

**Tabla 4. Carga contaminante doméstica (t.año<sup>-1</sup>) dispuesta por subregión en la RGC <sup>8,9,10,15,17</sup>**

| <b>Carga contaminante doméstica dispuesta en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)</b> |                        |                |                |               |              |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| <b>Países y Territorios</b>                                                  | <b>DBO<sub>5</sub></b> | <b>DQO</b>     | <b>SST</b>     | <b>NT</b>     | <b>PT</b>    |
| <b>Subregión I</b>                                                           |                        |                |                |               |              |
| Estados Unidos de América                                                    | 83,497                 | 208,742        | 111,329        | 16,699        | 8,349        |
| México                                                                       | 38,089                 | 86,874         | 35,202         | 4,279         | 1,471        |
| <i>Subtotal</i>                                                              | <i>121,586</i>         | <i>295,616</i> | <i>146,531</i> | <i>20,978</i> | <i>9,820</i> |
| <b>Subregión II</b>                                                          |                        |                |                |               |              |
| Belice                                                                       | 813                    | 1,875          | 791            | 100           | 37           |
| Guatemala                                                                    | 640                    | 1,455          | 582            | 70            | 23           |
| Honduras                                                                     | 2,558                  | 5,815          | 2,329          | 280           | 93           |
| Nicaragua                                                                    | 395                    | 898            | 359            | 43            | 14           |
| Costa Rica                                                                   | 984                    | 2,237          | 895            | 107           | 36           |
| Panamá                                                                       | 9,099                  | 20,747         | 8,397          | 1,019         | 349          |
| <i>Subtotal</i>                                                              | <i>14,489</i>          | <i>33,027</i>  | <i>13,353</i>  | <i>1,619</i>  | <i>552</i>   |
| <b>Subregión III</b>                                                         |                        |                |                |               |              |
| Colombia                                                                     | 20,193                 | 46,236         | 18,996         | 2,339         | 830          |
| Venezuela                                                                    | 83,649                 | 192,218        | 79,977         | 9,968         | 3,631        |
| Guyana                                                                       | 2,317                  | 5,272          | 2,115          | 254           | 85           |
| Guyana Francesa                                                              | 308                    | 970            | 290            | 170           | 40           |
| Surinam                                                                      | 1,560                  | 3,546          | 1,418          | 170           | 56           |
| Aruba                                                                        | NA                     |                |                |               |              |
| Antillas Holandesas                                                          | 1,006                  | 2,287          | 915            | 109           | 36           |
| <i>Subtotal</i>                                                              | <i>109,033</i>         | <i>250,529</i> | <i>103,711</i> | <i>13,010</i> | <i>4,678</i> |
| <b>Subregión IV</b>                                                          |                        |                |                |               |              |
| Anguila                                                                      | 49                     | 112            | 45             | 5             | 2            |
| Antigua y Barbuda                                                            | 263                    | 598            | 239            | 28            | 9            |
| Barbados                                                                     | 1,050                  | 2,394          | 968            | 117           | 40           |
| I. Vírgenes Británicas                                                       | 94                     | 213            | 85             | 10            | 3            |
| Dominica                                                                     | 264                    | 600            | 240            | 29            | 9            |
| Granada                                                                      | 346                    | 788            | 317            | 38            | 13           |
| Guadalupe                                                                    | 1,505                  | 3,420          | 1,368          | 164           | 54           |
| Martinica                                                                    | 1,755                  | 3,989          | 1,595          | 191           | 64           |
| Montserrat                                                                   | 315                    | 717            | 289            | 35            | 12           |
| Sta. Lucía                                                                   | 671                    | 1,526          | 610            | 73            | 24           |
| San Martin                                                                   | NA                     |                |                |               |              |
| San Bartolomé                                                                | NA                     |                |                |               |              |
| San Kitts y Nevis                                                            | 154                    | 350            | 140            | 17            | 5            |
| Islas Vírgenes de EUA                                                        | 875                    | 1,989          | 795            | 95            | 32           |
| Trinidad y Tobago                                                            | 4,117                  | 9,416          | 3,851          | 472           | 166          |
| S.V. y las Granadinas                                                        | 458                    | 1,042          | 418            | 50            | 17           |
| <i>Subtotal</i>                                                              | <i>11,919</i>          | <i>27,158</i>  | <i>10,964</i>  | <i>1,328</i>  | <i>452</i>   |

| <b>Subregión V</b>    |                |                |                |               |               |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Bahamas               | 1,154          | 2,632          | 1,066          | 129           | 44            |
| Islas Caimán          | 34             | 78             | 31             | 3             | 1             |
| Cuba                  | 73,313         | 167,504        | 68,295         | 8,350         | 2,913         |
| República Dominicana  | 22,504         | 52,044         | 22,134         | 2,814         | 1,069         |
| Haití                 | 28,285         | 64,285         | 25,714         | 3,085         | 1,028         |
| Puerto Rico           | 8,600          | 21,500         | 11,467         | 1,720         | 860           |
| Jamaica               | 12,413         | 28,212         | 11,284         | 1,354         | 451           |
| Islas Turcas y Caicos | 68             | 156            | 62             | 7             | 2             |
| <i>Subtotal</i>       | <i>146,375</i> | <i>336,413</i> | <i>140,055</i> | <i>17,465</i> | <i>6,370</i>  |
| <b>Total</b>          | <b>403,000</b> | <b>943,000</b> | <b>414,000</b> | <b>54,000</b> | <b>22,000</b> |

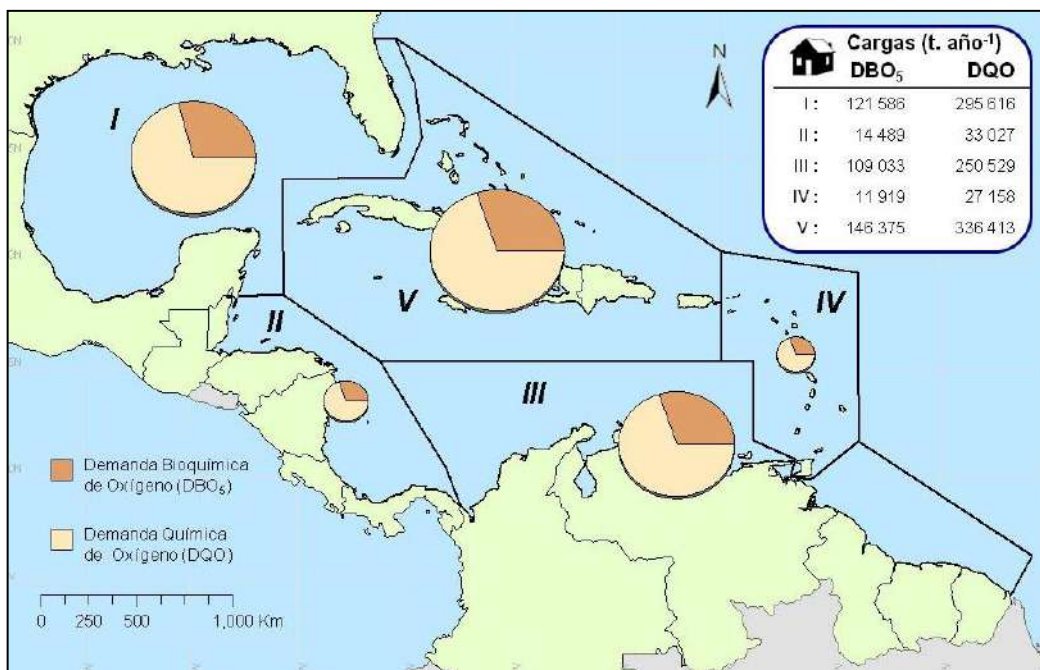
ND: No disponible

En general, estos resultados están asociados al tamaño de la población costera tributaria y a la extensión de la cobertura de saneamiento, así como a los niveles y especificidad del tratamiento de las aguas residuales domésticas.

### 3.2. Materia orgánica de origen doméstico

La figura 4 muestra los aportes de materia orgánica, representada por la DBO<sub>5</sub> y DQO, contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC. La subregión V (Caribe Nororiental y Central), subregión I (Golfo de México) y subregión III (Caribe Sur) aportan las mayores cargas contaminantes, mientras que la subregión IV (Caribe Oriental) y la subregión II (Caribe Occidental) aportan las cantidades más bajas.

Se estima que el 30% de la carga contaminante orgánica dispuesta en la RGC está compuesta por DBO<sub>5</sub> y el 70% por DQO. La relación DBO<sub>5</sub> / DQO alcanza un valor de 0.43 que demuestra la biodegradabilidad del efluente descargado en el medio marino y la viabilidad de aplicar tratamientos biológicos para su depuración.



**Figura 4. Aportes de materia orgánica de origen doméstico (DBO<sub>5</sub> y DQO) dispuesta por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)**

### 3.3. Sólidos Suspendidos Totales de origen doméstico

La figura 5 muestra el aporte de los sólidos suspendidos totales (SST) contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC. Los aportes mayores provienen de la subregión I (Golfo de México), subregión V (Caribe Nororiental y Central) y la subregión III (Caribe Sur), mientras que la subregión IV (Caribe Oriental) y la subregión II (Caribe Occidental) aportan las cantidades más bajas.

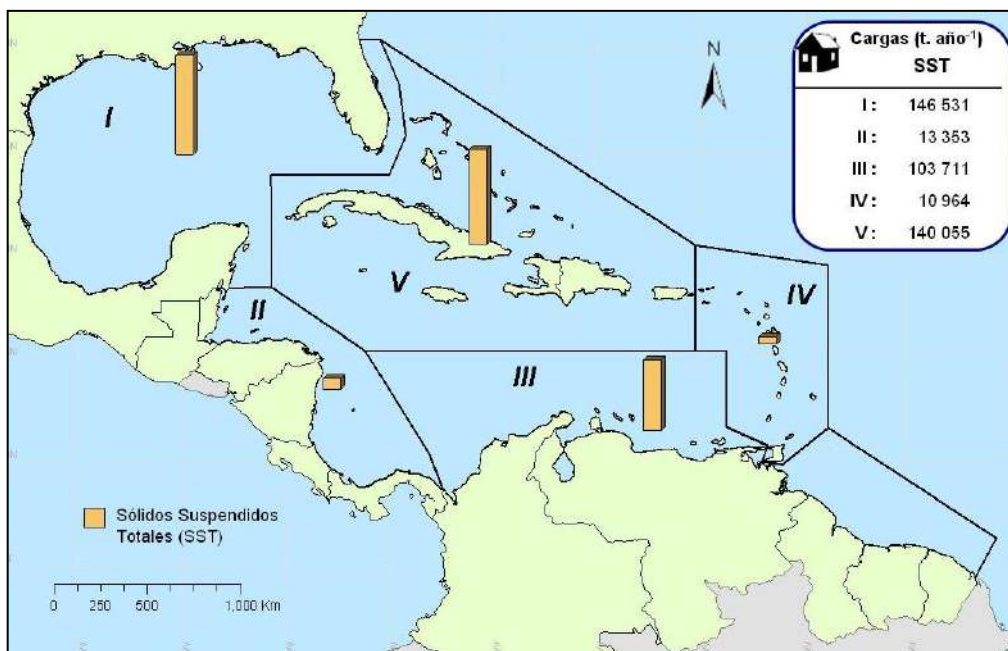


Figura 5. Aportes de sólidos suspendidos totales (SST) de origen doméstico por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)

### 3.4. Nutrientes de origen doméstico

La figura 6 muestra los aportes de nutrientes (NT y PT) contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC.

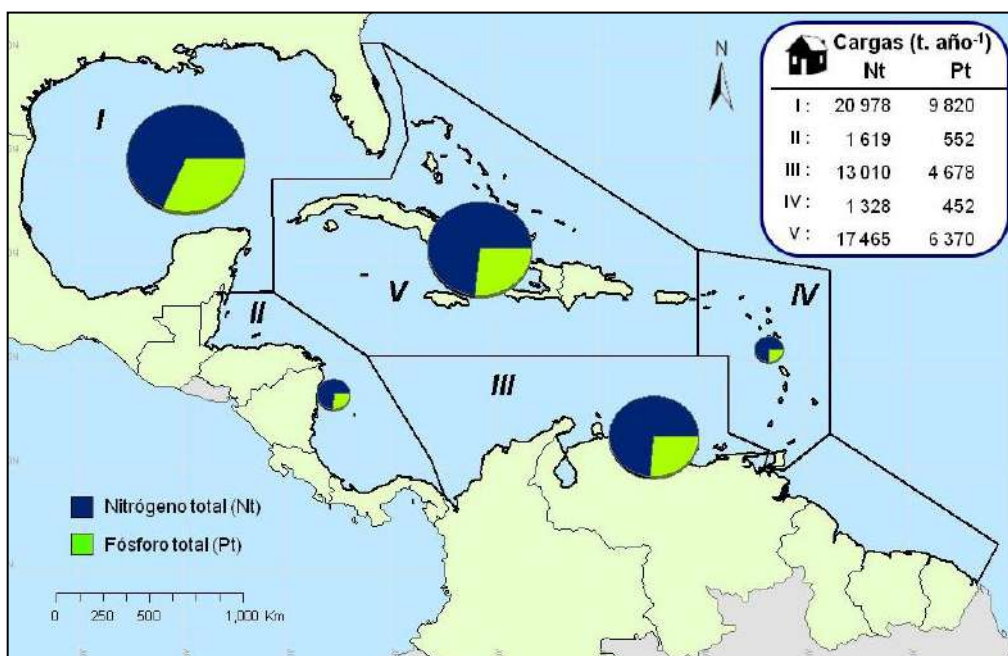


Figura 6. Aportes de nutrientes (Nt y Pt) de origen doméstico por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)

Los mayores aportes de NT y PT provienen de la subregión I (Golfo de México), subregión V (Caribe Nororiental y Central) y la subregión III (Caribe Sur), mientras que la subregión IV (Caribe Oriental) y subregión II (Caribe Occidental) aportan las cantidades más bajas.

### 3.5. Comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994)

La tabla 5 muestra los niveles comparativos de las cargas contaminantes domésticas, excepto DQO, dispuestas por subregión en la RGC en toneladas anuales, mencionadas en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.

**Tabla 5. Niveles comparativos de las cargas contaminantes domésticas descargadas en la RGC (t.año<sup>-1</sup>) reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado** <sup>5,8,15</sup>

| Sub-región   | Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado | DBO <sub>5</sub> | SST            | NT             | PT            |
|--------------|----------------------------------------------------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|
| I            | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 65,678           | 68,748         | 30,479         | 13,487        |
|              | Reporte actualizado                                            | 121,586          | 146,531        | 20,978         | 9,820         |
| II           | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 13,029           | 13,195         | 1,812          | 1,206         |
|              | Reporte actualizado                                            | 14,489           | 13,353         | 1,619          | 552           |
| III          | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 260,171          | 228,744        | 86,338         | 33,475        |
|              | Reporte actualizado                                            | 109,033          | 103,711        | 13,010         | 4,678         |
| IV           | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 4,790            | 4,617          | 710            | 531           |
|              | Reporte actualizado                                            | 11,919           | 10,964         | 1,328          | 452           |
| V            | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 124,813          | 141,025        | 9,437          | 11,418        |
|              | Reporte actualizado                                            | 146,375          | 140,055        | 17,465         | 6,370         |
| <b>Total</b> | <b>RT PAC No. 33 (1994)</b>                                    | <b>468,000</b>   | <b>456,000</b> | <b>128,000</b> | <b>60,000</b> |
|              | <b>Reporte actualizado</b>                                     | <b>403,000</b>   | <b>414,000</b> | <b>54,000</b>  | <b>22,000</b> |

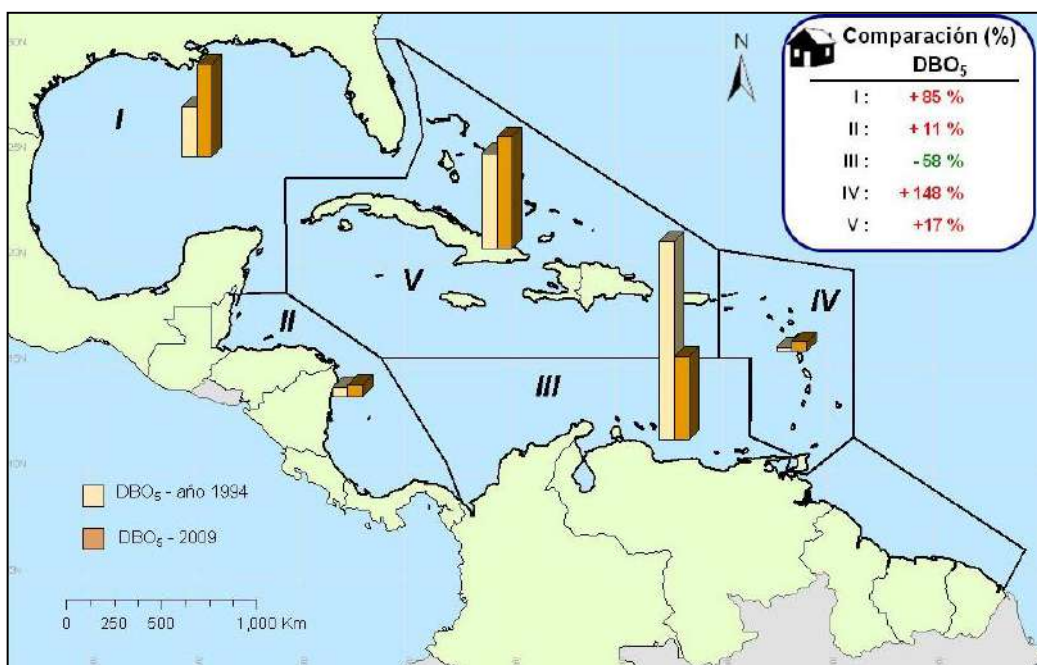
La metodología utilizada en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) estuvo basada en el documento "Manejo y Control del Medio Ambiente", WHO/PEP/89.1 del cual se preparó una pequeña y ligera versión modificada. Esta metodología permitió un enfoque apropiado para evaluar las fuentes de contaminación y proporcionó una valoración comparativa de los contaminantes procedentes de diferentes países de la región. Estados Unidos de América, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EUA utilizaron la metodología para el Inventario de las Descargas de Contaminación Costera (NCPDI) de NOAA <sup>5</sup>.

Sin embargo, es innegable el mejoramiento en las capacidades de tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas, así como el aumento de la concientización ciudadana en los últimos años. Los estudios de diagnóstico que han sido emprendidos para determinar los impactos de las fuentes y actividades terrestres de contaminación sobre la calidad de aguas marino-costeras, así como la preparación de instrumentos legales para enfrentar la amenaza de las fuentes terrestres sobre los recursos marinos y costeros en la RGC por parte de PNUMA-CAR/UCR han contribuido a incrementar la concientización ciudadana.

En general, se observa una reducción en los aportes de las cargas contaminantes domésticas a la RGC, en particular en la subregión III y en la carga de nutrientes, a pesar del progresivo aumento poblacional. La  $DBO_5$  presentó una reducción de 13%, SST una reducción de 8%, NT una reducción de 57% y PT una reducción de 63%.

### 3.5.1. *Materia orgánica*

La figura 7 muestra los cambios en los aportes de materia orgánica, representada por la  $DBO_5$ , contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC (toneladas anuales), reportadas en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.



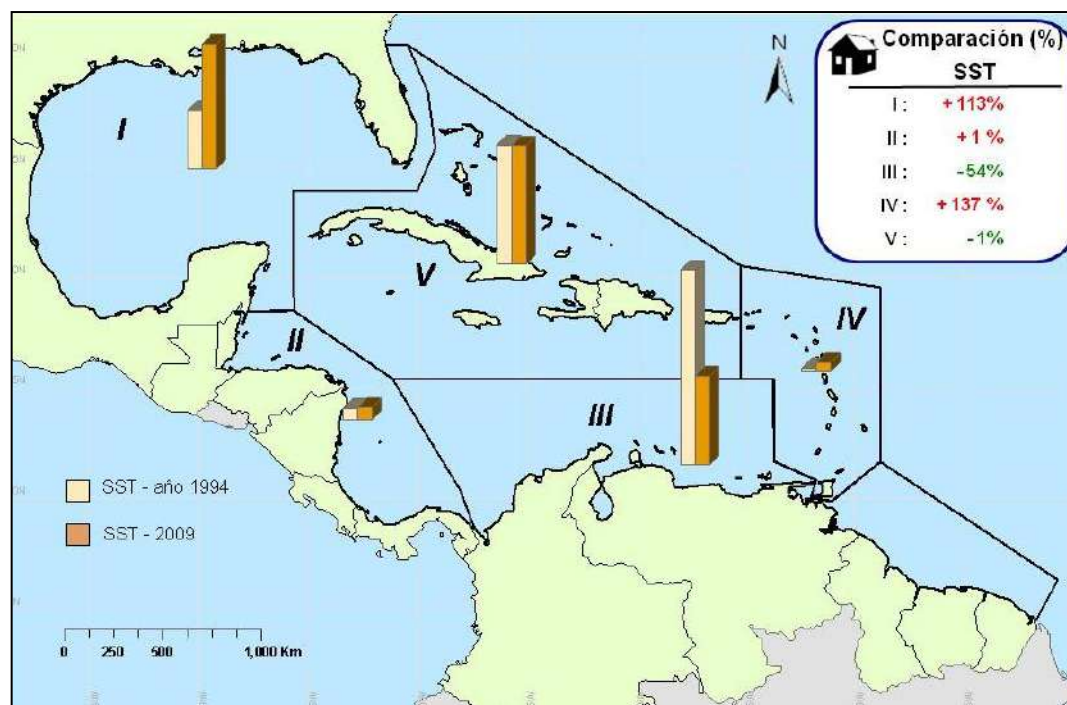
**Figura 7. Aportes orgánicos ( $DBO_5$ ) de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

Se observa una reducción notable de la carga contaminante orgánica en la subregión III (Caribe Sur) con 43%. El resto de las subregiones I, II, IV y V muestran incrementos propios del gradual aumento poblacional.

