



Distr. LIMITADA

UNEP(DEPI)/CAR WG.46/INF.13
6 de junio de 2025

Original: ESPAÑOL

Séptima Reunión del Comité Asesor Científico y Técnico (STAC) del Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades en la Región del Gran Caribe

Virtual, del 22 al 25 de julio de 2025

**PROYECTO DE RECOMENDACIONES PARA MODIFICAR EL PROTOCOLO FTCM
Y SUS ANEXOS A FIN DE FACILITAR UNA MAYOR REUTILIZACIÓN DE LAS
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, INCLUIDA LA ADOPCIÓN DE NUEVOS
CRITERIOS O NORMAS PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS.**

Esta reunión se convoca virtualmente. Se ruega a los delegados que accedan a todos los documentos de la reunión por vía electrónica para descargarlos cuando sea necesario.

*Este documento ha sido reproducido sin edición formal

Acuerdo a Pequeña Escala (SSFA) “Cooperación
PNUMA y RAC CIMAB con respecto a los
proyectos/programas GEF CReW+, ACP MEAs III y
fondos SIDA (UNEP HQ) en la Región del Gran Caribe”

Informe final
(*BORRADOR*):

*“Desarrollar recomendaciones de enmiendas al
Protocolo FTCTM que incluya incrementar la
reutilización de aguas residuales de origen
doméstico incluyendo la adopción de nuevos
criterios o estándares para las descargas de agua
residuales domésticas con el apoyo del RAC-IMA”*

Mayo, 2025.

TABLA DE CONTENIDO

CREDITOS Y AGRADECIMIENTOS.....	III
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	IV
1 RESUMEN EJECUTIVO	1
2 INTRODUCCION	3
2.1 OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	4
3 EL PROTOCOLO FTCM: DESCRIPCIÓN Y ACTUALIZACIÓN.	4
3.1 GENERALIDADES. ARTÍCULOS.	5
3.2 ANEXO I.....	6
3.2.1 <i>Parte B: Fuentes y actividades prioritarias que afectan a la zona de aplicación del Convenio.</i>	<i>6</i>
3.2.2 <i>Parte C: Contaminantes asociados que son causa de preocupación</i>	<i>7</i>
3.3 ANEXO II.....	10
3.4 ANEXO III.....	10
3.4.1 <i>Parte A: Definiciones.....</i>	<i>11</i>
3.4.2 <i>Parte B: Descarga de aguas residuales domésticas.....</i>	<i>12</i>
3.4.3 <i>Parte C: Límites de efluentes.</i>	<i>12</i>
3.4.3.1 Sólidos suspendidos totales	14
3.4.3.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).	16
3.4.3.3 pH.....	19
3.4.3.4 Grasas y Aceites	21
3.4.3.5 Indicadores bacteriológicos.....	24
3.4.3.6 Sustancias flotantes	29
3.4.3.7 Otros parámetros no incluidos en el Anexo III del Protocolo FTCM.....	30
3.4.4 <i>Parte D: Pre tratamiento industrial</i>	<i>33</i>
3.4.5 <i>Parte E: Sistemas caseros</i>	<i>34</i>
3.4.6 <i>Parte F: Manejo, operaciones y mantenimiento.....</i>	<i>35</i>
3.4.7 <i>Parte G: Periodo de prórroga.....</i>	<i>35</i>
3.5 ANEXO IV.....	35
3.6 PROPUESTAS DE OTROS ANEXOS.....	37
3.6.1 <i>Aguas residuales industriales</i>	<i>37</i>
3.6.2 <i>Reúso de aguas residuales.....</i>	<i>39</i>
4 RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE ENMIENDAS AL PROTOCOLO.....	40
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
6 ANEXOS.....	47
6.1 ANEXO 1. NORMAS DE VERTIMIENTOS DE LOS PAÍSES DE LA REGIÓN DEL GRAN CARIBE.....	47