### 3.5.2. Sólidos Suspendidos Totales

La figura 8 muestra los cambios de los aportes de sólidos suspendidos totales (SST) contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregiones en la RGC (toneladas anuales), reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en el reporte actualizado.

Al igual que en la materia orgánica, la subregión III (Caribe Sur) presenta una fuerte reducción en las cargas de sólidos suspendidos totales dispuestos en la RGC. La subregión V (Caribe Nororiental y Central) muestra un ligero decrecimiento. El resto de las subregiones muestran incrementos en las cargas contaminantes de sólidos suspendidos.

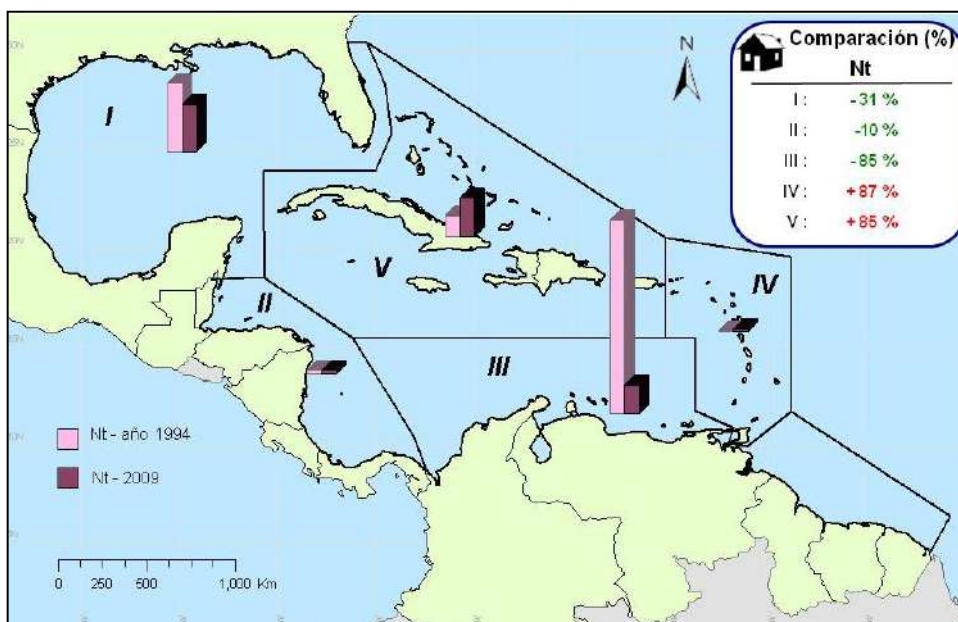


**Figura 8. Aportes de sólidos suspendidos (SST) de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

### 3.5.3. Nutrientes

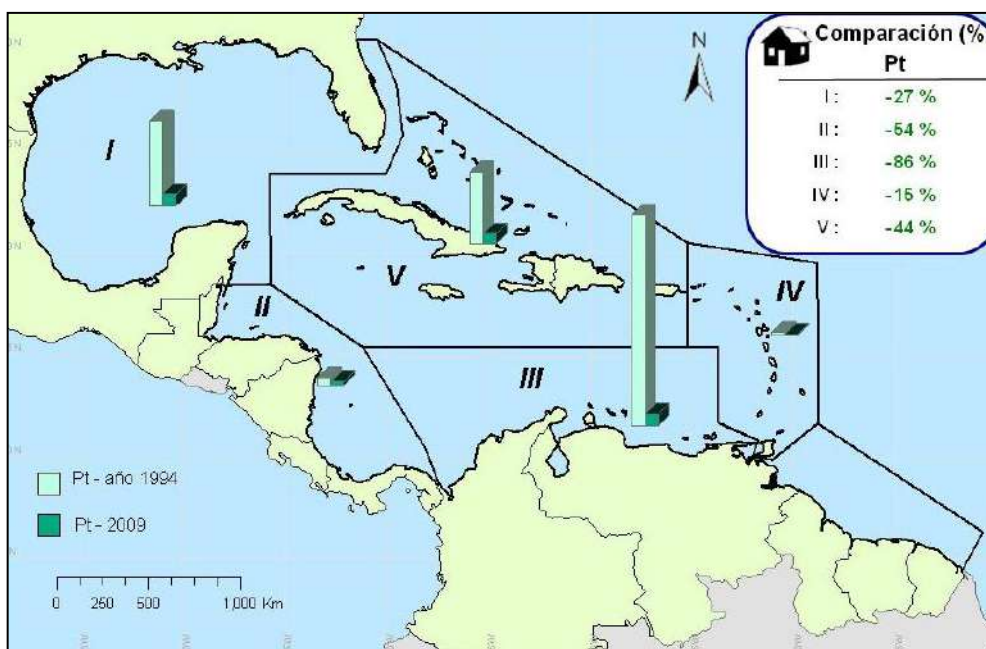
La figura 9 muestra los cambios de los aportes de NT contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC (toneladas anuales), reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.

Se observa una reducción en las cargas contaminantes por nitrógeno dispuestas en la subregión I (Golfo de México) y la subregión III (Caribe Sur). La subregión II (Caribe Occidental) no presenta variaciones en la carga contaminante dispuesta. La subregión IV (Caribe Oriental) y subregión V (Caribe Nororiental y Central) muestran incrementos en la cargas contaminantes por nitrógeno.



**Figura 9. Aportes de nitrógeno total de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

La figura 10 muestra los cambios en los aportes de fósforo total (PT) contenidos en las aguas residuales domésticas dispuestas por subregión en la RGC (toneladas anuales), reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en el reporte actualizado. Se observan reducciones en las cargas contaminantes por fósforo total en todas las subregiones.



**Figura 10. Aportes de fósforo total de origen doméstico por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

## 4. CARGAS CONTAMINANTES INDUSTRIALES. ACTUALIZACIÓN

### 4.1. Cargas contaminantes industriales dispuestas a la RGC

Las aguas residuales industriales dispuestas a la RGC, al igual que las aguas residuales domésticas, constituyen una fuente de contaminación marina y representan una amenaza para el desarrollo sostenible <sup>26</sup>. Los aportes contaminantes de origen industrial a la RGC han sido recogidos en los Reportes Técnicos Nacionales de 15 países y en otros reportes técnicos <sup>8</sup>.

La metodología utilizada considera el análisis de indicadores para evaluar la materia orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) orgánico, sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno (NT) y fósforo (PT), así como grasas y aceites (G y A). Los análisis de pesticidas, metales pesados y las cargas bacterianas están condicionados a la disponibilidad de recursos en cada país. Los métodos directos incluyen la toma de muestras, mediciones de flujo y métodos analíticos normalizados para ensayos de laboratorio de acuerdo a Standard Methods (APHA, 1998). Los métodos indirectos incluyen los indicadores de producción y consumo, la estimación de factores de emisión, extrapolación, balance de materiales y otros de evaluación rápida.

Las actividades industriales principales por subregiones se muestran en la tabla 6 por categorías generales con el propósito de identificar las subregiones con altas cargas de contaminantes industriales (1997-2008).

**Tabla 6. Principales actividades industriales en los países de la RGC <sup>8</sup>**

| Países y territorios        | A  | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|-----------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Subregión I</b>          |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Estados Unidos de América   | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| México                      | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <b>Subregión II</b>         |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Belice                      |    | x | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x |   |   |
| Guatemala                   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Honduras                    | x  | x | x | x | x | x |   |   | x |   |   |   |   |   | x |
| Nicaragua                   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Costa Rica                  | x  |   | x | x |   |   |   | x |   |   |   |   |   |   | x |
| Panamá                      | x  |   |   | x |   | x |   |   |   |   |   |   | x |   | x |
| <b>Subregión III</b>        |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Colombia                    | x  | x | x | x | x | x | x | x | x |   | x | x | x |   | x |
| Venezuela                   | x  | x | x | x | x | x | x | x | x |   | x | x | x | x | x |
| Guyana                      |    |   | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x |   |   |
| Guyana Francesa             |    |   | x |   |   |   |   |   | x | x |   |   | x |   | x |
| Surinam                     |    | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Aruba                       | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Antillas Holandesas         | x  |   | x | x |   |   |   | x |   |   |   |   |   |   | x |
| <b>Países y territorios</b> |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Subregión IV</b>         |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Anguila                     | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Antigua y Barbuda           |    | x |   | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x | x |   |
| Barbados                    | x  | x | x | x |   |   | x |   | x |   | x | x |   |   | x |
| Islas Vírgenes Británicas   |    |   |   | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x |   |   |
| Dominica                    |    | x |   | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x | x |   |
| Granada                     |    | x | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   | x |   | x |
| Guadalupe                   |    | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Martinica                   |    | x |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Montserrat                  | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| San Martin                  | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| San Bartolomé               | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| St. Lucia                   |    | x | x | x |   |   |   |   | x |   |   |   | x |   | x |
| San Kitts and Nevis         |    | x | x | x |   |   | x |   |   |   | x |   | x | x |   |
| S.V. y las Granadinas       |    | x | x | x |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Islas Vírgenes de EE.UU     |    | x |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | x |   |   |
| Trinidad y Tobago           | x  | x | x | x | x | x | x | x | x |   | x | x | x | x |   |

| Subregión V           |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bahamas               | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Islas Caimán          | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Cuba                  | x  | x | x | x | x | x | x | x | x |   | x |   | x | x | x |
| República Dominicana  | x  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Jamaica               | x  | x | x | x |   | x |   |   | x | x | x |   | x |   | x |
| Puerto Rico           | x  |   |   | x |   | x |   |   |   |   |   |   | x |   | x |
| Islas Turcos y Caicos | ND |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

**ND: No disponible**

**A: Refinería de petróleo**

**B: Fábricas de azúcar, refinería y destilería**

**C: Bebidas y licores**

**D: Procesadoras de alimentos**

**E: Pulpa y papel**

**F: Industria química**

**G: Textil**

**H: Industria Básica (hierro, acero, maquinarias, metales no ferrosos)**

**I: Jabonería y perfumería**

**J: Minería**

**K: Plásticos**

**L; Tornería**

**M: Plantas eléctricas**

**N: Galvanoplastia**

**O: Otras**

Los indicadores de calidad establecidos en la metodología para la estimación de las cargas contaminantes de origen terrestre a la región como resultado de los talleres efectuados en las ciudades de Caracas y La Habana en 2005 y 2006, respectivamente, son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y las grasas y aceites (G y A) <sup>9,10</sup>.

Sin embargo, el indicador grasas y aceites no fue evaluado en este reporte actualizado por la carencia de datos confiables al igual que los plaguicidas, metales pesados y la carga bacteriana, cuyas determinaciones están sujetas a los recursos y capacidades disponibles en cada país.

La tabla 7 muestra la carga contaminante industrial estimada en toneladas anuales dispuesta por subregión en la RGC. Se utilizó la más reciente información disponible para cada país en el período 1997-2008.

**Tabla 7. Carga contaminante industrial (t.año<sup>-1</sup>) dispuesta por subregión en la RGC (1997-2008) <sup>8</sup>**

| <b>Carga contaminante industrial dispuesta en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)</b> |                        |                |                |               |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| <b>Países y territorios</b>                                                   | <b>DBO<sub>5</sub></b> | <b>DQO</b>     | <b>SST</b>     | <b>NT</b>     | <b>PT</b>    |
| <b>Subregión I</b>                                                            |                        |                |                |               |              |
| Estados Unidos de América                                                     | 112,600                | 198,410        | 295,340        | 6,060         | 974          |
| México                                                                        | 83,649                 | 175,662        | 209,122        | 7,350         | 1,470        |
| <i>Subtotal</i>                                                               | <i>196,249</i>         | <i>374,072</i> | <i>504,462</i> | <i>13,410</i> | <i>2,444</i> |
| <b>Subregión II</b>                                                           |                        |                |                |               |              |
| Belice                                                                        | 870                    | 1,827          | 218            | 290           | 80           |
| Guatemala                                                                     | 7,362                  | 15,460         | 2,408          | 24            | 5            |
| Honduras                                                                      | 410                    | 856            | 100            | 115           | 70           |
| Nicaragua                                                                     | 312                    | 733            | 39             | 78            | 36           |
| Costa Rica                                                                    | 801                    | 2,034          | 1,305          | 135           | 62           |
| Panamá                                                                        | 199                    | 897            | 1,913          | 17            | 10           |
| <i>Subtotal</i>                                                               | <i>9,954</i>           | <i>21,807</i>  | <i>5,983</i>   | <i>659</i>    | <i>263</i>   |
| <b>Subregión III</b>                                                          |                        |                |                |               |              |
| Colombia                                                                      | 4,000                  | 6,000          | 80,000         | 1,000         | 100          |
| Venezuela                                                                     | 28,559                 | 59,974         | 6,155          | 9,605         | 475          |
| Guyana                                                                        | 87                     | 183            | 26             | 8             | 5            |
| Guyana Francesa                                                               | 51                     | 214            | 28             | 10            | 6            |
| Surinam                                                                       | 102                    | 214            | 28             | 10            | 6            |
| Aruba                                                                         | NA                     |                |                |               |              |
| Antillas Holandesas                                                           | 1,489                  | 3,127          | 438            | 145           | 88           |
| <i>Subtotal</i>                                                               | <i>34,288</i>          | <i>69,498</i>  | <i>86,647</i>  | <i>10,768</i> | <i>674</i>   |
| <b>Subregión IV</b>                                                           |                        |                |                |               |              |
| Anguila                                                                       | NA                     |                |                |               |              |
| Antigua y Barbuda                                                             | 45                     | 95             | 9              | 4             | 2            |
| Barbados                                                                      | 1,650                  | 4,116          | 15             | 58            | 7            |
| Islas Vírgenes Británicas                                                     | 5                      | 11             | 2              | 1             | 1            |
| Dominica                                                                      | 636                    | 1,336          | 120            | 24            | 18           |
| Granada                                                                       | 365                    | 767            | 185            | 21            | 17           |
| Guadalupe                                                                     | 538                    | 1,026          | 123            | 32            | 18           |
| Martinica                                                                     | 734                    | 2,378          | 770            | NA            | NA           |
| Montserrat                                                                    | NA                     |                |                |               |              |
| St. Lucia                                                                     | 190                    | 399            | 895            | 38            | 34           |
| San Martín                                                                    | NA                     |                |                |               |              |
| San Bartolomé                                                                 | NA                     |                |                |               |              |
| San Kitts and Nevis                                                           | 183                    | 384            | 100            | 8             | 5            |
| S.V. y las Granadinas                                                         | 44                     | 2,331          | 800            | 6             | 2            |
| Trinidad y Tobago                                                             | 192,337                | 340,336        | 39,138         | 1,125         | 523          |
| Islas Vírgenes de EE.UU                                                       | 335                    | 704            | 225            | 9             | 4            |
| <i>Subtotal</i>                                                               | <i>197,062</i>         | <i>353,883</i> | <i>42,382</i>  | <i>1,326</i>  | <i>631</i>   |

| Subregión V           |                |                 |                |               |              |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|
| Bahamas               | NA             |                 |                |               |              |
| Islas Caimán          | NA             |                 |                |               |              |
| Cuba                  | 44, 340        | 93, 083         | NA             | 1, 697        | 1, 194       |
| República Dominicana  | 587            | 1, 190          | 69             | 32            | 14           |
| Haití                 | 521            | 1, 051          | 58             | 27            | 12           |
| Puerto Rico           | 1, 491         | 3, 131          | 5, 610         | 1             | 5            |
| Jamaica               | 5, 178         | 10, 873         | 2, 788         | 158           | 62           |
| Islas Turcos y Caicos | NA             |                 |                |               |              |
| <i>Subtotal</i>       | <i>52, 117</i> | <i>109, 328</i> | <i>8,525</i>   | <i>1, 915</i> | <i>1,287</i> |
| <b>Total</b>          | <b>489,000</b> | <b>928,000</b>  | <b>648,000</b> | <b>28,000</b> | <b>5,000</b> |

ND: No disponible

En general, las mayores cargas contaminantes industriales dispuestas a la RGC provienen de la subregión I (Golfo de México) mientras que la subregión II (Caribe Occidental) aporta las cantidades más bajas asociada a su creciente desarrollo industrial enfocado hacia el centro y las costas del Océano Pacífico.

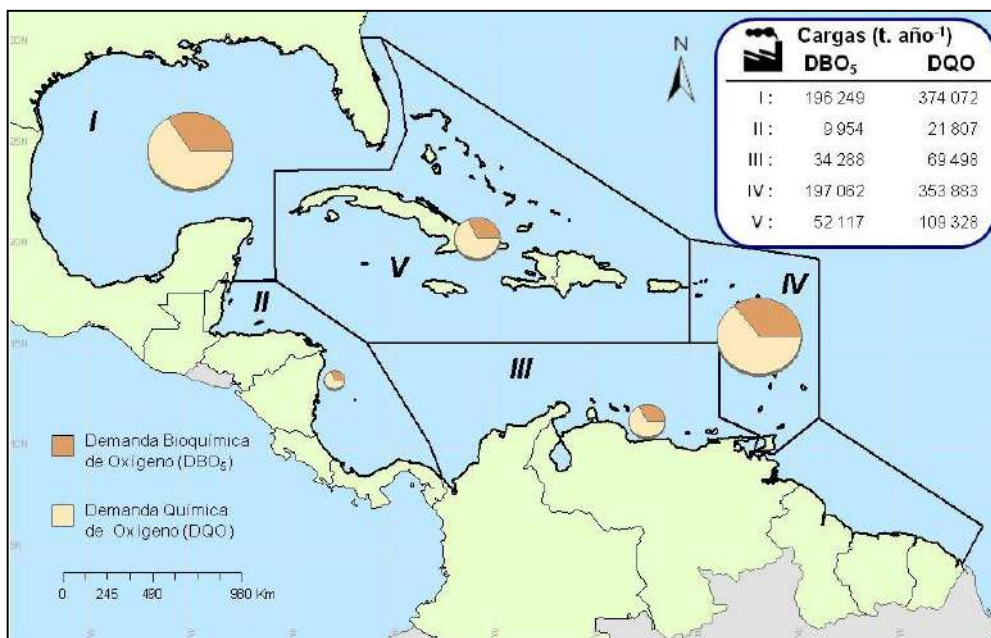
Estos resultados están asociados al desarrollo industrial de la zona costera tributaria, así como a los niveles y especificidad del tratamiento y reutilización de las aguas residuales industriales.

#### 4.2. Materia orgánica de origen industrial

La figura 11 muestra los aportes de materia orgánica, representada por DBO<sub>5</sub> y DQO, contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas por subregión a la RGC. La subregión I (Golfo de México) y la subregión IV (Caribe Oriental) aportan las mayores cargas orgánicas.

El aporte tan elevado de materia orgánica en la subregión IV que agrupa a las pequeñas islas de las Antillas Menores con escaso desarrollo y diversidad industrial, se debe a la alta contribución de Trinidad y Tobago con un desarrollo industrial ascendente reforzado por la industria del petróleo; sin embargo, la información corresponde al año 1997 y está incluida en su Reporte Técnico Nacional <sup>8</sup>.

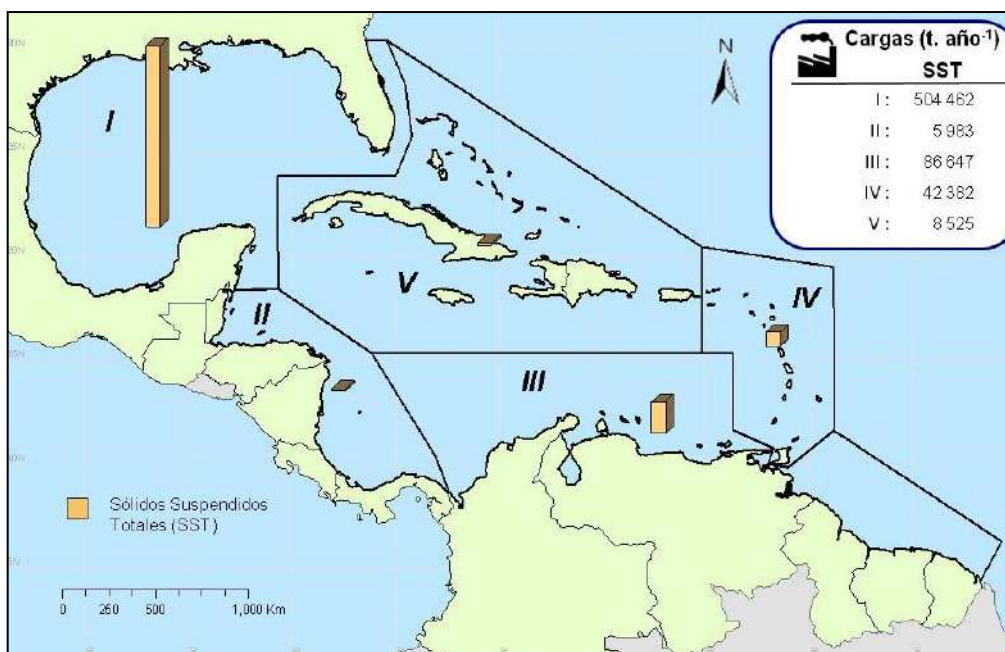
La subregión II (Caribe Occidental) es la de menor contribución asociado a su creciente desarrollo industrial dirigido hacia la costa del Pacífico.



**Figura 11. Aportes de materia orgánica (DBO<sub>5</sub>/DQO) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)**

### 4.3. Sólidos Suspendidos de origen industrial

La figura 12 muestra el aporte de sólidos suspendidos totales (SST) contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas a la región.



**Figura 12. Aportes de sólidos suspendidos totales (SST) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)**

Las mayores contribuciones provienen de la subregión I (Golfo de México) asociado a las descargas de más de 4 000 industrias y la subregión III (Caribe Sur). Al igual que en la materia orgánica, los aportes menos significativos de sólidos suspendidos totales corresponden a la subregión II (Caribe Occidental) por razones previamente citadas en las secciones 4.1 y 4.2.

#### 4.4. Nutrientes de origen industrial

Los problemas de eutrofización detectados en la RGC y que afectan seriamente a los ecosistemas costeros, están relacionados principalmente con los aportes de nutrientes (NT y PT) <sup>27</sup>. La relación entre estos dos indicadores en la actividad industrial es diferente a la actividad urbana porque su presencia está regida por las materias primas utilizadas en los procesos tecnológicos y pueden generarse mayores cantidades de nitrógeno en decremento del fósforo o viceversa.

La figura 13 muestra los aportes de nutrientes (NT y PT) contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas por subregión. Las mayores contribuciones de nitrógeno total (NT) provienen de la subregión I (Golfo de México) y la subregión III (Caribe Sur), mientras que los mayores aportes de fósforo total (Pt) proceden de la subregión I (Golfo de México) y la subregión V (Caribe Nororiental y Central). El aporte más bajo tanto de nitrógeno como de fósforo proviene de la subregión II (Caribe Occidental).

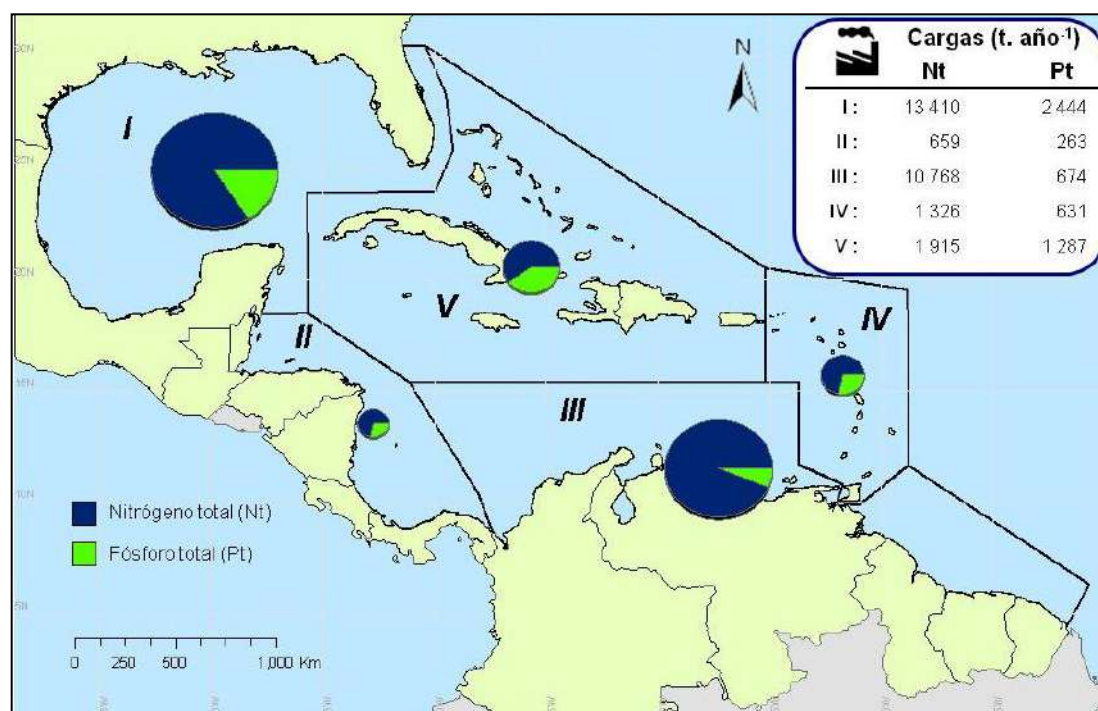


Figura 13. Aportes de nutrientes (NT y PT) de origen industrial por subregión en la RGC (t.año<sup>-1</sup>)

#### 4.5. Comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 original

La tabla 8 muestra los niveles comparativos de las cargas contaminantes de los diferentes indicadores de calidad de las aguas residuales industriales dispuestas por subregión en la RGC, excepto DQO, en toneladas anuales, reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.

No obstante, es incuestionable el incremento en las capacidades de tratamiento y disposición de las aguas residuales industriales en la RGC, en particular en la industria del petróleo, y el aumento de la concientización ambiental. Asimismo, los gobiernos han incrementado sus demandas a la industria con relación a la protección ambiental en la RGC en los años recientes.

Se observa una fuerte reducción en las cargas contaminante industriales dispuestas en WCR, a pesar del progresivo desarrollo industrial. BOD<sub>5</sub> con una reducción de 85%, TSS una reducción de 98%, TN una reducción de 92% y TP una reducción de 93% lo que evidencia, aparentemente, un incremento en la cobertura de tratamiento en la RGC.

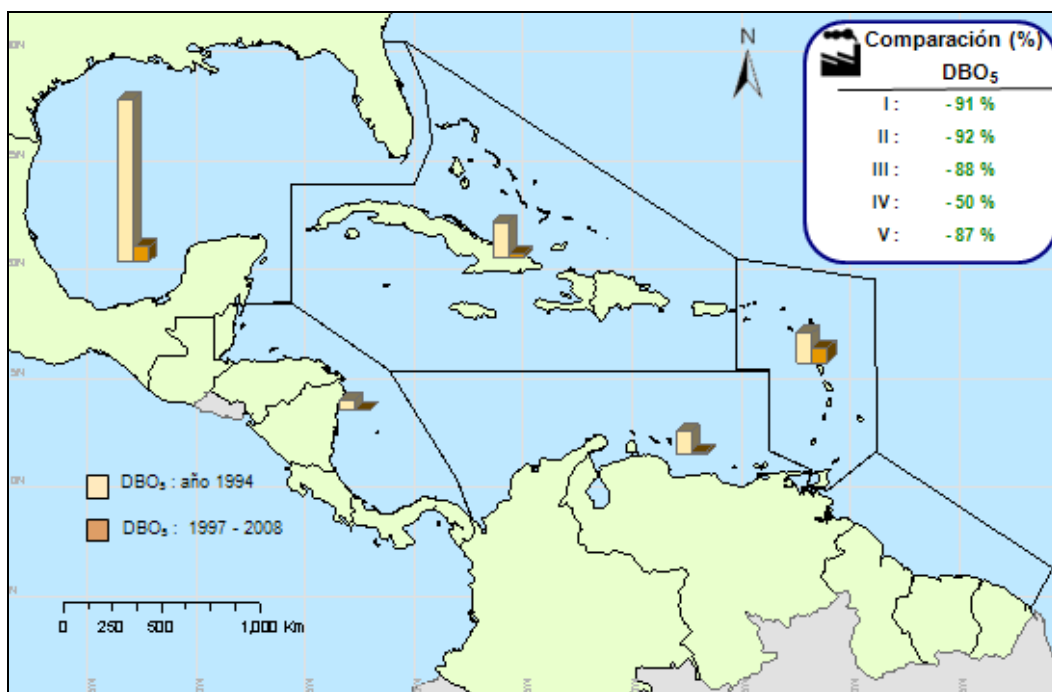
**Tabla 8. Niveles comparativos de las cargas contaminantes industriales por subregiones en la RGC (t.año<sup>-1</sup>) reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en el reporte actualizado <sup>5,8</sup>**

| Sub-región | Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado | DBO <sub>5</sub> | SST          | NT       | PT      |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------------|--------------|----------|---------|
| I          | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 2, 142, 324      | 2,7 74,2 15  | 13, 673  | 16, 293 |
|            | Reporte actualizado                                            | 196,249          | 504,462      | 13,410   | 2,444   |
| II         | RT PAC No. 33(1994)                                            | 126 ,259         | 149, 887     | 40, 526  | 4, 519  |
|            | Reporte actualizado                                            | 9,954            | 5,983        | 659      | 263     |
| III        | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 304, 100         | 1, 624 768   | 100, 067 | 32, 353 |
|            | Reporte actualizado                                            | 34, 288          | 86, 647      | 10, 768  | 674     |
| IV         | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 393, 707         | 1, 330, 270  | 148, 306 | 15, 343 |
|            | Reporte actualizado <sup>1</sup>                               | 197, 062         | 42, 382      | 1, 326   | 631     |
| V          | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 460, 872         | 1, 073, 696  | 46, 532  | 14, 114 |
|            | Reporte actualizado <sup>2</sup>                               | 52, 117          | 8, 525       | 1, 915   | 1, 287  |
| Total      | RT PAC No. 33 (1994)                                           | 3, 427, 000      | 31, 920, 000 | 349, 000 | 82, 000 |
|            | Reporte actualizado                                            | 489,000          | 648,000      | 28,000   | 5,000   |

<sup>1</sup> No incluye Anguila, San Martin, San Barteleml y Montserrat por la falta de información.

#### 4.5.1. Materia orgánica

La figura 14 muestra los cambios en los aportes orgánicos, representados por la  $\text{DBO}_5$ , contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas por subregión en la RGC (toneladas anuales), reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado.



**Figura 14. Aportes orgánicos ( $\text{DBO}_5$ ) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

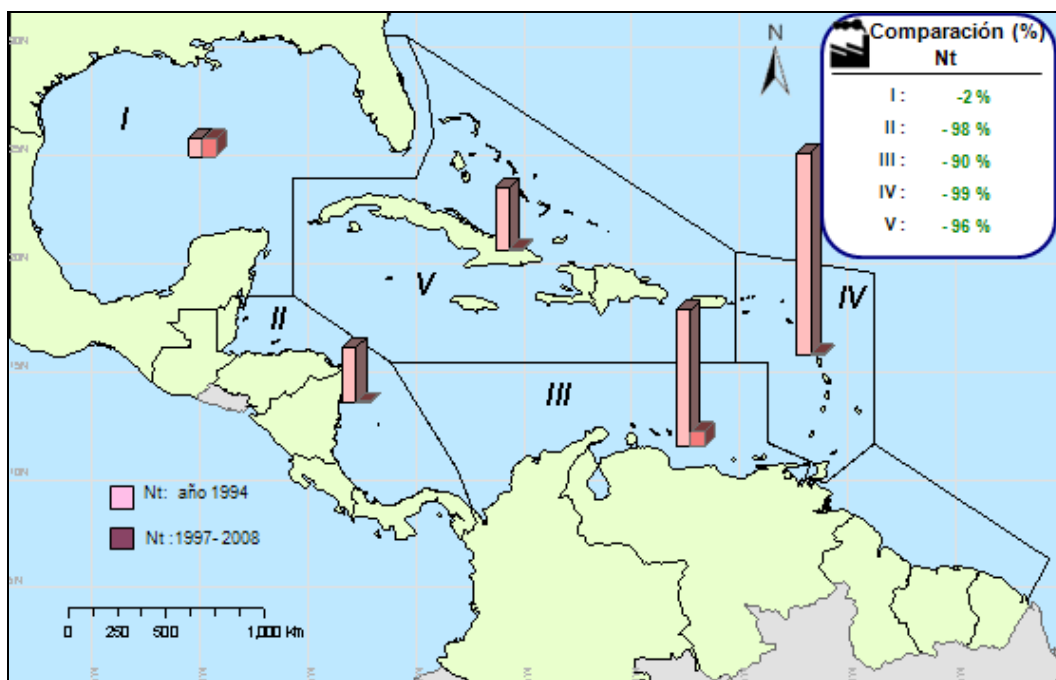
Se observa una fuerte reducción de la carga contaminante orgánica en la RGC a pesar del creciente desarrollo industrial. Las mayores reducciones se observan en la subregión II (Caribe Occidental) asociado a su desarrollo industrial enfocado hacia el Océano Pacífico y la subregión I (Golfo de México) con más del 90% per cápita, mientras que la menor reducción se presenta en la subregión IV (Caribe Oriental) con 50%. La subregión III (Caribe Sur) y la subregión V (Caribe Nororiental y Central) presentan reducciones similares de 88%.

#### 4.5.2. Sólidos Suspendidos Totales

El aporte de sólidos suspendidos totales (SST) de origen industrial presenta reducciones en cada una de las subregiones de la RGC, destacándose la subregión V (Caribe Nororiental y Central) con una reducción de 99%. Las subregiones IV (Caribe Oriental), III (Caribe Sur) y II (Caribe Occidental) muestran una reducción por encima del 90%, mientras la reducción menos significativa se presenta en la subregión I (Golfo de México) con el 82%.

#### 4.5.3. Nutrientes

La figura 15 muestra los aportes de nitrógeno total (NT) contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas por subregión en la RGC (toneladas anuales), reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado.



**Figura 15. Aportes de nitrógeno total (NT) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado**

Las mayores reducciones se observan en las subregiones IV (Caribe Oriental) y II (Caribe Occidental) con 99% y 98%, respectivamente, mientras que las reducciones más bajas se presentan en las subregión I (Golfo de México) con solamente el 2%.

La figura 16 muestra los aportes de fósforo total (PT) contenidos en las aguas residuales industriales dispuestas por subregión en la RGC, reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.

Las mayores reducciones de fósforo total se observan en las subregiones III (Caribe Sur) y IV (Caribe Oriental) con 98% y 96%, respectivamente, mientras que la reducción más baja se presenta en la subregión I (Golfo de México) con 85% donde la industria del petróleo y su industria de apoyo prevalecen en la zona costera.

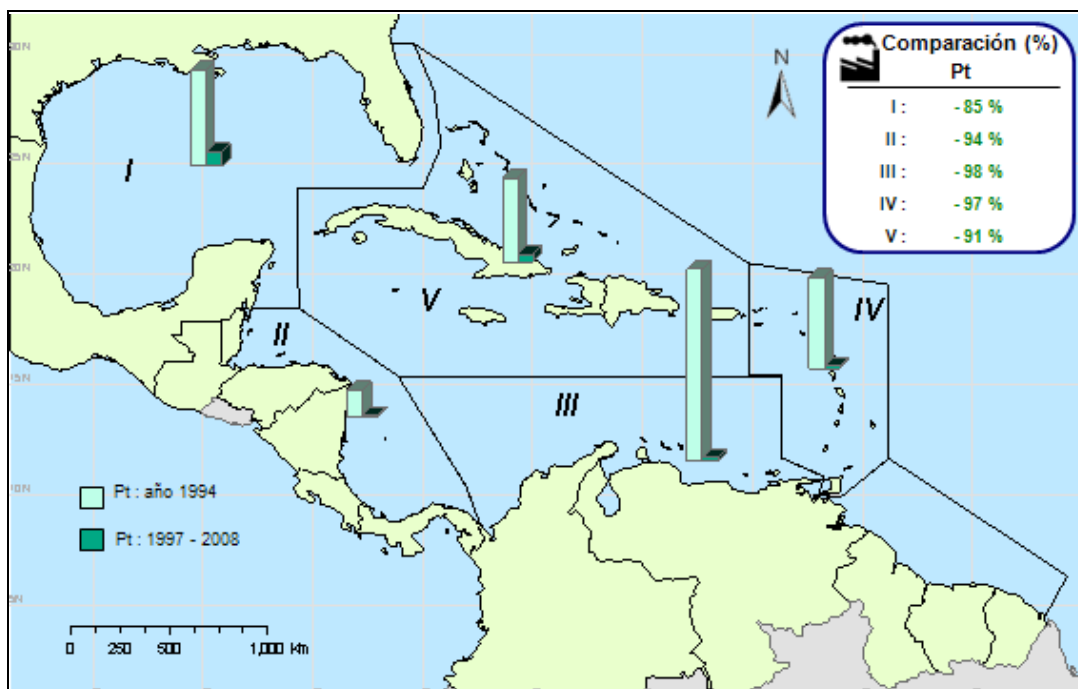


Figura 16. Aportes de fósforo total (Pt) de origen industrial por subregión en la RGC y la comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y el reporte actualizado

#### 4.5.4. Observaciones generales comparando los datos de 1994 y los datos actuales

En general, con la comprensión de las limitaciones de la data disponible, desde 1994, se observa una fuerte reducción de la carga contaminante de origen industrial dispuesta a la RGC y entre las causas fundamentales se encuentran:

- *Interrelación entre la buena gobernanza y la protección ambiental;* se evidencia una creciente concientización ambientalista y la necesidad compartida de acceder al desarrollo tecnológico con la preservación del medio ambiente, unido a la voluntad política de complementarse mutuamente y una buena gobernanza.
- *Implementación de medidas organizativas y legales para reducir las descargas indebidas de desechos industriales;* los gobiernos han incrementado las exigencias a la industria y entre las medidas más efectivas se encuentran la imposición de penalidades por el vertido de aguas residuales industriales que ha promovido la construcción de numerosas plantas de tratamiento en el sector industrial de la región y la exigencia con carácter obligatorio de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para los nuevos proyectos de obras y la expansión o modificación de obras existentes, que han contribuido a la implementación de Prácticas de Producción más Limpia (PPML) que mejoran los Programas de Manejo Integrado Costero (MIC) y la calidad ambiental en la RGC.

- *Inversiones de las empresas transnacionales*; las empresas transnacionales han realizado inversiones en la RGC y en su competencia por ser líderes del mercado, se han visto precisadas al cumplimiento de los requerimientos del sistema de calidad de las normas ISO, en particular la norma ISO 14001 <sup>28</sup> que conduce a Producciones Más Limpias con un mínimo de residuales y daños al medio ambiente.
- *Ahorro del recurso agua*; el incremento en la reutilización de las aguas residuales industriales y su recirculación en los procesos productivos han producido efectos muy positivos en la reducción de las cargas contaminantes industriales a la RGC. En el año 2003, la industria mexicana generó  $5.4 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  ( $171 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$ ) de aguas residuales industriales y existían 1,640 plantas de tratamiento y de ellas estaban en operación 1,579 que depuraron  $27.4 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$  de aguas contaminadas. Se estima que el agua residual tratada reutilizada, alcanzó  $26.3 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$ ; el 4% se reutilizó directamente en la industria, el 91% de forma indirecta y solamente el 5% se descargó en los cuerpos receptores <sup>29</sup>.

Los límites de efluentes establecidos para las aguas residuales industriales dispuestas en la RGC, deben considerar las características de la industria y sus aguas residuales, así como las características del sitio de descarga y/o del medio marino receptor de acuerdo al Anexo II del Protocolo FTCM.

#### **4.6. Vertidos de hidrocarburos del petróleo**

Los vertidos de hidrocarburos del petróleo en la RGC producen efectos adversos en la ecología de los ecosistemas costeros, en particular en los arrecifes coralinos, lechos de pastizales marinos, bosques de manglares y poblaciones de peces y mariscos; además, resulta especialmente letal los eventos de derrames masivos de petróleo causados por accidentes marítimos de tanqueros y de plataformas de petróleo costa afuera (offshore). Adicionalmente, pueden afectar las playas de la región y pueden tener impactos negativos significativos sobre la economía de los países asociados al turismo.

Las cargas contaminantes por petróleo dispuestas a la región no están cuantificadas debido a que la información emitida por los países fue dispersa, insuficiente y estadísticamente no permitía una caracterización apropiada para cada subregión. Sin embargo, los vertidos de petróleo asociados a la industria, el transporte y las operaciones offshore constituyen una de las grandes amenazas a la RGC <sup>30</sup>.