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CALENDARIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS NUEVOS O EXISTENTES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CUYOS EFLUENTES SATISFAGAN LOS LÍMITES DE EFLUENTES DE VERTIMIENTOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ESTABLECIDOS EN EL ANEXO III DEL PROTOCOLO FTCM.	12
TABLA 2. LÍMITES DE VERTIMIENTOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ESTABLECIDOS EN EL ANEXO III DEL PROTOCOLO FTCM.	13
TABLA 3. LÍMITES DE VERTIMIENTOS PARA SST EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN PAÍSES DE LA RGC.	14
TABLA 4. LÍMITES DE VERTIMIENTOS PARA DBO ₅ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LOS PAÍSES DE LA RGC.	17
TABLA 5. RANGOS DE PH PARA VERTIMIENTOS EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN PAÍSES DE LA RGC.	20
TABLA 6. LÍMITES DE VERTIMIENTOS PARA GRASAS Y ACEITES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LOS PAÍSES DE LA RGC.	22
TABLA 7. LÍMITES DE VERTIMIENTOS PARA INDICADORES BACTERIOLÓGICOS EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN PAÍSES DE LA RGC.	25
TABLA 8. PROPUESTAS DE RANGO DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA NUTRIENTES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (<i>NARCIS, ET AL., 2025</i>).	32

INDICE DE RECUADROS

RECUADRO 1. ARTÍCULOS DEL PROTOCOLO FTCM	5
RECUADRO 2. CATEGORÍAS DE FUENTES Y ACTIVIDADES PRIORITARIAS QUE AFECTAN LA ZONA DE APLICACIÓN DEL CONVENIO, DESCRITAS EN EL ANEXO I DEL PROTOCOLO FTCM	6
RECUADRO 3. CONTAMINANTES ASOCIADOS QUE SON CAUSA DE PREOCUPACIÓN, DESCRITOS EN EL ANEXO I DEL PROTOCOLO FTCM.	8
RECUADRO 4. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS EN LA ZONA DE APLICACIÓN DEL CONVENIO.	11
RECUADRO 5. OBLIGACIONES GENERALES SOBRE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS INCLUIDAS EN EL ANEXO III.	12
RECUADRO 6. PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL	34

CREDITOS Y AGRADECIMIENTOS

AUTORES:

Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte, Cuba (RAC Cimab):

- Mac. Lic. Marlén Pérez Hernández, Investigadora Auxiliar
- MSc. Lic. Yamiris Gómez D'Angelo, Investigadora Auxiliar
- Lic. Jesús Beltrán González, Investigador Auxiliar
- MSc. Ing. Víctor Sende Odoardo, Investigador Agregado

Instituto de Asuntos Marinos, Trinidad y Tobago (RAC IMA):

- Dr C. Maurice J. Narcis

FINANCIAMIENTO:

- Proyecto GEF CReW+ "Un enfoque integrado para la gestión del agua y las aguas residuales en la región del Gran Caribe utilizando soluciones innovadoras y mecanismos de financiación sostenibles"

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AMEP	Programa de Evaluación y Manejo de la Contaminación Marina (<i>Assessments and Management of Environmental Pollution</i> , por sus siglas en Ingles)
ALC	América Latina y el Caribe
CAR	Centros de Actividad Regional (<i>RAC por sus siglas en ingles</i>)
Cimab	Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte, Cuba
DBO ₅	Demanda Bioquímica Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
FTCM	Fuentes Terrestres de Contaminación Marina
IMA	Instituto de Asuntos Marinos, Trinidad y Tobago
N	Nitrógeno
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
P	Fósforo
PAC	Programa Ambiental del Caribe
PEID	Pequeños Estados Insulares en Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa Ambiental del Caribe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RGC	Región del Gran Caribe
SOCAR	Informe del Estado del Área de la Convención
SST	Sólidos suspendidos totales

1 RESUMEN EJECUTIVO

El Protocolo de Fuentes y Actividades Terrestre de Contaminación Marina (Protocolo FTCM) es un compendio de procedimientos/medidas desarrolladas para responder a la necesidad de proteger el medioambiente marino y la salud humana de las actividades de origen terrestre que los afectan que forma parte del Convenio de Cartagena (Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe). Fue adoptado en el año 1999 y entró en vigencia en el año 2010. Aunque la vigencia del Protocolo FTCM es relativamente reciente, sin embargo, fue redactado y adoptado hace más de 25 años por lo que es imperativo la revisión de su contenido y la valoración de su actualización.