#### 4.6.1. Riesgos de la contaminación industrial por hidrocarburos en la RGC

Se estima que el 90% de la contaminación por hidrocarburos en la RGC proviene de fuentes y actividades industriales terrestres, en particular de refinerías de petróleo que ascienden a más de 100 instalaciones radicadas en casi todos los países de la región, aunque el 75% están localizadas en la subregión I (Golfo de México). Asimismo, una parte significativa del petróleo producido se transporta por los mares de la región con destino a EUA a través de una intrincada red de rutas de distribución que constituyen un peligro potencial a la RGC por los riesgos de derrames de petróleo a causa de accidentes y fallos tecnológicos provocados por el movimiento de tanqueros a través de canales restringidos y en las proximidades de los puertos.

En el período 2003-2004 se llevó a cabo un estudio sobre los movimientos de buques en la región con información suministrada por Lloyd's Maritime Information Unit (LMIU) que incluyó cinco áreas de estudio: Costa Atlántica de Centroamérica (CAM), Costa Atlántica de los Estados Unidos de América (USA), Golfo de México (USG), Costa Atlántica de Sur América (SAA) y el Mar Caribe (CAR) con un movimiento total de 103 970 buques y una media de 8 664 buques mensuales y 285 buques diarios <sup>31</sup>.

La figura 17 muestra el movimiento diario y anual en las cinco áreas de estudio en el año 2003, así como la localización geográfica de cada área. Los mayores movimientos se localizaron en la Costa Atlántica de Sur América (SAA) con 28 392 buques anuales y los movimientos menores en el Golfo de México (USG) con 14 160 buques anuales. Este movimiento no identifica los tipos de buques involucrados pero brinda información del tráfico naviero y del peligro potencial que representa a la RGC debido a los riesgos de derrames de petróleo y otras sustancias nocivas.

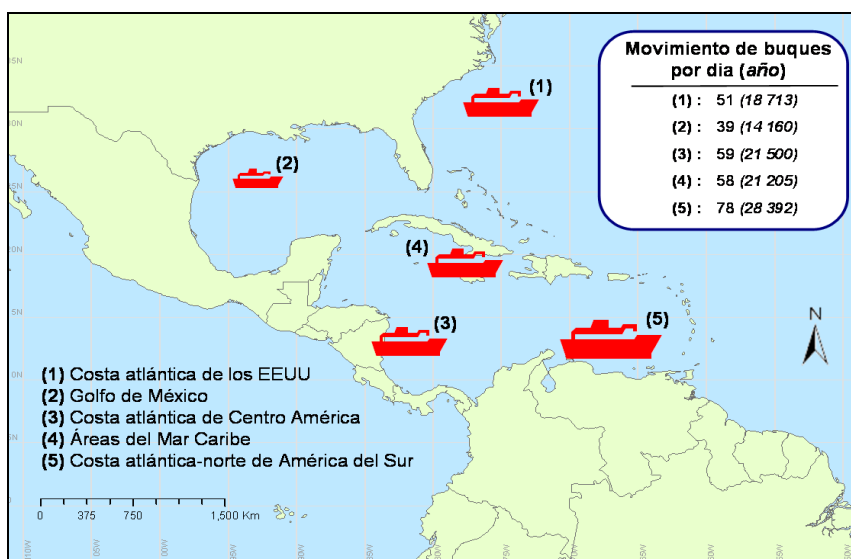


Figura 17. Movimiento anual y diario de los buques en las 5 áreas de estudio en el 2003 <sup>31</sup>

#### **4.6.2. Riesgos de las operaciones costa afuera en la RGC**

Las operaciones costa afuera (offshore) se incrementa aceleradamente en la RGC, en particular en la subregión I (Golfo de México) donde operan un gran número de plataformas de petróleo offshore. En la subregión III (Caribe Sur) se realizan operaciones offshore en el Lago de Maracaibo, Venezuela y exploración offshore en la cuenca baja de la Guajira, Colombia. En la subregión IV (Caribe Oriental) se desarrollan operaciones offshore a lo largo de la costa oriental de Trinidad y Tobago. Asimismo, en la subregión V (Caribe Nororiental y Central) se realizan investigaciones para la perforación-exploración offshore al Norte de la costa occidental de Cuba y en las costas de Jamaica.

Los derrames de petróleo desde plataformas offshore ocurren como consecuencia de las roturas de tuberías, explosiones y “fuera de control” de los pozos, incendios, desbordamientos y mal funcionamiento de los equipos. Una notoria catástrofe de un derrame de petróleo en plataformas offshore ocurrió en el pozo IXTOC I en la subregión I (Golfo de México) en el año 1979, escapándose  $0.5 \times 10^6$  toneladas de crudo ligero en un período de 9 meses hasta el sellado y control de la fuga del pozo.

A finales de Abril de 2010 ocurrió la explosión y hundimiento de una plataforma de petróleo offshore en la subregión I (Golfo de México) que dejó escapar en sus primeras semanas hasta 800,000 litros de petróleo diarios. Unas semanas después tuvo lugar el hundimiento de una plataforma de gas offshore en la subregión III (Caribe Sur).

La llamada “agua producida” -agua residual liberada del estrato petrolífero durante su explotación con petróleo y gas- es otra fuente potencial de contaminación porque habitualmente se descarga al medio marino aunque en ocasiones es re-inyectada en la bolsa de petróleo de acuerdo a la legislación ambiental del país donde operan y el balance económico del pozo. Con frecuencia estas aguas se contaminan con restos de productos químicos del hidrocarburo, sustancias resultantes del proceso de inyección (dispersantes, anticorrosivos y biocidas) y por trazas de petróleo en disolución y particulado.

El agua producida vertida al mar forma “plumas”, a merced de las mareas y del viento, que transportan los contaminantes hasta varios kilómetros de distancia, pudiendo producir concentraciones de hidrocarburos en organismos filtradores (ostras) en las costas hasta 20 km de distancia de la plataforma offshore y la formación de bolas de alquitrán conocidas como *tar balls* -emulsión agua en petróleo con 70-80 % de agua unido a otras partículas en suspensión cuya degradación es muy lenta en el medio marino- que pueden afectar a las costas de playas de la RGC <sup>32</sup>. Concentraciones de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  (ppm) e incluso menores pueden inhibir el crecimiento fitoplanctónico y las bacterias pelágicas.

El efecto del agua producida se extiende por el fondo marino a una distancia que depende del relieve submarino y de las condiciones oceanográficas existentes. Los valores medidos han alcanzado desde 5 km, afectando a una superficie de 80-100 km<sup>2</sup>, hasta 90 km desde el lugar de vertido aunque las mayores concentraciones se han localizado alrededor de la plataforma <sup>33,34</sup>.

Además, en las plataformas offshore, la combustión de gases residuales conjuntamente con los restos de petróleo asociados produce contaminación atmosférica. En la mayor plataforma de los Grandes Bancos de Terranova, Canadá, conocida como Hibernia, se quemaron de 1-2 millones de m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup> de gases en el período 1997-2000, formando una llama de 20 m de altura sobre la chimenea <sup>35</sup>.

## **5. CUENCAS HIDROGRÁFICAS. ACTUALIZACIÓN**

### **5.1. Cargas contaminantes de cuencas hidrográficas dispuestas a la RGC**

Una cuenca hidrográfica es un área de terreno que drena el agua de lluvia o de riego hacia un arroyo, río, lago, marisma, bahía o acuífero. Los contaminantes y sedimentos pueden ser recogidos por estas aguas, transportados en los cursos de agua y eventualmente depositados en los ambientes costeros. La calidad de las aguas costeras y marinas puede por consiguiente, ser impactada por actividades humanas realizadas a grandes distancias de la línea de costa.

En los países de la RGC muchas de las cuencas hidrográficas han sido seriamente dañadas como resultado de los largos períodos de economías agrícolas, el desarrollo urbano y rural, y el creciente desarrollo industrial a expensas de las tierras de uso forestal.

La contaminación por nutrientes y por sedimentos debido a inadecuadas prácticas agrícolas es un problema grave que impacta negativamente los ecosistemas marino-costeros de la RGC. Además, el uso comercial de la madera, la utilización de la leña para usos domésticos y la construcción de viales han incrementado la tasa de deforestación en la región, contribuyendo a la erosión de los terrenos y un aumento en la descarga de las partículas sólidas en las vías fluviales. Adicionalmente, la escorrentía urbana es un problema creciente en la región debido al crecimiento de núcleos urbanos y la infraestructura del turismo. El desmonte y la limpieza de terrenos para el desarrollo incrementan la impermeabilidad en las cuencas, por lo tanto, se acelera y concentra la contaminación, debido a la escorrentía urbana, en calles, estacionamientos, autopistas y otras superficies urbanas.

La escorrentía minera, en particular en las áreas donde se localizan yacimientos de minerales a cielo abierto constituye una fuente de contaminantes tóxicos y peligrosos que eventualmente afectan los

ecosistemas costeros. La extracción de bauxita es particularmente importante para las economías de Jamaica, Surinam, Guyana y en un menor grado, para la República Dominicana y Haití aunque en el caso de Jamaica, los residuos de la bauxita no se descargan en los ríos ni en las áreas costeras sino en depósitos especiales. Otras operaciones de explotación minera en la región comprenden la extracción de yacimientos para la producción de óxido de níquel, que se lleva a cabo principalmente en Cuba y la República Dominicana <sup>5,36</sup>.

Estos cursos de agua, a su vez, presentan diversos grados de contaminación debido a los aportes de aguas residuales domésticas e industriales que tributan a través de drenajes pluviales, ramales de alcantarillados y conexiones clandestinas.

Estudios realizados sobre el atarquinamiento de los arrecifes de coral a lo largo de la costa de la subregión II (Caribe Occidental), confirman el impacto negativo causado por las cargas sedimentarias arrastradas por los ríos a la RGC <sup>37</sup>.

La estimación de las cargas de nutrientes provenientes de las cuencas tributarias de EUA se realizó usando el modelo SPARROW <sup>45</sup>. En la estimación de las cargas procedentes de Colombia y Venezuela se utilizaron métodos directos mediante la toma de muestras y registros *in situ* con equipos portátiles, mediciones de flujo y métodos analíticos normalizados para ensayos de laboratorio. Además, se utilizó la base de datos existentes en varios laboratorios de la región <sup>8</sup>.

Los indicadores de calidad más comúnmente analizados en las corrientes fluviales por su efecto nocivo en el medio marino son:

- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).
- La demanda química de oxígeno (DQO).
- Los sólidos suspendidos totales (SST).
- El nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT).
- Aceites y grasas (A y G).
- Los coliformes totales (CT).
- Los metales pesados (cromo, plomo y cadmio). Estos tóxicos al medio marino no fueron evaluados debido a la carencia de información.

La tabla 9 muestra la carga contaminante media anual dispuesta en la RGC (t.año<sup>-1</sup>), el área de drenaje (km<sup>2</sup>) y el flujo (m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>) de las principales cuencas hidrográficas por subregión.

**Tabla 9. Carga contaminante media anual dispuesta en la RGC (t.año<sup>-1</sup>), área de drenaje (km<sup>2</sup>) y el flujo (m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>) de las cuencas hidrográficas por subregión (2000-2008)** <sup>8,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50</sup>

| Cuencas hidrográficas           | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Flujo (m <sup>3</sup> .seg <sup>-1</sup> ) | Carga media anual (t.año <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>3</sup> |                      |          |                     |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------|---------------------|------------------|
|                                 |                                    |                                            | DBO <sub>5</sub>                                           | DQO                  | SST      | NT                  | PT               |
| Subregión I                     |                                    |                                            |                                                            |                      |          |                     |                  |
| Mississippi / Atchafalaya       | 3, 234, 000                        | 20, 141                                    | ND                                                         | ND                   | 169, 290 | 1, 424 <sup>1</sup> | 116 <sup>1</sup> |
| Cuencas menores                 | 1, 274, 020                        | 8, 755                                     | ND                                                         | ND                   | 47, 271  | 220                 | 36               |
| Subtotal                        | 4, 508, 020                        | 28, 896                                    | ND                                                         | ND                   | 216, 562 | 1, 644              | 152              |
| Subregión II                    |                                    |                                            |                                                            |                      |          |                     |                  |
| Cuencas menores                 | 291, 439                           | 2, 783                                     | 403                                                        | 1, 796               | 5, 800   | 12.7                | 4.3              |
| Subtotal                        | 291, 439                           | 2, 783                                     | 403                                                        | 1, 796               | 5, 800   | 12.7                | 4.3              |
| Subregión III                   |                                    |                                            |                                                            |                      |          |                     |                  |
| Río Orinoco                     | 952, 173                           | 32 ,321                                    | ND                                                         | ND                   | 105, 850 | 480 <sup>2</sup>    | ND               |
| Río Magdalena / Canal del Dique | 256, 622                           | 7 ,576                                     | 2, 983                                                     | 13, 290              | 96, 000  | 95                  | 67               |
| Cuencas menores                 | 69, 948                            | 5 ,209                                     | 238                                                        | 1, 060               | 433      | 45                  | 53               |
| Subtotal                        | 1, 278, 743                        | 45, 106                                    | 3, 221                                                     | 14, 350              | 202, 283 | 620                 | 120              |
| Subregión IV                    |                                    |                                            |                                                            |                      |          |                     |                  |
| Cuencas menores                 | 105, 242                           | 1, 005                                     | 1.7                                                        | 8                    | 2.6      | 0.2                 | 0.04             |
| Subtotal                        | 105, 242                           | 1, 005                                     | 1.7                                                        | 8                    | 2.6      | 0.2                 | 0.04             |
| Subregión V                     |                                    |                                            |                                                            |                      |          |                     |                  |
| Cuencas menores                 | 378, 871                           | 3, 618                                     | 524                                                        | 2, 335               | 7, 540   | 16.5                | 5.6              |
| Subtotal                        | 378, 871                           | 3, 618                                     | 524                                                        | 2, 335               | 7, 540   | 16.5                | 5.6              |
| Total                           | 6, 562, 000                        | 81, 000                                    | 4, 000 <sup>3</sup>                                        | 18 ,000 <sup>3</sup> | 432, 000 | 2,300               | 300 <sup>4</sup> |

ND: No disponible

<sup>1</sup>SPARROW model (Alexander *et al.*, 2008).

<sup>2</sup>Ramirez, Rose & Bifano (1988); Lewis & Saunders (1986); Meybeck (1982).

<sup>3</sup>No incluye los aportes orgánicos de la subregión I y la cuenca del Río Orinoco por carencia de datos.

<sup>4</sup>No incluye el aporte de fósforo de la cuenca del Río Orinoco por la carencia de datos.

La subregión I (Golfo de México) descarga altas cargas de sólidos suspendidos (más de 200 millones de toneladas anuales) y nitrógeno (más de 1 millón de toneladas anuales) a la RGC de acuerdo a los resultados del modelo SPARROW en la cuenca Mississippi /Atchafalaya. La subregión III (Caribe Sur) descarga, asimismo, altas cargas de sólidos suspendidos con más de 200 millones de toneladas anuales.

La RGC recibe el aporte de tres de las cinco cuencas hidrográficas más importantes de América Latina y el Caribe; la cuenca Mississippi/Atchafalaya en EUA, la cuenca del Río Magdalena/Canal del Dique en Colombia y la cuenca del Río Orinoco en Venezuela que aportan

en total un caudal de agua dulce de  $60,000 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}$  y cubren un área de drenaje superior a los 4 millones de kilómetros cuadrados (Figura 18).



**Figura 18. Caudal ( $\text{m}^3.\text{seg}^{-1}$ ) y cargas contaminantes ( $\text{t}.\text{año}^{-1}$ ) en las principales cuencas de la RGC**

La cuenca del Mississippi/Atchafalaya es una fuente importante de contaminación por sólidos suspendidos y fósforo a la RGC con casi 170 millones de toneladas anuales de SST y más de 100,000 toneladas anuales de PT. Aproximadamente, el 41% del territorio de EUA drena al Golfo de México a través de la cuenca del Río Mississippi y sus afluentes<sup>8</sup>.

La figura 19 muestra la descarga del Río Mississippi en el Golfo de México. Se observa la permanencia de la “pluma” formada por la descarga de los sedimentos en suspensión.



**Figura 19. Desembocadura del Río Mississippi**

La cuenca del Río Orinoco está localizada en zonas de alta pluviosidad y aporta los mayores caudales de agua dulce a la RGC con  $32,000 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}$  y es la segunda mayor fuente de contaminación por sólidos suspendidos en la Región con más de 100 millones de toneladas anuales. Además, aporta 480,000 toneladas NT anuales debido probablemente al tipo de litología drenada y el uso de fertilizantes y agroquímicos en la agricultura <sup>47,48,49,50</sup>.

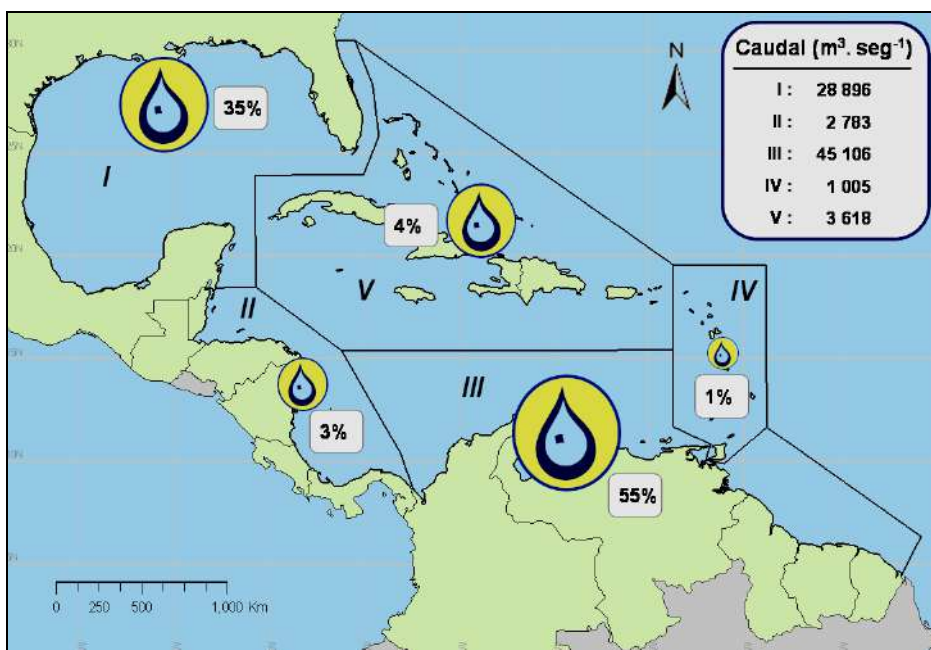
En la subregión I (Golfo de México) las áreas de drenaje cubren el Golfo de México incluido el sistema Río Mississippi/Atchafalaya, ríos tributarios al Golfo de Texas, el Río Grande y los ríos del Golfo Atlántico Sur y la Costa Este de México hasta la Península de Yucatán.

La cuenca del Mississippi/Atchafalaya cubre casi el 50% del área de drenaje total hacia la RGC superior a los tres millones de kilómetros cuadrados y cuenta con seis sub-cuencas principales que conforman la parte superior del Río Mississippi, el Río Missouri, el Río Ohio, el Río Arkansas, la parte baja del Río Mississippi y el Río Rojo (Figura 20).



**Figura 20. Cuenca del Mississippi/Atchafalaya, EUA**

La figura 21 muestra el aporte de agua dulce procedente de las cuencas hidrográficas por subregión en la RGC. Los mayores caudales son dispuestos por la subregión III (Caribe Sur) con 55% seguido de la subregión I (Golfo de México) con 35%, mientras que los aportes menos significativos provienen de la subregión IV (Caribe Oriental) con 1% que concierne a las pequeñas islas de las Antillas Menores y la subregión II (Caribe Occidental) con 3%. En total se descargan  $81,000 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$  de agua dulce a la RGC con un aporte importante de nutrientes y materia orgánica a las aguas marinas y un incremento de su fertilidad.



**Figura 21. Aporte de agua dulce ( $\text{m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$  y %) de los ríos por subregión**

Estos resultados están asociados a la pluviosidad existentes en las cuencas tributarias, el área de drenaje y su desarrollo urbano, industrial y agrícola. Además, la escorrentía está relacionada con los procedimientos y prácticas de gestión ambiental en las cuencas altas, cuya evolución ha sido desigual en los países de la región e incluso dentro de un mismo país, debido a la escasa coordinación entre las instituciones y actores de las cuencas. Esto puede causar conflictos de competencia y, sobre todo, vacíos en la ejecución de las tareas porque cada factor busca sacar ventajas de su ubicación y derechos de agua, sin preocuparse de si al hacerlo contamina aguas abajo ni se siente responsable del control del drenaje urbano <sup>51</sup>.

## **5.2. Sólidos Suspendidos de cuencas hidrográficas**

Las descargas de sedimentos a la RGC están asociadas con la erosión de los terrenos dentro de las cuencas debido a la deforestación, urbanización, agricultura y acuicultura tales como el desbroce y limpieza de la tierra y el uso incorrecto de las técnicas de cultivo. El progresivo desarrollo en la RGC ha requerido cambios en el uso tradicional de la tierra, particularmente incrementos en la agricultura y la ganadería en detrimento de las tierras de uso forestal <sup>5</sup>.