El objetivo del presente estudio es proponer enmiendas al Protocolo FTCM, teniendo en cuenta la necesidad de actualización de su estructura y contenido. Para el cumplimiento del objetivo se realizó un análisis y evaluación de la estructura del Protocolo FTCM, sobre todo de los anexos técnicos. Se evaluaron los instrumentos jurídicos nacionales y regionales relacionados con las normas o criterios de vertimientos de aguas residuales y se compararon con las obligaciones estipuladas en el Protocolo cuando procedía. Además, se consultaron estudios regionales recientes sobre el estado ambiental de la zona de aplicación del Convenio de Cartagena (Región del Gran Caribe) cuyas conclusiones y/o recomendaciones implicaban propuestas de cambios enmiendas al Protocolo FTCM.

El informe se divide en tres capítulos principales. El primero tiene un carácter introductorio. En el segundo se analiza en detalle el contenido del protocolo y sus anexos recalcando los aspectos esenciales que deben o no ser modificados. En el tercer capítulo se resumen solamente las enmiendas propuestas al Protocolo FTCM, entendidas como cambios, eliminación y/o incorporación de nuevos artículos, límites de vertimientos, anexos, entre otros.

Se proponen dos modificaciones al Anexo I, la primera relacionadas con el agrupamiento de las categorías de fuentes y actividades prioritarias que afectan la zona de aplicación del Convenio y la segunda se refiere a la inclusión de problemas ambientales emergentes que son causa de preocupación (presencia de micro plásticos y otros contaminantes emergentes, la inundación por sargazo y la acidificación de los mares)

En el Anexo III (aguas residuales domésticas) se propone modificar el límite de vertimiento para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de 30 a 50 mg L^{-1} para descargas en aguas de Clase I (más sensibles). Se sugiere incluir a los coliformes fecales (termotolerantes) como indicador de contaminación fecal en las aguas residuales domésticas para el vertimiento en cuerpos receptores de Clase II (menos sensibles) con un LMP que pudiera estar comprendido entre 1000 – 5000 NMP 100 mL^{-1} así como agregar las mismas concentraciones máximas permisibles de *Enterococcus faecalis*

y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal (35 y 126 organismos 100 mL⁻¹) en Número Más Probable (NMP) y en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) respectivamente, para vertimientos en aguas de Clase I.

En este mismo Anexo III se propone Incluir los nutrientes (en específico compuestos del nitrógeno y fósforo) dentro del grupo de los parámetros con límites de vertimientos para vertimientos en aguas de Clase I y II, según la siguiente propuesta:

Clasificación del cuerpo receptor	Límites permisibles (mg L ⁻¹)		
	PT	NT	NTK
Clase I	0.1 - 5	1- 10	5 -10
Clase II	5 - 10	10 – 50	10 - 40

Se propone incluir un párrafo relativo a la necesidad de actualizar los indicadores de calidad ambiental y sus límites de vertimientos al menos cada 10 años.

En el Anexo IV se proponen dos modificaciones en el texto, una relativa a la conveniencia de la utilización de métodos avanzados de estimación de la carga contaminante procedente de fuentes agrícolas no puntuales de contaminación a través de modelos matemáticos y otra relacionada con una extensión en los plazos para la elaboración y aprobación de los mecanismos jurídicos específicos relativos a la prevención, reducción y control de dicha contaminación.

Por último, se propone la inclusión de dos nuevos anexos al Protocolo FTCM: uno sobre aguas residuales industriales y otro sobre reúso de aguas residuales. En ambos casos se incluyen los objetivos, los principios sobre los que deben basarse y una propuesta sobre el alcance (estructura) que deben tener los mismos.

2 INTRODUCCION

La Región del Gran Caribe (RGC) es considerado un hábitat de alto valor ecosistémico, entre otros aspectos, por el gran número de pequeños estados insulares en desarrollo (PEID) que alberga, su riqueza cultural y ambiental, las diferentes estructuras geopolíticas y el gran número de límites marítimos que posee.

Como parte de los esfuerzos históricos para la protección y conservación de la RGC en el año 1981 los gobiernos de la región instaron al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a brindarles asistencia para salvaguardar los recursos costeros y marinos que forman la base del futuro desarrollo económico y social de dicho ecosistema. Como resultado, se aprobó en el año 1983 el “Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe” en Cartagena de Indias, Colombia. El tratado, comúnmente conocido como el Convenio de Cartagena, oficialmente entró en vigencia en 1986 y es el único acuerdo regional vinculante con un enfoque integrado, cooperativo y regional para la protección del medio ambiente marino de la región.

El Convenio de Cartagena, además de obligaciones generales y de arreglos institucionales, presenta tres protocolos:

- 1.- PROTOCOLO RELATIVO A LA COOPERACION PARA COMBATIR LOS DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN LA REGION DEL GRAN CARIBE.
- 2.- PROTOCOLO RELATIVO A LAS AREAS Y A LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES ESPECIALMENTE PROTEGIDAS.
- 3.- PROTOCOLO RELATIVO A LA CONTAMINACION PROCEDENTE DE FUENTES Y ACTIVIDADES TERRESTRES (FTCM).

A través de estos tres protocolos se proporciona un marco legal para acciones regionales y nacionales que tienen el objetivo supremo la protección del medio ambiente marino en la región del Gran Caribe ejecutadas de manera integrada.

En particular el Protocolo de Fuentes y Actividades Terrestre de Contaminación Marina (Protocolo FTCM) es un compendio de procedimientos/medidas desarrolladas para responder a la necesidad de proteger el medioambiente marino y la salud humana de las actividades de origen terrestre que los afectan. Tiene como objetivos primarios, reducir el impacto de los contaminantes prioritarios estableciendo límites a las aguas residuales y a las emisiones y aplicando las mejores prácticas de gestión y fomentar intercambios de información científica y técnica sobre la contaminación terrestre mediante la cooperación regional en materia de monitoreo e investigación.

El Protocolo FTCM fue adoptado en el año 1999 y entró en vigencia en el año 2010. Al momento del presente estudio 16 países han ratificado dicho protocolo, a saber: Panamá, Estados Unidos de América, Santa Lucía, Costa Rica, Honduras, Granada, Belice, Trinidad y Tobago, Guyana, Francia, Jamaica, Bahamas, Antigua y Barbuda, Barbados, Republica Dominicana y San Cristóbal y Nieves.

Aunque se puede afirmar que la vigencia del protocolo es relativamente reciente (15 años, teniendo en cuenta la fecha de su entrada en vigor), sin embargo, fue redactado y adoptado hace más de 25 años por lo que es **imperativo la revisión de su contenido y la valoración de su actualización.**

2.1 Objetivos y aspectos metodológicos

El objetivo del presente estudio es proponer enmiendas al Protocolo FTCM, teniendo en cuenta la necesidad de actualización de su estructura y contenido. Tal y como se analizará el epígrafe 2.1, cualquier cambio/modificación al Protocolo FTCM debe ser aprobado por las Partes Contratantes, por tanto, el alcance del presente estudio se limita a recomendaciones.

Para el cumplimiento del objetivo del estudio se realizaron las siguientes tareas:

- 1.- Análisis y evaluación de la estructura del Protocolo FTCM.
- 2.- Análisis y vigencia del contenido de los anexos técnicos del Protocolo FTCM

Aunque se realiza un análisis general de la estructura del protocolo, el estudio se enfoca en propuestas de enmiendas a los **anexos técnicos** del mismo.

Con el objetivo de coleccionar información clave relacionada con la actualización de los anexos del Protocolo FTCM, se incluyó una sección relativa al tema en una encuesta regional enviada a los Puntos Focales Nacionales de dicho protocolo. Sin embargo, fue bajo el nivel de respuesta (solamente 7 países: Barbados, Belice, Guyana, Jamaica, Trinidad y Tobago, Estados Unidos y Honduras). La información recopilada no fue de mucha calidad.