Los mayores aportes de sólidos suspendidos (SST) provienen de las subregiones I (Golfo de México) y III (Caribe Sur) con más de 200 millones de toneladas SST.año<sup>-1</sup>, mientras que los aportes menos significativos proceden de la subregión IV (Caribe Oriental) con apenas 2,600 t.año<sup>-1</sup> procedentes principalmente de Trinidad y Tobago. Las subregiones V (Caribe Nororiental y Central) y II (Caribe Occidental) aportan entre 7 y 6 millones de toneladas SST.año<sup>-1</sup>, respectivamente.

Es importante destacar el aporte de la cuenca del Río Cobre, localizada en la subregión V (Caribe Nororiental y Central) que contribuye con el 97.4% (1,400,000 t.año<sup>-1</sup>) de la tasa anual de sedimentos descargados a la Bahía de Kingston, Jamaica <sup>41</sup>. Esta carga representa casi el 20% de la carga media anual de SST descargado en la subregión V (Tabla 9).

El Río Cobre fue estudiado en el marco del GEF Proyecto Regional RLA/93/G4 “Planificación y Manejo Ambiental de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe” para estimar la tasa anual de sedimentación en Hunts Bay a causa de las descargas procedentes de los ríos tributarios y el canal Sandy Gully.

La figura 22 muestra la “pluma” formada por la descarga del Río Cobre a la región.



**Figura 22. Comportamiento típico de la “pluma” de descarga de los sedimentos suspendidos del Río Cobre en Hunts Bay, Bahía de Kingston, Jamaica**

### **5.3. Nutrientes de cuencas hidrográficas**

Los aportes de nutrientes provenientes de las cuencas hidrográficas a la RGC superan los 2 millones de toneladas anuales de nitrógeno (NT) y 300 mil toneladas anuales de fósforo total (PT), sin considerar el aporte del Río Orinoco por falta de información con relación al fósforo. Los nutrientes causan el crecimiento excesivo de algas marinas que conduce a la disminución de los niveles de oxígeno en las aguas costeras, causando a la postre la muerte de organismos marinos en un proceso conocido como "eutrofización".

Las mayores contribuciones de nitrógeno y fósforo provienen de la subregión I (Golfo de México) con 1.6 millones de toneladas de NT anuales y 152 mil toneladas de PT anuales. Sin embargo, el aporte de fósforo total proveniente del Río Orinoco no está incluido en la evaluación total de la carga de nutrientes debido a la carencia de información. Los aportes menos significativos de nutrientes proceden de la subregión IV (Caribe Oriental) con apenas 200 t NT .año<sup>-1</sup> y 40 t PT.año<sup>-1</sup> por la menor extensión y desarrollo de sus cuencas hidrográficas tributarias. El aporte más importante de la carga contaminante por fósforo proviene de la actividad agrícola, mientras que la carga de nitrógeno está influida, además, por la deposición proveniente de la atmósfera.

## 5.4. Aportes de otros contaminantes a la RGC

La tabla 10 muestra otros aportes contaminantes provenientes de las tres principales cuencas hidrográficas de la RGC, en particular la carga sedimentaria total (SedT), el carbono orgánico total (COT), aceites y grasas (A y G), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) y los coliformes totales (CT) en número más probable por día (NMP.dia<sup>-1</sup>).

**Tabla 10. Aportes contaminantes (SedT, COT, A y G, HPDD, CT) provenientes de las principales cuencas hidrográficas a la RGC en toneladas anuales**<sup>8,37,39,40,41</sup>

| Cuencas hidrográficas           | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Carga media anual (t.año <sup>-1</sup> ) |                   |               |                | CT (NMP.dia <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------------------------|
|                                 |                                    | SedT*                                    | COT               | A y G         | HPDD           |                             |
| Mississippi / Atchafalaya       | 3,234,000                          | 646,800                                  | 4,537,300         | NA            | NA             | NA                          |
| Río Orinoco                     | 952,173                            | 190,400                                  | NA                | 2,500         | NA             | 20.4 E+17                   |
| Río Magdalena / Canal del Dique | 256, 622                           | 51,300                                   | NA                | 16,300        | 676,000        | 401.0 E+17                  |
| <b>Total</b>                    | <b>4, 443, 000</b>                 | <b>888,500</b>                           | <b>4, 537,300</b> | <b>19,000</b> | <b>676,000</b> | <b>421.4 E +17</b>          |

\* Cálculo basado en una tasa de erosión de 200 t. km<sup>-2</sup>.año<sup>-1</sup>

ND: No disponible

Se observan los altos valores de carga sedimentaria aportados por la cuenca de Mississippi/Atchafalaya a la RGC. El aporte de sedimentos constituye el impacto principal de las cuencas hidrográficas a la región. Las afectaciones más importantes a la zona marino costera son provocadas por las fuentes y actividades terrestres localizadas en ocasiones a varios kilómetros de la costa. Debido a esto, es importante para los recursos costeros considerar los impactos originado en las cuencas altas que pueden producirse a grandes distancias de la desembocadura de los ríos. El Manejo Integrado Costero (MIC) debe incluir los estudios de manejo en las cuencas altas de los ríos para proteger con efectividad las costas y la calidad del medio marino en la RGC.

## 5.5. Aportes de fuentes no puntuales a la RGC

Las fuentes no puntuales de contaminación son aquellas fuentes, distintas de las fuentes puntuales, por las que ingresan sustancias en el medio ambiente como resultado del escurrimiento, precipitación, deposición proveniente de la atmósfera, drenaje, filtración o por modificación hidrológica, según la definición del Protocolo FTCM<sup>6</sup>. La contaminación no puntual está fuertemente asociada al escurrimiento que arrastra diversos contaminantes depositándolos en lagos, ríos, áreas costeras, humedales e incluso en acuíferos de agua potable.

Entre los contaminantes más dañinos que son vertidos a la RGC se encuentran los residuos de fertilizantes, herbicidas y pesticidas provenientes de áreas agrícolas y residenciales, aceites y grasas, los metales pesados presentes en la escorrentía urbana y en la producción de energía, así como los sedimentos producidos por un manejo incorrecto en las áreas de cultivos, la construcción y la minería.

El escurrimiento de fertilizantes, agroquímicos y de estiércol de ganado procedentes de áreas agrícolas localizadas en las áreas costeras tributarias de los países de la RGC es una fuente significativa de nutrientes (especialmente nitrógeno y fósforo) al medio marino a través de las fuentes no puntuales y se acentúa, además, porque cultivos importantes de la región tales como la caña de azúcar, cítricos, bananos, granos y el café requieren cantidades importantes de fertilizantes y plaguicidas para su desarrollo.

#### 5.5.1. Uso de fertilizantes y agroquímicos en la RGC

Estudios recientes sobre el uso de fertilizantes muestran que los vegetales, como grupo, poseen las mayores tasas de fertilización con un valor aproximado de  $242 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , seguido del cultivo de azúcar con  $216 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , raíces y tubérculos con  $212 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  y los cereales y semillas de aceites (cultivos dominantes por área y por volumen total de fertilizantes aplicado) con  $102 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  y  $85 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , respectivamente. A nivel de cultivo, el banano posee la mayor tasa de aplicación con  $479 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , la remolacha con  $254 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , cítricos con  $252 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , papa con  $243 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  y los vegetales con 242 kilogramos por hectárea por año <sup>52</sup>.

La tabla 11 muestra el consumo de fertilizantes en la región en el año 2005. Se observa que los países de la RGC consumieron más de 3 millones de toneladas de fertilizantes, aún sin evaluar un grupo importante de países por falta de información. Este resultado debe ser tomado solamente como referencia porque no está segregado, por carecer de información, el consumo de fertilizantes en la zona costera de los países continentales y las grandes islas.

**Tabla 11. Consumo de fertilizantes ( $\text{t.año}^{-1}$ ) por subregión en la RGC en el año 2005** <sup>52</sup>

| Países de la RGC          | Consumo de fertilizantes<br>( $\text{t.año}^{-1}$ ) x $10^3$ |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión I</b>        |                                                              |
| Estados Unidos de América | ND                                                           |
| México                    | 1 731                                                        |
| <i>Subtotal</i>           | <i>1 731</i>                                                 |

| Subregión II           |                |
|------------------------|----------------|
| Belice                 | 5.7            |
| Guatemala              | 198.5          |
| Honduras               | 102.4          |
| Nicaragua              | 56.2           |
| Costa Rica             | 232.8          |
| Panamá                 | 18.8           |
| <i>Subtotal</i>        | <i>614.4</i>   |
| Subregión III          |                |
| Colombia               | 466.9          |
| Venezuela              | 438.7          |
| Guyana                 | 7.8            |
| Guyana Francesa        | ND             |
| Surinam                | 3.0            |
| Aruba                  | ND             |
| Antillas Holandesas    | ND             |
| <i>Subtotal</i>        | <i>916.4</i>   |
| Subregión IV           |                |
| Anguila                | ND             |
| Antigua y Barbuda      | ND             |
| Barbados               | ND             |
| I. Vírgenes Británicas | ND             |
| Dominica               | 3.0            |
| Granada                | ND             |
| Guadalupe              | ND             |
| Martinica              | ND             |
| Montserrat             | ND             |
| Sta. Lucía             | 1.1            |
| San Martín             | ND             |
| San Bartolomé          | ND             |
| San Kitts y Nevis      | 0.3            |
| Islas Vírgenes de EUA  | ND             |
| Trinidad y Tobago      | 5.7            |
| S.V. y las Granadinas  | 1.2            |
| <i>Subtotal</i>        | <i>11.3</i>    |
| Subregión V            |                |
| Bahamas                | 0.3            |
| Islas Caimán           | ND             |
| Cuba                   | 69.8           |
| República Dominicana   | 79.8           |
| Haití                  | 14.4           |
| Puerto Rico            | ND             |
| Jamaica                | 14.1           |
| Islas Turcas y Caicos  | ND             |
| <i>Subtotal</i>        | <i>178.4</i>   |
| <b>Total</b>           | <b>3 451.5</b> |

ND: No disponible

La RGC está considerada como importadora de grandes cantidades de plaguicidas para el control de vectores en el sector agrícola porque la agricultura es una actividad económica importante en prácticamente todos los países de la región. En general, los principales cultivos son la caña de azúcar, café, plátano, naranja, piña, maíz, algodón, verduras, arroz, cacao, frijol y los tubérculos, entre otros.

La tabla 12 muestra las áreas (hectárea) destinadas a los cultivos más dominantes en la RGC por subregión; sin embargo se carece información de muchos países de la Región.

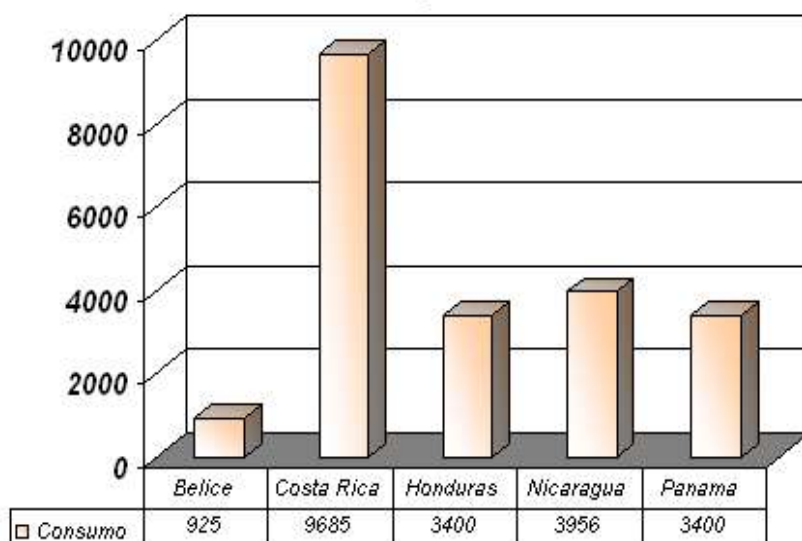
**Tabla 12. Áreas destinadas a cultivos (ha) por subregión en la RGC <sup>53</sup>**

| Países y Territorios   | Área destinada a cultivos<br>(ha) x 10 <sup>3</sup> |                   |         |       |       |
|------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|---------|-------|-------|
|                        | Café                                                | Caña de<br>azúcar | Plátano | Maíz  | Cacao |
| <b>Subregión II</b>    |                                                     |                   |         |       |       |
| Belice                 | ND                                                  | 57.3              | 4.7     | 35.0  | ND    |
| Guatemala (año 1996)   | 380                                                 | 154               | 13.3    | 576.2 | ND    |
| Honduras               | ND                                                  |                   |         |       |       |
| Nicaragua              | 134.4                                               | 79.8              | 2.5     | 373.5 | ND    |
| Costa Rica (año 2000)  | 10.6                                                | 46                | 48.1    | 10.4  | 3.6   |
| Panamá                 | ND                                                  |                   |         |       |       |
| <i>Subtotal</i>        | 525                                                 | 337.1             | 68.6    | 995.1 | 3.6   |
| <b>Subregión III</b>   |                                                     |                   |         |       |       |
| Colombia (1999)        | 2 049.2                                             | 447.6             | 123.8   | 150.2 | ND    |
| Venezuela (1997)       | 171.4                                               | 155.4             | ND      | 651.7 | 51.6  |
| Guyana                 | ND                                                  |                   |         |       |       |
| Guyana Francesa (2005) | 0                                                   | 0.2               | 0.5     | 0.088 | 0     |
| Surinam                | ND                                                  |                   |         |       |       |
| Aruba                  | ND                                                  |                   |         |       |       |
| Antillas Holandesas    | 0                                                   | 0                 | 0       | 0     | 0     |
| <i>Subtotal</i>        | 2 220.6                                             | 603               | 124.3   | 802   | 51.6  |

| Países y Territorios   | Área destinada a cultivos (ha) x 10 <sup>3</sup> |                |             |              |            |
|------------------------|--------------------------------------------------|----------------|-------------|--------------|------------|
|                        | Café                                             | Caña de azúcar | Plátano     | Maíz         | Cacao      |
| <b>Subregión IV</b>    |                                                  |                |             |              |            |
| Anguila                | ND                                               |                |             |              |            |
| Antigua y Barbuda      | ND                                               |                |             |              |            |
| Barbados               | ND                                               |                |             |              |            |
| I. Vírgenes Británicas | ND                                               |                |             |              |            |
| Dominica               | ND                                               |                |             |              |            |
| Granada                | ND                                               | 0.5            | 3.6         | ND           | 4.5        |
| Guadalupe              | ND                                               |                |             |              |            |
| Martinica              | ND                                               |                |             |              |            |
| Montserrat             | ND                                               |                |             |              |            |
| Sta. Lucía             | 0.04                                             | ND             | 5.3         | ND           | 0.3        |
| San Martín             | ND                                               |                |             |              |            |
| San Bartolomé          | ND                                               |                |             |              |            |
| San Kitts y Nevis      | ND                                               |                |             |              |            |
| Islas Vírgenes de EUA  | ND                                               |                |             |              |            |
| Trinidad y Tobago      | ND                                               |                |             |              |            |
| S.V. y las Granadinas  | ND                                               |                |             |              |            |
| <i>Subtotal</i>        | <i>0.04</i>                                      | <i>0.5</i>     | <i>8.9</i>  | <i>ND</i>    | <i>4.8</i> |
| <b>Subregión V</b>     |                                                  |                |             |              |            |
| Bahamas                | ND                                               |                |             |              |            |
| Islas Caimán           | ND                                               |                |             |              |            |
| Cuba                   | ND                                               |                |             |              |            |
| República Dominicana   | ND                                               | ND             | 11.6        | 23.2         | ND         |
| Haití                  | ND                                               |                |             |              |            |
| Puerto Rico            | ND                                               |                |             |              |            |
| Jamaica                | ND                                               |                |             |              |            |
| Islas Turcas y Caicos  | ND                                               |                |             |              |            |
| <i>Subtotal</i>        | <i>ND</i>                                        | <i>ND</i>      | <i>11.6</i> | <i>23.2</i>  | <i>ND</i>  |
| <b>Total</b>           | <b>3,000</b>                                     | <b>940</b>     | <b>213</b>  | <b>2,000</b> | <b>60</b>  |

ND: No disponible

La figura 23 representa el consumo de plaguicidas (toneladas) en la subregión II (Caribe Occidental), con la excepción de Guatemala.



**Figura 23. Consumo de plaguicidas (t) en la subregión II (Caribe Occidental) en el año 2001** <sup>54</sup>

La subregión II (Caribe Occidental) consumió más de 21,000 toneladas de plaguicidas en el año 2001, sin considerar a Guatemala. El incremento en el uso y aplicación de fertilizantes y plaguicidas está extendido a toda de la región con un aumento del riesgo potencial de contaminación debido a los continuos procesos de arrastre y escurrimiento. La tabla 13 reporta el promedio anual de uso de plaguicidas en algunos países de la RGC en los periodos 1982-1984 y 1995-2001.

**Tabla 13. Promedio anual de uso de plaguicidas (t.año<sup>-1</sup>) en algunos países de la RGC** <sup>5,54</sup>

| País/subregión                     | Uso de Plaguicidas<br>(t.año <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>3</sup> |           | Incremento<br>% |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|
|                                    | 1982-1984                                                      | 1995-2001 |                 |
| Honduras (Subregión II)            | 0.9                                                            | 3.2       | 72              |
| Nicaragua (Subregión II)           | 2                                                              | 4         | 50              |
| Costa Rica (Subregión II)          | 3.7                                                            | 10.7      | 65              |
| Panamá (Subregión II)              | 2.4                                                            | 4.3       | 44              |
| Colombia (Subregión III)           | 16.1                                                           | 47.6      | 66              |
| República Dominicana (Subregión V) | 3.3                                                            | 4.6       | 28              |
| Jamaica (Subregión V)              | 1.4                                                            | 2.1       | 33              |
| <b>Total</b>                       | <b>30</b>                                                      | <b>76</b> | <b>61*</b>      |

\*Valor medio no ponderado

### 5.5.2. Aportes contaminantes de las fuentes no puntuales a la RGC

La determinación práctica del aporte de fertilizante, agroquímicos y otros contaminantes a la RGC es un campo complejo con muchas variables a considerar y requiere el uso de modelos matemáticos que permitan predecir su comportamiento, asociado principalmente con las partículas de sedimento que son arrastradas por el escurrimiento durante los eventos de lluvia.

La estimación de los aportes contaminantes de las fuentes no puntuales a la RGC, mediante modelos matemáticos, incluye la zona mesoamericana de la subregión II (Caribe Occidental), así como las subregiones IV (Caribe Oriental) y V (Caribe Noroccidental y Central).

Las primeras estimaciones regionales sobre el aporte de sedimentos y efectos de la contaminación proveniente de fuentes y actividades terrestres con el uso de modelos matemáticos, se desarrollaron en el año 2004 bajo el proyecto Arrecifes en Riesgo del World Resources Institute (WRI) que realizó un análisis de más de 3,000 cuencas hidrográficas menores en la RGC y la identificación de las aguas costeras con altas probabilidades de experimentar aportes crecientes de sedimentos y contaminantes (Figura 24). Según el estudio y aplicando un indicador de amenaza, se identificaron 9,000 km<sup>2</sup> de arrecifes coralinos que representan  $\frac{1}{3}$  del total regional como amenazados (15% con nivel medio de amenaza y el 20% con nivel alto) <sup>55</sup>.

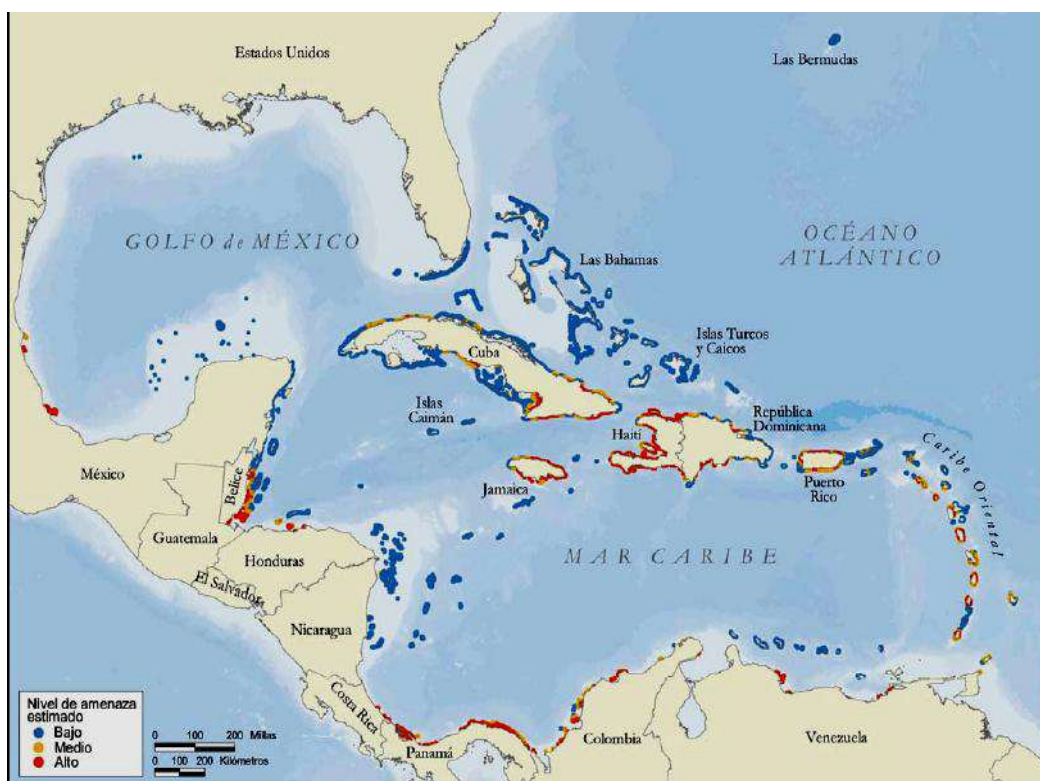


Figura 24. Arrecifes coralinos amenazados por sedimentación y contaminación en la RGC

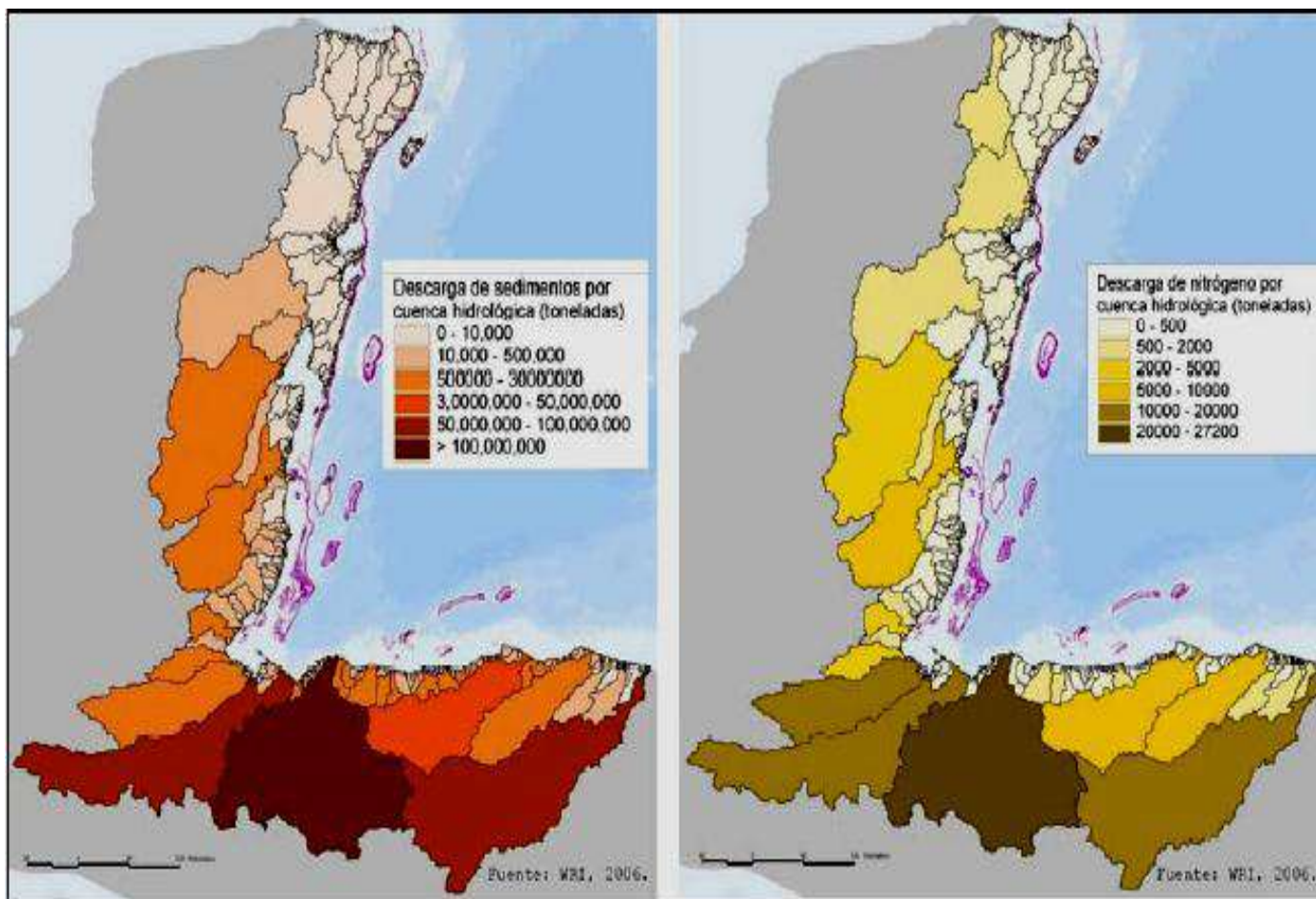
Se observa que la zona mesoamericana (Belice, Guatemala, Honduras y una pequeña parte de México), Costa Rica y Panamá en la subregión II (Caribe Occidental), Colombia y Venezuela en la subregión III (Caribe Sur), algunas islas de las Antillas Menores en la subregión IV (Caribe Oriental) y la mayoría de las Antillas Mayores en la subregión V (Caribe Noroccidental y Central) presentan altos niveles de amenaza a los arrecifes coralinos.

En 2006, World Resources Institute divulgó las conclusiones del proyecto “Análisis de Cuencas Hidrológicas en el Arrecife Mesoamericano”. Este estudio fue un esfuerzo de colaboración para evaluar las amenazas de las fuentes terrestres y actividades humanas sobre las alteraciones del paisaje en el Arrecife Mesoamericano. El análisis cuantifica las cargas de sedimentos y nutrientes procedentes de 400 cuencas hidrográficas que tributan a lo largo de este arrecife en la subregión II (Caribe Occidental) utilizando la herramienta de análisis espacial Non-point Source Pollution and Erosion Comparison Tool (N-SPECT) desarrollado por NOAA <sup>56</sup>. N-SPECT es una herramienta de modelación que provee proyecciones y mapas de los volúmenes de escorrentía superficial, cargas de contaminantes, concentraciones de contaminantes y la carga total sedimentaria.

La figura 25 muestra el resultado del modelo con un estimado visualizado de las descargas de sedimentos y nitrógeno en el Arrecife Mesoamericano.

Se observa que más del 80% de la carga sedimentaria y más del 50% del nitrógeno son descargados al arrecife por las cuencas septentrionales de Honduras, en particular por la cuenca del Río Ulúa. El modelo indica que un porcentaje relativamente menor de sedimentos proviene de las cuencas en Belice. La carga sedimentaria aportada por la región mesoamericana (Belice, Guatemala, Honduras y una parte de la Península de Yucatán en México) a la RGC se estima en 374 millones de toneladas anuales.

Un enfoque similar fue utilizado para evaluar la carga sedimentaria para las subregiones IV (Caribe Oriental) y V (Caribe Nororiental y Central) por el RAC-Cimab en 2008 mediante el modelo N-SPECT con una base de datos global y regional <sup>57</sup>.



**Figura 25. Descarga de sedimento y nitrógeno por cuenca hidrológica al Arrecife Mesoamericano (t.año<sup>-1</sup>)**

La tabla 14 muestra las cargas de sedimentos en toneladas anuales por países y territorios de acuerdo con el análisis de aportes por cuencas.

La carga sedimentaria en la subregión V (Caribe Nororiental y Central) es mucho mayor que en la subregión II, particularmente atribuible a las cargas sedimentarias de Haití, República Dominicana y Cuba aunque un total de siete países no fueron reportados debido a la falta de la información. La carga sedimentaria de la subregión II (Caribe Occidental) procede principalmente de Martinica, San Kitts y Nevis, Dominica y Guadalupe.

Sin embargo, los coeficientes de contaminación requeridos son muy variables para la región insular (pequeñas y grandes islas) y se requiere un estudio detallado caso a caso y una base de datos más extensa para obtener resultados más confiables. Entonces, estos resultados deben ser tomados solamente como referencia para futuros proyectos regionales, en particular aquellos resultados asociados con las pequeñas islas.

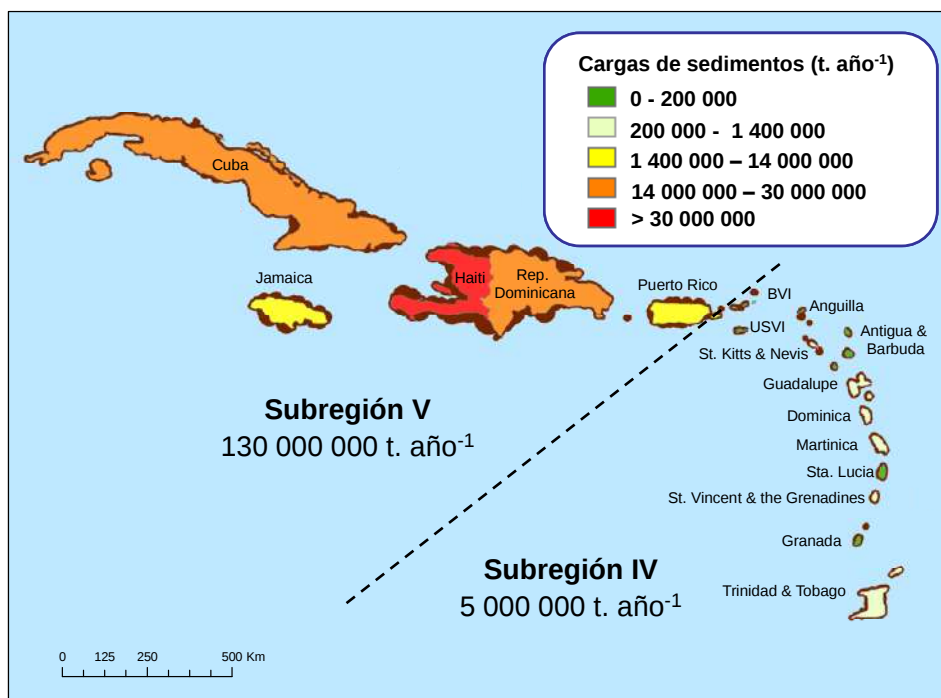
**Tabla 14. Carga sedimentaria estimada (t.año<sup>-1</sup>) aportada a la RGC (subregiones IV y V) por las fuentes no puntuales de contaminación <sup>57</sup>**

| Países y Territorios   | Carga sedimentaria<br>(t.año <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>3</sup> |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Subregión IV</b>    |                                                                |
| Anguila                | 0.006                                                          |
| Antigua y Barbuda      | 8                                                              |
| Barbados               | ND                                                             |
| I. Vírgenes Británicas | 10                                                             |
| Dominica               | 549                                                            |
| Granada                | 15                                                             |
| Guadalupe              | 911                                                            |
| Martinica              | 1,423                                                          |
| Montserrat             | 83                                                             |
| St. Lucia              | 232                                                            |
| San Martin             | ND                                                             |
| San Bartolomé          | ND                                                             |
| San Kitts y Nevis      | 619                                                            |
| Islas Vírgenes de EUA  | 26                                                             |
| Trinidad y Tobago      | 527                                                            |
| S.V. y las Granadinas  | ND                                                             |
| <i>Subtotal</i>        | <i>4,407</i>                                                   |
| <b>Subregión V</b>     |                                                                |
| Bahamas                | ND                                                             |
| Islas Caimán           | ND                                                             |
| Cuba                   | 24,178                                                         |
| República Dominicana   | 29,360                                                         |
| Haití                  | 54,697                                                         |
| Puerto Rico            | 7,708                                                          |
| Jamaica                | 13,849                                                         |
| Islas Turcas y Caicos  | ND                                                             |
| <i>Subtotal</i>        | <i>129,793</i>                                                 |
| <b>Total</b>           | <b>134, 200</b>                                                |

**ND: No disponible**

La figura 26 visualiza, asimismo, los resultados del modelo N-SPECT realizado por el RAC-Cimab para las subregiones IV (Caribe Oriental) y V (Caribe Noroccidental y Central) con relación a la carga sedimentaria aportada a la RGC.

No fue posible obtener resultados válidos en la estimación del aporte de nutrientes (nitrógeno y fósforo) debido a que los coeficientes de contaminación requeridos son muy variables para la región insular y se requiere una base de datos más extensa y confiable



**Figura 26. Aporte relativo de carga sedimentaria (t.año<sup>-1</sup>) de fuentes no puntuales a las subregiones IV y V** <sup>57</sup>

Es reconocida la dificultad práctica de los países de la RGC en la determinación del aporte de las cargas de sedimentos y nutrientes procedentes de fuentes no puntuales por lo que el uso y aplicación de la modelación constituye una herramienta poderosa que puede ser utilizada a nivel regional para satisfacer la necesidad de información con vistas al cumplimiento del Protocolo FTCM, debido a que su Anexo IV establece, luego de su entrada en vigor, que en un plazo de 5 años los países deben realizar una evaluación de las fuentes no puntuales de contaminación agrícola que puedan tener efectos negativos en la zona de aplicación del Convenio de Cartagena.

Esta evaluación incluye la estimación de las cargas contaminantes, la identificación de impactos al medio ambiente y a la salud pública, así como el establecimiento de un programa de monitoreo de las descargas al medio marino.

## 5.6. Comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 original

La tabla 15 muestra los niveles comparativos de las cargas estimadas de sedimentos en toneladas anuales descargadas por las tres cuencas principales y otras cuencas menores en la RGC, reportados en el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y en este reporte actualizado.

**Tabla 15. Cargas sedimentarias estimadas (t.año<sup>-1</sup>) aportadas por las cuencas hidrográficas en la RGC y su comparación con el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y este reporte actualizado** <sup>5,8,40,42,43,44</sup>

| Cuencas principales/Cuencas menores      | Carga media sedimentaria anual <sup>1</sup> (t.año <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>3</sup> |                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                          | RT PAC No. 33 (1994)                                                                 | Reporte actualizado  |
| Mississippi/Atchafalaya (Subregión I)    | 320,000                                                                              | 646,800              |
| Río Orinoco (Subregión III)              | 85, 000                                                                              | 190,440              |
| Río Magdalena (Subregión III)            | 235, 000                                                                             | 51 ,330              |
| Cuencas menores (Subregión I)            | 121, 000                                                                             | 181, 880             |
| Cuencas menores (Subregión III)          | 50, 000                                                                              | 197, 500             |
| Cuencas menores (Subregiones II, IV y V) | 300, 000                                                                             | 511,511 <sup>2</sup> |
| <b>Total</b>                             | <b>1, 111 000</b>                                                                    | <b>1, 877,000</b>    |

<sup>1</sup> Cálculo basado en una tasa de erosión de 200 t.km<sup>2</sup>.año<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> No incluye a Nicaragua y Panamá de la subregión II debido a la carencia de información

De acuerdo con la escasa información disponible para este reporte actualizado y que los resultados del modelo tiene limitada su exactitud, se observa un incremento en la carga sedimentaria descargada en la región con respecto al Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994), probablemente como consecuencia del creciente desarrollo urbano-industrial y agrícola cada vez mayor aunque algunas cuencas menores no fueron evaluadas debido a la carencia de información.

Las cuencas tributarias de la subregión I (Golfo de México) y la subregión III (Caribe Sur) muestran incrementos en las cargas medias sedimentarias de 46% y 15%, respectivamente.

## 6. CAMBIOS PROYECTADOS EN LAS CARGAS CONTAMINANTES DOMÉSTICAS. ESCENARIOS 2015 Y 2020

### 6.1. Cambios proyectados en la cobertura de saneamiento

Desde la aprobación de la Carta de Punta del Este en el año 1961, los países de la RGC han realizado ingentes esfuerzos por ampliar la cobertura de saneamiento <sup>58</sup>. La tabla 16 muestra los cambios en la cobertura de saneamiento con y sin conexión al alcantarillado en la región, sin incluir a EUA, en el período 1960-2000.

**Tabla 16. Cambios en la cobertura de saneamiento con y sin conexión a sistemas de alcantarillados en la RGC en el período 1960-2000. No está incluido EUA <sup>59</sup>**

| Año  | Alcantarillado              |    | Letrinas y tanques sépticos |    |
|------|-----------------------------|----|-----------------------------|----|
|      | Población x 10 <sup>6</sup> | %  | Población x 10 <sup>6</sup> | %  |
| 1960 | 29                          | 14 | ND                          | ND |
| 1971 | 59                          | 21 | ND                          | ND |
| 1980 | 95                          | 28 | 105                         | 31 |
| 1990 | 168                         | 39 | 116                         | 21 |
| 2000 | 241                         | 49 | 152                         | 31 |

ND: No disponible

En la década de 1980 se produjo la primera expansión importante en la cobertura de saneamiento en la región coincidente con el “Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental” (1981-1990), proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en noviembre de 1980. En las décadas del 80 y 90 se registraron notables incrementos en el número de personas conectadas a sistemas de alcantarillado y en la década del 90 hasta el año 2000, se incrementó el número de personas atendidas por sistemas caseros tales como letrinas y fosas sépticas <sup>59</sup>.

La mayoría de las personas sin acceso a los servicios de saneamiento pertenecen a grupos de bajos ingresos que se concentran principalmente en la zona peri urbana y ha resultado sumamente difícil dotar a estas zonas marginadas de servicios de aceptable calidad. Los problemas fundamentales que enfrenta la expansión de la cobertura de saneamiento a las poblaciones marginadas se relacionan con <sup>60</sup>:

- Altos niveles de pobreza.
- Altos costos de construcción y operación.
- Distancia desde las redes de alcantarillado.
- Dificultades topográficas donde las tuberías y los sistemas de colección no pueden construirse fácilmente para proveer servicios de saneamiento.

La información disponible sobre los cambios en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas en los países de la RGC es muy limitada. En el año 1962 se estimó que en los países más avanzados, solamente el 10% de los sistemas de alcantarillado disponían de depuradoras urbanas <sup>61</sup>.

Desde entonces, la situación no ha cambiado en términos regionales significativamente debido principalmente a los altos costos de estas instalaciones y la falta de financiamiento para el sector de saneamiento. Entre los países que han avanzado en la expansión de los sistemas de tratamiento

para las aguas residuales domésticas se puede mencionar a Colombia, EUA, México y Venezuela.

El tratamiento de aguas residuales domesticas en la RGC es aún más preocupante cuando consideramos que un gran número de depuradoras urbanas están abandonadas o funcionando precariamente. Como resultado, muchos cuerpos de agua cercanos a las áreas urbanas se comportan como alcantarillas abiertas y es habitual que los cursos de agua que atraviesan las grandes ciudades de la región transporten una elevada carga de aguas negras.

Actualmente, el 85% (60 millones de habitantes) de la población en la RGC cuenta con cobertura de saneamiento aunque varios países no fueron evaluados debido a la carencia de información. El aporte per cápita diario alcanza un valor medio de 209 litros diarios de agua residual doméstica descargada por habitante en la RGC.

Las tecnologías más apropiadas de bajo costo pueden ser usadas en la RGC de acuerdo a las características locales y están asociadas a la colección y transferencia de las aguas residuales domésticas. Muchas localidades de la RGC utilizan sistemas caseros no mejorados que si bien constituyen un sistema alternativo para el medio rural, no son la solución tecnológica más apropiada en las zonas urbanas, en gran parte por los problemas de contaminación de las aguas subterráneas que estas prácticas están causando en algunas ciudades <sup>62</sup>.

## **6.2. Escenario 2015**

En septiembre del año 2000 se aprobó la Declaración del Milenio la cual ha definido los asuntos vinculados con la paz, la seguridad y el desarrollo, incluyendo áreas como el medio ambiente, los derechos humanos y la gobernabilidad como preocupaciones centrales para el desarrollo humano.

Naciones Unidas ha recomendado tener en cuenta las prioridades nacionales de desarrollo y ha establecido los Objetivos de Desarrollo de la Declaración del Milenio <sup>7</sup>.

La meta No. 7 “Asegurar la Sustentabilidad Ambiental” incluye cuatro objetivos:

- i. Objetivo 7.A: Integrar los principios de desarrollo sustentable en las políticas y programas de los países y revertir la pérdida de los recursos ambientales.
- ii. Objetivo 7.B: Reducir la pérdida de biodiversidad, logrando, para el 2010, una reducción significativa en la tasa de pérdida.
- iii. Objetivo 7.C: Reducir a la mitad, para el 2015, la proporción de personas sin acceso sustentable al agua potable y al saneamiento básico (Es un objetivo global, no es un objetivo específico de la RGC).
- iv. Objetivo 7.D: Para el 2020, haber logrado un mejoramiento significativo en la vida de al menos, 100 millones de habitantes de barrios tugurios.

En la RGC, con excepción de Haití, el resto de los países cumplen en la actualidad con la meta de garantizarle el acceso a los servicios de saneamiento al 50% de la población aunque una buena parte de esta cobertura, no cuantificada por falta de información, no incluye el acceso a saneamiento mejorado que considera entre otros, la conexión domiciliar a una red pública de alcantarillado, conexión a un pozo séptico, letrina con descarga de agua, letrina seca y la letrina simple de hoyo <sup>63</sup>. Con relación a la cobertura de tratamiento en la RGC, solamente el 28% de los países cumplen con la meta de acceso al 50% de la población a los sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales (Tabla 2).

### 6.2.1. Cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC para el 2015

La tabla 17 muestra un estimado de la población costera tributaria para el 2015 (tamaño de la población hasta 25 km de la costa en los países continentales y las grandes islas, y la población total en las pequeñas islas) de acuerdo al comportamiento del crecimiento poblacional presentado en el “Anuario Estadístico América Latina y el Caribe” (2006) <sup>64</sup> y la “Base de Datos de la Población de América Latina y el Caribe” (2005) <sup>65</sup>.

Asimismo, la tabla incluye el caudal dispuesto de aguas residuales domésticas a la RGC considerando el 50% de la población con acceso a saneamiento mejorado y solamente el 35% de la población con acceso a los sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales, debido a que lograr el 50% de la población con acceso a saneamiento mejorado para el 2015 constituye una meta muy difícil de lograr en la región debido a la crisis económica mundial.

**Tabla 17. Población costera tributaria y el flujo dispuesto de aguas residuales domésticas ( $m^3 \cdot seg^{-1}$ ) a la RGC en el escenario 2015** <sup>8,11,12,59,62,63,64,65</sup>

| Países y Territorios      | Población costera tributaria x 10 <sup>3</sup> | Flujo dispuesto a la RGC ( $m^3 \cdot seg^{-1}$ ) |
|---------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Subregión I</b>        |                                                |                                                   |
| Estados Unidos de América | 18,048                                         | 102                                               |
| México                    | 6,937                                          | 15                                                |
| <i>Subtotal</i>           | 24,985                                         | 117                                               |
| <b>Subregión II</b>       |                                                |                                                   |
| Belice                    | 161                                            | 1                                                 |
| Guatemala                 | 500                                            | 2                                                 |
| Honduras                  | 1,585                                          | 10                                                |
| Nicaragua                 | 325                                            | 3                                                 |
| Costa Rica                | 327                                            | 1                                                 |
| Panamá                    | 966                                            | 1                                                 |
| <i>Subtotal</i>           | 3,864                                          | 18                                                |

| Subregión III          |                |            |
|------------------------|----------------|------------|
| Colombia               | 5, 607         | 39         |
| Venezuela              | 10, 768        | 45         |
| Guyana                 | 600            | 1          |
| Guyana Francesa        | 250            | 0.06       |
| Surinam                | 386            | 2          |
| Aruba                  | ND             | ND         |
| Antillas Holandesas    | 198            | 1          |
| <i>Subtotal</i>        | <i>17,809</i>  | <i>88</i>  |
| Subregión IV           |                |            |
| Anguila                | 13             | 0.01       |
| Antigua y Barbuda      | 69             | 0.08       |
| Barbados               | 281            | 0.6        |
| I. Vírgenes Británicas | 24             | 0.6        |
| Dominica               | 69             | 0.1        |
| Granada                | 90             | 0.2        |
| Guadalupe              | 421            | 1          |
| Martinica              | 439            | 1          |
| Montserrat             | 91             | 0.006      |
| St. Lucía              | 170            | 0.2        |
| San Martin             | ND             | ND         |
| San Bartolomé          | ND             | ND         |
| San Kitts y Nevis      | 39             | 0.1        |
| Islas Vírgenes de EUA  | 111            | 0.2        |
| Trinidad y Tobago      | 1,077          | 1.3        |
| S.V. y las Granadinas  | 119            | 0.1        |
| <i>Subtotal</i>        | <i>3, 014</i>  | <i>6</i>   |
| Subregión V            |                |            |
| Bahamas                | 311            | 0.6        |
| Islas Caimán           | 11             | 0.2        |
| Cuba                   | 7, 813         | 27         |
| República Dominicana   | 5, 811         | 2          |
| Haití                  | 7, 172         | 11         |
| Puerto Rico            | 3, 982         | 3          |
| Jamaica                | 2, 787         | 3          |
| Islas Turcas y Caicos  | 18             | 0.03       |
| <i>Subtotal</i>        | <i>27, 900</i> | <i>47</i>  |
| <b>Total</b>           | <b>77, 000</b> | <b>277</b> |

ND: No disponible

La población costera tributaria a la RGC en el escenario 2015 se estima en 77 millones de habitantes. La subregión V (Caribe Noroccidental y Central) se estima que cuente con la mayor población tributaria de 28 millones de habitantes seguido de la subregión I (Golfo de México) con 25 millones de habitantes, mientras que la subregión IV (Caribe Oriental) con tres millones de

habitantes y la subregión II (Caribe Occidental) con cuatro millones de habitantes se estiman como las menos pobladas.

El caudal de aguas residuales domésticas dispuestas a la RGC para el año 2015 se estima en 277 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>. Los mayores caudales se estima que sean aportados por la subregión I (Golfo de México) con 117 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup> (42%) seguido de la subregión III (Caribe Sur) con 88 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>(32%), mientras que los aportes menos significativos se deben observar en la subregión IV (Caribe Oriental) con 5 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup> (2%) que concierne a las pequeñas islas de las Antillas Menores seguido de la subregión II (Caribe Occidental) con 19 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>(7%).

La tabla 18 muestra un estimado de las cargas contaminantes domésticas dispuestas a la RGC en el escenario 2015 considerando el 50% de la población con acceso a saneamiento mejorado y el 35% de la población con acceso a los sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales, y su comparación con las cargas contaminantes domésticas evaluadas en este reporte actualizado.

Las reducciones más importantes en el escenario 2015 se observan en PT y NT seguido de muy ligeras reducciones para la DQO, a pesar del progresivo aumento poblacional, si se cumplen los objetivos trazados en las Metas del Milenio. Los SST presentan un incremento propio del progresivo aumento poblacional mientras que la DBO<sub>5</sub> muestra solamente ligeros incrementos. De ahí, la importancia que tiene para la región el cumplimiento de las Metas del Milenio de Naciones Unidas en lo referido al tratamiento de las aguas residuales domésticas. Sin embargo, se requiere un financiamiento apropiado para ampliar la cobertura de saneamiento en la RGC, incluido las facilidades de tratamiento. Ultimo aspecto éste que puede ser facilitado cuando entre en vigor el Protocolo FTCM.

**Tabla 18. Estimado de las cargas contaminantes domésticas (t.año<sup>-1</sup>) dispuestas a la RGC en el escenario 2015 y su comparación con el reporte actualizado** <sup>8,11,12,63,64,65</sup>

| Sub región | Reporte actualizado vs Escenario 2015 | DBO <sub>5</sub> | DQO     | SST     | NT     | PT    |
|------------|---------------------------------------|------------------|---------|---------|--------|-------|
| I          | Reporte actual izado                  | 121,586          | 295,616 | 146,531 | 20,978 | 9,820 |
|            | Escenario 2015                        | 90,289           | 215,811 | 148,372 | 6,695  | 2,411 |
| II         | Reporte actual izado                  | 16,239           | 37,009  | 14,953  | 1,812  | 619   |
|            | Escenario 2015                        | 38,125           | 92,121  | 61,489  | 1,752  | 701   |
| III        | Reporte actual izado                  | 109,224          | 250,702 | 103,895 | 12,901 | 4,662 |
|            | Escenario 2015                        | 161,957          | 346,045 | 225,411 | 6,103  | 2,061 |
| IV         | Reporte actual izado                  | 11,919           | 27,158  | 10,964  | 1,328  | 452   |
|            | Escenario 2015                        | 11,499           | 27,476  | 17,788  | 883    | 240   |

| Sub región | Reporte actualizado vs Escenario 2015 | DBO <sub>5</sub> | DQO     | SST     | NT     | PT     |
|------------|---------------------------------------|------------------|---------|---------|--------|--------|
| V          | Reporte actual izado                  | 146,375          | 336,413 | 140,055 | 17,465 | 6,370  |
|            | Escenario 2015                        | 110,309          | 229,615 | 156,769 | 4,376  | 1,764  |
| Total      | Reporte actual izado                  | 405,000          | 947,000 | 416,000 | 54,000 | 22,000 |
|            | Escenario 2015                        | 412,000          | 911,000 | 610,000 | 20,000 | 7,000  |

### 6.3. Escenario 2020

#### 6.3.1. Cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC para el 2020

La tabla 19 muestra un estimado de la población costera tributaria para el 2020 (tamaño de la población hasta 25 km de la costa en los países continentales y las grandes islas, y la población total en las pequeñas islas) de acuerdo al comportamiento del crecimiento poblacional presentado en el Anuario Estadístico América Latina y Caribe (2006) <sup>64</sup> y la Base de Datos de Población de América Latina y el Caribe (2005) <sup>65</sup>.

Asimismo, la tabla incluye el caudal dispuesto de aguas residuales domésticas a la RGC considerando el 50% de la población con acceso a saneamiento mejorado y el 50% de la población con acceso a los sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales.

**Tabla 19. Población costera tributaria y el flujo dispuesto de aguas residuales domésticas (m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>) a la RGC en el escenario 2020** <sup>8,11,12,63,64,65</sup>

| Países y Territorios      | Población costera tributaria x 10 <sup>3</sup> | Flujo dispuesto (m <sup>3</sup> .seg <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Subregión I</b>        |                                                |                                                      |
| Estados Unidos de América | 19,741                                         | 111                                                  |
| México                    | 8, 055                                         | 18                                                   |
| <i>Subtotal</i>           | 27, 796                                        | 129                                                  |
| <b>Subregión II</b>       |                                                |                                                      |
| Belice                    | 164                                            | 1                                                    |
| Guatemala                 | 768                                            | 3                                                    |
| Honduras                  | 1, 743                                         | 11                                                   |
| Nicaragua                 | 452                                            | 4                                                    |
| Costa Rica                | 426                                            | 1.3                                                  |
| Panamá                    | 1, 012                                         | 1                                                    |
| <i>Subtotal</i>           | 4, 565                                         | 21                                                   |

| Subregión III          |                |            |
|------------------------|----------------|------------|
| Colombia               | 6, 335         | 44         |
| Venezuela              | 11, 244        | 47         |
| Guyana                 | 600            | 1          |
| Guyana Francesa        | 300            | 0.07       |
| Surinam                | 387            | 2          |
| Aruba                  | ND             | ND         |
| Antillas Holandesas    | 201            | 1          |
| <i>Subtotal</i>        | <i>19,067</i>  | <i>95</i>  |
| Subregión IV           |                |            |
| Anguila                | 13             | 0.01       |
| Antigua y Barbuda      | 69             | 0.1        |
| Barbados               | 281            | 0.6        |
| I. Vírgenes Británicas | 24             | 0.6        |
| Dominica               | 69             | 0.1        |
| Granada                | 90             | 0.1        |
| Guadalupe              | 424            | 1          |
| Martinica              | 441            | 1          |
| Montserrat             | 91             | 0.006      |
| Sta. Lucía             | 171            | 0.2        |
| San Martin             | ND             | ND         |
| San Bartolomé          | ND             | ND         |
| San Kitts y Nevis      | 39             | 0.1        |
| Islas Vírgenes de EUA  | 112            | 0.2        |
| Trinidad y Tobago      | 1,085          | 1          |
| S.V. y las Granadinas  | 119            | 0.1        |
| <i>Subtotal</i>        | <i>3 ,032</i>  | <i>6</i>   |
| Subregión V            |                |            |
| Bahamas                | 316            | 0.6        |
| Islas Caimán           | 11             | 0.2        |
| Cuba                   | 7,871          | 28         |
| República Dominicana   | 5,944          | 2          |
| Haití                  | 7 ,297         | 11         |
| Puerto Rico            | 4 021          | 3          |
| Jamaica                | 2 ,807         | 3          |
| Islas Turcas y Caicos  | 18             | 0.03       |
| <i>Subtotal</i>        | <i>28 ,287</i> | <i>48</i>  |
| <b>Total</b>           | <b>82 ,500</b> | <b>300</b> |

ND: No disponible

La población costera tributaria a la RGC para el año 2020 se estima en 82.5 millones de habitantes. La subregión V (Caribe Nororiental y Central) y la subregión I (Golfo de México) tendrán la mayor población tributaria aproximadamente de 28 millones de habitantes, mientras la subregión IV (Caribe Oriental) con tres millones de habitantes se estima como la de menor población.

El caudal de aguas residuales domésticas dispuestas a la RGC para el año 2020 se estima en 300 m<sup>3</sup>.seg<sup>-1</sup>. El mayor caudal se estima que sea aportado por la subregión I (Golfo de México) con el 43% seguido de la subregión III (Caribe Sur) con 31%, mientras la subregión IV (Caribe Oriental) con el 2% será la de menor población.

La tabla 20 muestra un estimado de las cargas contaminantes domésticas dispuestas a la RGC para el año 2020 y su comparación con este reporte actualizado, considerando el 50% de la población con acceso a saneamiento mejorado y el 50% de la población con acceso a los sistemas de tratamiento o disposición final de aguas residuales.

**Tabla 20.. Estimado de las cargas contaminantes domésticas (t.año<sup>-1</sup>) dispuestas a la RGC para el año 2020 y su comparación con el reporte actualizado** <sup>8,11,12,63,64,65</sup>

| Sub región | Reporte actualizado vs Escenario 2020 | DBO <sub>5</sub> | DQO            | SST            | NT            | PT            |
|------------|---------------------------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| I          | Reporte actual izado                  | 121,586          | 295,616        | 146,531        | 20,978        | 9,820         |
|            | Escenario 2020                        | 99,741           | 238,406        | 163,907        | 7,395         | 2,662         |
| II         | Reporte actual izado                  | 16,239           | 37,009         | 14,953         | 1,812         | 619           |
|            | Escenario 2020                        | 41,244           | 99,658         | 66,520         | 1,895         | 759           |
| III        | Reporte actual izado                  | 109,224          | 250,702        | 103,895        | 12,901        | 4,662         |
|            | Escenario 2020                        | 162,616          | 347,468        | 226,330        | 6,127         | 2,070         |
| IV         | Reporte actual izado                  | 11,919           | 27,158         | 10,964         | 1,328         | 452           |
|            | Escenario 2020                        | 11,947           | 28,546         | 18,481         | 918           | 248           |
| V          | Reporte actual izado                  | 146,375          | 336,413        | 140,055        | 17,465        | 6,370         |
|            | Escenario 2020                        | 98,586           | 229,098        | 156,416        | 4,366         | 1,760         |
| Total      | <b>Reporte actual izado</b>           | <b>405,000</b>   | <b>947,000</b> | <b>416,000</b> | <b>54,000</b> | <b>22,000</b> |
|            | <b>Escenario 2020</b>                 | <b>414,000</b>   | <b>943,000</b> | <b>631,000</b> | <b>21,000</b> | <b>8,000</b>  |

Las reducciones más importantes en el escenario 2020 se observan en NT y PT seguido de reducciones muy ligeras para la DQO si se cumplen los objetivos trazados en las Metas del Milenio a pesar del progresivo aumento poblacional. Los SST presentan un incremento propio del progresivo aumento poblacional mientras que la DBO<sub>5</sub> muestra solamente ligeros incrementos. De

ahí, la importancia que tiene para la región el cumplimiento de las Metas del Milenio de Naciones Unidas en lo referido al tratamiento de las aguas residuales domésticas.

El escenario 2020 demuestra, al igual que el escenario 2015, la importancia del tratamiento de las aguas residuales domésticas en la reducción de las cargas dispuestas que llegan a la región, aunque un presupuesto substancial para las facilidades de tratamiento es requerido para la RGC.

Es importante resaltar la importancia de los esfuerzos mancomunados de los países para cumplir con las Metas del Milenio de Naciones Unidas para la protección ambiental de la RGC, en relación al tratamiento de las aguas residuales domésticas que incluye una reducción significativa de las cargas contaminantes domésticas dispuestas al medio marino, independientemente del incremento gradual poblacional. La puesta en vigor del Protocolo FTCM en la región, será sin dudas una herramienta importante para lograr la reducción de las cargas contaminantes procedentes de las fuentes terrestres de contaminación que llegan a la RGC, por los mecanismos de colaboración y financiamiento que pudieran desarrollarse en el marco de este instrumento jurídico.

## CONCLUSIONES

- La cobertura de saneamiento en la RGC se ha incrementado desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994) y alcanza el 85% de la población costera tributaria, facilitado por el uso intensivo de tecnologías de saneamiento más apropiadas, de bajo costo.
- Las cargas contaminantes domésticas dispuestas en la RGC han disminuido desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994), destacándose la reducción en nutrientes. Sin embargo, se requiere una mayor reducción y control de la contaminación mediante la materialización de la voluntad política de los gobiernos a los diferentes niveles (nacional, regional y local) que impulse el fortalecimiento institucional y la concientización ciudadana, así como una mayor inversión y soporte técnico al sector de saneamiento básico.
- Las cargas contaminantes industriales dispuestas en la RGC han disminuido significativamente desde el Reporte Técnico del PAC No. 33 (1994). Sin embargo, se requiere una mayor reducción y control de la contaminación, mediante la fiscalización por parte de las autoridades competentes del cumplimiento de las normas de vertimiento de residuales aprobadas y establecidas en los países de la región, un mayor fortalecimiento institucional y la concientización de la gerencia empresarial, así como una mayor inversión y soporte técnico del sector industrial con el objetivo de impulsar la implantación de las normas: Norma Internacional ISO 14001:2004 “Sistemas de Gestión Ambiental-Requisitos con orientación para su uso”
- La carga sedimentaria es la principal contribución de contaminantes de las cuencas tributarias a la RGC y se requieren mejores prácticas de manejo en las cuencas altas para el control de la escorrentía agrícola y la reducción de las tasas de erosión lo que permitirá un efectivo control de los sedimentos y la reducción de la carga de nutrientes que pueden llegar asociados a estas vías.
- Los datos reportados sugieren que los mayores aportes de cargas anuales de SST y de PT provienen de la subregión I (Golfo de México) y la subregión III (Caribe Sur). Sin embargo, los datos también muestran que los más bajos valores de cargas anuales de DBO<sub>5</sub>, DQO y NT provienen de la subregión I (Golfo de México) lo que es sorprendente dado que esta subregión aporta los mayores flujos de aguas residuales domésticas a la RGC (49%). Quizás esto es debido a que la subregión I exhibe altos índices de manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas. Por otro lado, las relativas altas cargas medias anuales de la subregión III (Caribe Sur) pueden ser el resultado de los mayores escurrimientos generados en un kilómetro cuadrado de área ( $0.035 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) comparado con otras subregiones (rango:  $0.006 - 0.010 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) causando un incremento en la erosión y en el transporte de contaminantes.

## RECOMENDACIONES

- Promover el uso de modelos matemáticos y otras técnicas de evaluación para estimar las cargas contaminantes procedentes de las fuentes no puntuales de contaminación a la RGC y facilitar el cumplimiento del Anexo IV del Protocolo FTCTM, en lo referido a la evaluación de las fuentes no puntuales de contaminación agrícola.
- Promover la asistencia a los países de la RGC en las áreas de estandarización de la metodología, análisis e interpretación de la data, el uso compartido de la información, el completamiento de la cobertura de saneamiento y el desarrollo de capacidades para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo.
- Dado las limitaciones en los recursos disponibles y la complejidad de evaluar la carga contaminante directamente, sobre todo de las fuentes no puntuales, debe identificarse y usarse indicadores alternativos de cargas del contaminante y sus impactos en el medio ambiente marino.
- Los escenarios 2015 y 2020, con ligeros incrementos en la carga contaminante doméstica, a pesar del incremento estimado en la población costera tributaria, demuestra la importancia de expandir la cobertura de saneamiento y las facilidades de tratamiento en los países de la RGC como cumplimiento a las Metas del Milenio de Naciones Unidas y cumplir los límites de efluentes establecidos en el Anexo III del Protocolo FTCTM del Convenio de Cartagena.

## REFERENCIAS

1. COI-FAO-PNUMA. 1977. Reunión Internacional de Trabajo sobre la Contaminación Marina en el Caribe y Regiones Adyacentes, 1976. COI Informe. No. 11, 228p y Suplemento.
2. PNUMA. 1983. Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe (incluyendo el Protocolo sobre Cooperación para combatir derrames de hidrocarburos en la Región del Gran Caribe). UNEP Regional Seas Conventions and Protocols. 225p
3. PNUMA. 1987. Cuarta Reunión Intergubernamental sobre el Plan de Acción del Programa Ambiental del Caribe y Primera Reunión de las Partes Contratantes al Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe. Guadalupe, Antillas Francesas, pp. 26-28 octubre (UNEP (OCA)/CAR IG. 2/4).

4. COI/PNUMA. 1989. Taller Regional para la Revisión de las Prioridades sobre Vigilancia, Investigación, Reducción y Control de la Contaminación Marina en el Gran Caribe. Informe COI del Taller No. 59. San José, Costa Rica, 24-30 agosto. 113p
5. UNEP. 1994. *Regional Overview of Land-Based Sources of Pollution in the Wider Caribbean Region*. CEP Technical Report No.33. UNEP Caribbean Environment Programme, Kingston, 67p
6. PNUMA. 2000. Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe (incluyendo el Protocolo Relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe, el Protocolo Relativo a las Áreas y a la Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas y el Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres). Programa Ambiental del Caribe. Kingston, Jamaica. 106p
7. Naciones Unidas. 2001. Presentación de informes sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio a nivel de país. Nota de Guía. Octubre
8. Reportes Técnicos Nacionales (Países de la RGC) 1995-2008:
  - i. MINAET. 2008. *Estimación de las cargas contaminantes de origen domiciliario generadas en la vertiente Caribe de Costa Rica*. Dirección de Gestión de Calidad Ambiental - Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Reporte Final. San José, Costa Rica. 19p
  - ii. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-INVEMAR. 2006. Inventario y Caracterización de Fuentes Terrestres fijas de contaminación sobre las áreas marinas y costeras del Caribe colombiano. Reporte Final. Bogotá. Colombia. 22 p.
  - iii. CITMA-CIGEA. 2006. Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina. Reporte Final. La Habana. Cuba. 5p.
  - iv. Ministry of Local Government and Environment. 2006. *Pollutant Loading from Non-Point Sources into the Marine Environment for Jamaica*. Final Report. Permanent Secretary, Kingston, Jamaica, pp3
  - v. CIMAB-MARENA. 2005. Determinación de las cargas contaminantes provenientes de fuentes terrestres de contaminación marina en la costa atlántica de Nicaragua. Ciudad de La Habana. Cuba. 85 p.
  - vi. Institute of Marine Affairs. 2006. *Estimation of Land-based Sources of Pollution in Trinidad and Tobago*. Final Report. Puerto España. Trinidad and Tobago, pp7
  - vii. Ministerio del Ambiente. 2006. *Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina*. Reporte Final. Dirección General de Calidad Ambiental Caracas, República Bolivariana de Venezuela, 10p
  - viii. Marine Pollution Control Section Environmental Protection Department. 2007. *Inventory of selected land-based sources of pollution and estimation of land-based pollutant loads into the marine environment*. Ministry of Energy and the Environment Jemmotts Lane, St. Michael, Barbados.

- ix. Abt Associates Inc. 2002. *Diagnóstico Ambiental y Análisis Económico-Fiscal en la República Dominicana*. Informe Técnico, Capítulo 3. Caracterización de las Fuentes Contaminantes. 127p
- x. INSIVUMEH. 1995. *Inventario de fuentes contaminantes terrestres al Caribe de la República de Guatemala*. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Reporte Técnico. Ciudad de Guatemala, 54p
- xi. Ministry of Natural Resources and the Environment- Department of Environment. 2008. *The Belize National Plan of Action for the Control of Land-Based Sources of Marine Pollution*. Final Report. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. Belmopan. Belize, pp.67
- xii. Autoridad Nacional del Ambiente. 2006. Base de Datos de Fuentes contaminantes de Panamá. Segundo Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Principales Cuencas Hidrográfica de Panamá., 2004-2005. Laboratorio de Calidad Ambiental. Ciudad Panamá, 96p
- xiii. Rejest Ponctuels DOM. 2005. *Pollution d'origine terrestre : rejets dans les Caraïbes françaises* (French Guiana, Guadeloupe, Martinique). MEDAD/DE/BMer/CD, pp.3

#### Informaciones adicionales

- APHA-WPCF-AWWA. 1998. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 20th Edition, 210p.
- A.V. Botello y otros. 2005. *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Lanzamiento del Libro. Marcuba'2006. VII Congreso de Ciencias del Mar. Memorias.
- Banjoo D. 2008. *Estimation of Land based Sources of Pollution in Trinidad and Tobago*. Report, pp.7.
- CAR/RCU. 2007. *Environmental Issues in the Caribbean. An Overview of Land Based Sources of Marine Pollution*. AMEP. Report. Series. Jamaica.
- CIGEA 2006. *Software Focal 1.0*. Ciudad de La Habana, Cuba.
- CONAGUA. 2010. *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Coyoacán, México, D.F. 257p
- CONAGUA. 2009. *Atlas del Agua en México 2009*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Coyoacán, México, D.F. 130p
- CONPES. 2003. *Lineamientos de política para el sector de acueducto y alcantarillado*. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Bogotá. Colombia (disponible en Internet: [http://www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Conpes/3246 .pdf](http://www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Conpes/3246.pdf)).
- EPA. 2008. *Base de datos de EE. UU, Puerto Rico e Islas Vírgenes de EE. UU*. Washington. D.C. 28p.
- Guzmán, M. 2008. *Base de Datos Canon Ambiental Caribe*. Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Costa Rica.
- IDEAM. 2002. *Serie histórica de caudales promedios anuales de ríos colombianos*. Reporte. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Bogotá, 14p.

- Jácome. G. 2006. Taller Regional Indicadores de Calidad de agua de mar y Metodologías de Cargas Contaminantes a la Región del Gran Caribe. *Aplicación de la metodología de cargas contaminantes. Control de descargas de aguas residuales puntuales en México*. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Lewis, A. 2000. Caribbean Environmental Health Institute (CEHI). Workshop on Methodologies for the Determination of Pollutant Loads to the Marine Environment from Land Based Sources and Activities. Saint Lucia.
- Lewis, W.M. & J.F. Saunders. 1986) Chemistry of waters of the lower Orinoco River. En: “Ecosistema Orinoco”, Conocimiento actual y necesidades de futuros estudios. AsoVAC, 36: Convención Anual, Universidad de Carabobo, Valencia. Venezuela, pp 345-349
- MARNR. 2007. *Estrategia de Organización Inter-institucional para la Gestión Ambiental de cuencas altas: Caso de Estudio de la Micro cuenca Zarzales - La Grande, Mérida*. Reporte Técnico. Venezuela, 102p
- Meybeck, M. 1982. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by World Rivers. Report. Am J. Science. 282, pp 401-450
- Monreal y Padilla 1999. *Paraíso en construcción: Turismo, cultura y desarrollo en el Caribe insular*. Estudio preparado para la Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe de la UNESCO. La Habana, Cuba.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en Bahamas. Cobertura de saneamiento. Nassau, Bahamas.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en Haití. Cobertura de saneamiento. Puerto Príncipe. Haití.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en San Vicente y Las Granadinas. Cobertura de saneamiento. San Vicente y Las Granadinas.
- OPS-OMS. 1998. La Salud en las Américas. Situación general y tendencias en Surinam. Volumen II. Lima, 15p
- PNUMA CAR/UCR FP/CR/JA/CP5101-90-05-2949. 1998. Proyecto Regional Planificación y Manejo Ambiental de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe. Litoral de Santo Domingo, República Dominicana. Informe Técnico, pp. 94-110
- PNUMA-CITMA 2007. Taller Regional de Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras del Gran Caribe. 11-13 de Enero. Ciudad de La Habana. Cuba
- PNUMA-PAC. 1994. Perspectiva Regional sobre las Fuentes de Contaminación de Origen Terrestre en la Región del Gran Caribe. Informe Técnico del PAC No 33. 29p
- R. E. Turner, N. Rabalais, R. B. Alexander, G. Mcisaac, & R. W. Howarth. 2007. Characterization of Nutrient, Organic Carbon, and Sediment Loads and Concentrations from the Mississippi River into the Northern Gulf of Mexico. Louisiana State University, Coastal Ecology Institute, Louisiana Univ. Marine Consortium. U.S. Geological Survey. National Center. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. University of Illinois. Department of Ecology and Systematics, New York 14853. Estuaries and Coasts Vol. 30, No. 5, p. 773–790 Richard B. Alexander. 2008. Nitrogen

and phosphorus riverine loads delivered to the Gulf of Mexico and south-atlantic-gulf coastal waters. U.S. Geological Survey Data Series. Report.

- Rodríguez, J. y N. Windevoxhel. 1998. *Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana*. Washington, D.C. 31p
  - Short, F.T. 1991. *The National Estuarine Eutrophication Project: Workshop Proceedings*. In: Hinga, K.R., Stanley, D.W., Klein, C.J., Lucid, D.T and Katz, M.J. (eds.) Strategic Environmental Assessment Division, National Ocean Service, NOAA, Rockville, pp. 25-27.
  - SENES Consultants Limited. 2006. *State of the Environment Report for the Demerara Watershed*. Third Report. Ontario L4B 3N4. November, pp. 139
  - Solano, A.G. 2003. *Inventario de la Situación Actual de las Aguas Residuales Domésticas en Guatemala*. Instituto de Fomento Municipal. IDRC. CEPIS. Proyecto Regional “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial” Lima, 7p
  - UNEP, 2004. Bernal, M.C., Londoño, L.M., Troncoso, W., Sierra-Correa, P.C. & F.A. Arias-Isaza. *Caribbean Sea/Small Islands, GIWA Regional assessment 3a*. University of Kalmar, Kalmar, Sweden, pp. 100
  - URHC. 2006. Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos hídricos. Diagnostico. Reporte. Guatemala, 28p
  - Vázquez, E.B. 2007. *Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina en Venezuela*. Ministerio del Ambiente. Caracas, 10p
  - WHO/UNICEF. 2006. *Anguilla Coverage Estimates. Improved Sanitation*. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Anguilla, pp 4
  - WHO/UNICEF. 2006. *Antigua y Barbudas Coverage Estimates. Improved Sanitation*. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Anguilla, Junio pp 4
9. PNUMA-CITMA. 2005. Informe del Taller Regional sobre metodologías para ser utilizadas en la determinación de cargas contaminantes provenientes de las fuentes terrestres de contaminación marina. 29-31 Marzo. Caracas.
  10. PNUMA-CITMA. 2006. Taller Regional de Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras del Gran Caribe. Enero. La Habana, pp 11-13
  11. UCR/CAR-PNUMA. 2004. Informe sobre la Oncena Reunión Intergubernamental sobre el Plan de Acción del Caribe y Octava Reunión de las Partes Contratantes del Convenio de Cartagena. PNUMA. Jamaica, Octubre,
  12. Beethoven H. V. 2005. *Sostenibilidad ambiental en el Caribe*. Informe. CSI/ORIT. 13p

13. World Resources Institute. 2001. *Coastal Ecosystems. Pilot analysis of global ecosystems*. ISBN: 1-56973-458-5. Library of Congress Catalog Card No. 2001088657. Washington, DC, 93p. Este reporte está disponible en Internet <http://www.wri.org/wr2000>
14. OPS-OMS-HEP. 2001. Informe Regional Sobre la Evaluación 2000 en la Región de las Américas. Agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. Informe. OPS-OMS-HEP. 52p
15. WHO-UNICEF. 2008. Joint Monitoring Programme for Water Supply & Sanitation. Latin America & the Caribbean. (disponible en Internet con acceso el 19/06/2008: <http://www.wssinfo.org/showtable.php/population&sanitation&region=6&startyear=19>)
16. Rojas, M. y Echeverría, J. 2003. Estimación de la Demanda Sectorial del Agua en Centroamérica Bajo Tres Escenarios Futuros: 2010-2030-2050. Quesada, Costa Rica. 51p
17. PNUMA-PAM-ROLAC. 2001. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y el Caribe. México. 33p
18. GRTB-ADERASA. 2009. *Base de datos e indicadores de desempeño para agua potable y alcantarillado*. Ejercicio Anual del Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking, 2008. Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA). Septiembre, 64p
19. Kestler, P.J. 2004. *Uso, rehúso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Universidad Rafael Zaldívar. Guatemala. Octubre, 64p
20. OPS. 1992. La salud ambiental y la gestión de los recursos de agua dulce en las Américas. Heno W. de Konin (compas.), Washington, D.C.
21. OPS. 2001. América Latina y el Caribe. Acceso a los Servicios de Saneamiento y Efluentes de Alcantarillado con algún grado de tratamiento. CIRCA 2000. Informe. 26p
22. Jouravlev A. 2004. *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. DRNI-CEPAL. Serie 74 Recursos Naturales Infraestructura. ISSN impreso 1680-9017. ISSN electrónico 1680-9025. ISBN 92-1-322563-6. Santiago de Chile. Julio 2004. 66p
23. Ordás J.A. 2003. *Panorámica y caracterización de los sistemas de saneamiento en el área del Caribe*. Expert Meeting on Waste Management in SIDS. Memorias. La Habana, pp. 27-31
24. Salas, Henry. 2000. Emisarios submarinos. Alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe. OPS/CEPIS/PUB/00.51. Noviembre, 24p

25. CEHI. 2004. A Directory of Environmentally Sound Technologies for the Integrated Management of Solid, Liquid and Hazardous Waste for SIDS in the Caribbean Region. UNEP. ISBN 968-7913-31-2, March, 140p
26. UNEP, 2004. Villasol, A. and J. Beltran. *Caribbean Islands, GIWA Regional assessment 4*. Fortnam, M. and P. Blime (eds.) University of Kalmar, Kalmar, Sweden. Pp. 132
27. Turner, R.E. & N.N. Rabalais. 1991. *Eutrophication and its Effects on the Coastal Habitats*. Coastal Zone, pp. 61-74. En: S.H. Bolton (ed.) Coastal Wetlands Proceedings of the Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management, 8-14 July 1991 Long Beach, CA American Society of Civil Engineers Press, New York, NY.
28. ISO 14001: 2004. 2004. Environmental management systems - Requirements with guidance for use, pp.36
29. INEGI. 2005. *Estadísticas a propósito del Día Mundial del Agua*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Datos Nacionales*. México.
30. PNUMA. 2003. *Perspectivas del Medio Ambiente*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Kingston, 32p
31. Vila, L. y col. 2004. *Estudio sobre el tráfico marítimo en torno a la República de Cuba*. Informe Técnico. Centro de Investigaciones del Transporte (Cetra), La Habana. 61p
32. Breuer, E. Stevenson, A. G., Howe, J. A., Carrol, J., & Shimmield, G.B. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate. *Marine Pollution Bulletin* 48, pp. 12-25
33. Olsgard, F. & Gray, J. S. 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 122, No. 1-3, pp. 277-306
34. Rogers, A. D. 1999. The biology of *Lophelia pertusa* and other deep water reef forming corals and impacts from human activities. *Internat. Rev. Hydrobiol.* Vol. 84, pp. 315-406
35. Wiese, F. K., Montevecchi, W. A., Davoren, Huettmann, F, Diamond, A. W. & Linke, J. 2001. *Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North West Atlantic*. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 42. No. 12, pp. 1285-1290
36. PNUMA. 1999. Evaluación sobre las Fuentes Terrestres y Actividades que Afectan al Medio Marino, Costero y de Aguas Dulces Asociadas en la Región del Gran Caribe. Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales del PNUMA No. 172. PNUMA/Oficina de Coordinación del PAM/Programa Ambiental del Caribe. 135p

37. Cortés, J. & Risk M.J. 1985. *A Reef under Siltation Stress: Costa Rica*. Bull. Mar. Science. 36 (2), pp. 339-356
38. Richard B.A. 2008. Nitrogen and phosphorus riverine loads delivered to the Gulf of Mexico and south-atlantic-gulf coastal waters. U.S. Geological Survey Data Series Report
39. IMA. 1997. Chemical Load Assessment of the Couva River. Report, pp. 19
40. IMA. 2000. Design and Implementation of the Surface Water Quality Monitoring Programme for the Caroni River Basin. Report, pp. 36
41. UWI. 1997. Carry out appropriated field studies including any necessary bathymetric survey, and estimate the annual rate of sedimentation in Hunts Bay due to de-bouch from Rivers and Gullies. Activities 1.1.3 and 1.1.4. Planning and Environmental Management of Heavily Contaminated Bays and Coastal Areas in the Wider Caribbean. GEF Project RLA/93/G41. GEF-UNEP. Cimab. University of the West Indies, Mona. Kingston. September, pp. 105
42. UNOPS. 1998. *Project of the Governments of Colombia, Costa Rica, Cuba and Jamaica*. Final Report. Planning and Management of Heavily Contaminated Bays and Coastal Areas in the Wider Caribbean. Project RLA/93/G41. GEF-UNEP. Cimab. New York, NY 10017 May, pp. 118
43. PNUMA. 1998. *Litoral de Santo Domingo, Dominican Republic. Bases para la Formulación de un Plan de Manejo Ambiental*. Proyecto Regional Planificación y Manejo Ambiental de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe. PNUMA CAR/UCR FP/CR/JA/CP5101-90-05-(2949). Cimab. RD. Febrero, 43p
44. Turner R. E. & Nancy N. Rabalais. 2003. *Suspended sediment, C, N, P, and Si yields from the Mississippi River Basin*. Coastal Ecology Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803. Louisiana Universities Marine Consortium, 8124 Highway 56, Chauvin, LA 70344, U.S.A. October, pp. 41
45. Alexander, R.B., Smith, R.A., Schwarz, G.E., Boyer, E.W., Nolan, J.V. & Brakebill, J.W. 2008. *Differences in phosphorus and nitrogen delivery to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin*, Environmental Science Technology, 42, 3, 822-830, 10.1021/es0716103. USA, pp. 28
46. ANAM. 2005. *2do Informe del Monitoreo de la Calidad de Agua 2004-2005*. Publ. No. LCA-IM-04-01 Laboratorio Calidad Ambiental, Panamá. 203p
47. Colina, A., J.L. Mogollón, A. Ramírez y C. Bifano. 1989. *Determinación de nitrógeno, fósforo y carbono orgánico en ríos del norte de Venezuela*. INVERCIENCIA. Vol.14 No. 1. Jan-Feb, pp. 41-44

48. Paolini, J., R. Hevia, R. Herrera. 1987. *Transport of carbon and minerals in the Orinoco and Caroní rivers during the years 1983-1984*. In "Transport of carbon and minerals in major world rivers". Part IV Ed. E.T. Degens, S. Kempe & G. Wei-bin. Mitt. Geol. Palaont. Inst., Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband Heft 64.
49. Cressa, C. & C.Y. Senior. 1987. *Aspects of the Chemistry and Hydrology of the Orinoco River, Venezuela*. Acta Científica Venezolana, 38, pp. 99-105
50. Ramirez, A., A.W. Rose & C. Bifano. (1988). *Transport of carbon and nutrients by the Tuy River, Venezuela*. Mitt. Geol. Palaont. Inst., Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband Heft 66. Pp 137-146
51. MARNR. 2007. Estrategia de Organización Inter-institucional para la Gestión Ambiental de cuencas altas: Caso de Estudio de la Micro cuenca Zarzales - La Grande, Mérida, Reporte Técnico. Venezuela, 102p
52. IFDC/IFA/FAO. 1997. *Survey of Fertilizer Rates of Use on the Individual Major World Crops*. Cited in Harris, "An Analysis of Global Fertilizer Application Rates for Major Crops." 1998.
53. CEPAL. 2007. Anuario Estadístico para América Latina y el Caribe. CEPAL, 51p
54. PNUMA. 2002. *Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes*. Informe Regional de América Central y el Caribe. 149p
55. WRI. 2005. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. World Resources Institute, Reporte. 84p
56. WRI. 2006. *Watershed Analysis for the Mesoamerican Reef Data CD*. World Resources Institute. Washington, D.C.
57. CATHLAC/Cimab. 2008. Estimación de la cargas de sedimentos en las Antillas utilizando el Modelo N-SPECT. Reporte. Cimab. La Habana, 8p
58. OPS. 2002. *La Organización Panamericana de la Salud y el Estado Colombiano. Cien años de historia. 1902-2002*. Bogotá. Organización Panamericana de la Salud. (disponible en Internet: [http://www.col.ops-oms.org/centenario/libro/OPS\\_y\\_estado\\_colombiano\\_100.doc](http://www.col.ops-oms.org/centenario/libro/OPS_y_estado_colombiano_100.doc)).
59. OPS. 2001<sup>a</sup>. Informe Regional sobre la Evaluación 2000 en la región de las Américas: agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. Washington, D.C.
60. Calcagno, A., M. Gaviño Novillo y N. Mendiburo. 2000. *Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina*. Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC). Asociación Mundial

del Agua (GWP) (disponible en Internet:

<http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InAr00200.pdf>).

61. OPS. 1990. Situación del abastecimiento de agua potable y del saneamiento en la región de las Américas al finalizarse el decenio 1981-1990 y perspectivas para el futuro. Volumen 1, Washington, D.C.
62. BID. 2003. Las Metas del Milenio y las Necesidades de Inversión en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Conferencia Internacional. Reporte. Washington, 71p
63. OPS. 2000. Informe sobre la Evaluación Mundial de Abastecimiento y el Saneamiento en el 2000. Capítulo 8. Washington, D.C.
64. CEPAL. 2006. *Estadísticas sociales*. Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. CEPAL, 62p
65. CIAT-UNEP-CIESIN. 2005. *Base de Datos de Población de América Latina y el Caribe (ALC)*. Disponible en Internet: <http://www.na.unep.net/datasets/datalist.php3>.  
[http://gisweb.ciat.cgiar.org/population/esp/conjunto\\_datos.htm](http://gisweb.ciat.cgiar.org/population/esp/conjunto_datos.htm)

**UNEP CAR/RCU**  
**14-20 Port Royal Street**  
**Kingston, JAMAICA**  
**Tel:(876) 922-9267-9**  
**Fax:(876) 922-9292**  
**Email: [rcu@cep.unep.org](mailto:rcu@cep.unep.org)**  
**Website: <http://www.cep.unep.org>**