Ante la poca retroalimentación se reforzó el trabajo de mesa, que incluyó análisis y comparación de instrumentos jurídicos nacionales y regionales relacionados con las normas o criterios de vertimientos de aguas residuales; referencias de estudios y evaluaciones regionales recientes sobre el estado ambiental de la zona de aplicación del Convenio (Región del Gran Caribe), así como otras informaciones de interés para el objetivo del estudio.

El informe se divide en tres capítulos principales. El primero tiene un carácter introductorio. En el segundo se analiza en detalle el contenido del protocolo y sus anexos recalando los aspectos esenciales que deben o no ser modificados. En el tercer capítulo se resumen solamente las enmiendas propuestas al Protocolo FTCM, entendidas como cambios, eliminación y/o incorporación de nuevos artículos, límites de vertimientos, anexos, entre otros.

3 EL PROTOCOLO FTCM: DESCRIPCIÓN Y ACTUALIZACIÓN.

3.1 Generalidades. Artículos.

El Protocolo FTCM consta de diecinueve artículos (XIX) y cuatro anexos (IV):

Anexo I: Categorías de fuentes, actividades y contaminantes conexos que son causa de preocupación.

Anexo II: Factores que se usarán para determinar los controles de las fuentes de efluentes y de emisiones y las prácticas de manejo.

Anexo III: Aguas residuales domésticas.

Anexo IV: Fuentes no puntuales de contaminación agrícola.

A través de los XIX artículos (Recuadro 1) se describe el alcance del protocolo, las obligaciones generales a cumplir, así como los mecanismos de funcionamiento. Los cuatro anexos tienen un enfoque más técnico e incluye obligaciones específicas que serán objeto de análisis más adelante en el presente informe.

Las referencias a enmiendas al Protocolo FTCM y a sus anexos técnicos, así como posibles nuevos anexos, está explícitamente incluido en los artículos IV (*Anexos*) y XVII (*Adopción y entrada en vigor de nuevos anexos y de enmiendas a los anexos*).

En el párrafo 3 del Artículo IV expresa que *“Las Partes Contratantes también podrán elaborar los anexos adicionales que consideren adecuados, incluso uno relativo a los criterios sobre la calidad del agua para ciertos contaminantes prioritarios identificados en el Anexo I de este Protocolo”*.

Por su parte, en el Artículo XVII se establecen los procedimientos para la inclusión y aprobación de nuevos anexos, así como enmiendas a los existentes, ***siempre en conformidad con lo establecido en Convenio de Cartagena y con la aprobación de las Partes Contratantes***.

Por tanto, el proceso de propuestas de enmiendas al Protocolo FTCM y/o nuevos anexos resultantes del presente estudio ***está legalmente refrendado en el cuerpo legal del mismo***.

Recuadro 1. Artículos del Protocolo FTCM

Artículo I: Definiciones.

Artículo II: Disposiciones Generales.

Artículo III: Obligaciones Generales.

Artículo IV: Anexos.

Artículo V: Cooperación y Asistencia.

Artículo VI: Programas de Monitoreo y Evaluación.

Artículo VII: Evaluación del Impacto Ambiental.

Artículo VIII: Desarrollo de sistemas de información.

Artículo IX: Contaminación transfronteriza.

Artículo X: Participación.

Artículo XI: Educación y Concientización.

Artículo XII: Presentación de informes.

Artículo XIII: Mecanismos institucionales.

Artículo XIV: Comité Científico Técnico Asesor.

Artículo XV: Reunión de las Partes Contratantes.

Artículo XVI: Financiamiento.

Artículo XVII: Adopción y Entrada en Vigor de Nuevos Anexos y de Enmiendas a los Anexos.

Artículo XVIII: Ratificación, Aceptación, Aprobación y Adhesión.

Artículo XIX: Firma del Protocolo

3.2 Anexo I

El Anexo I del Protocolo FTCM se divide en tres (3) Partes (A, B y C). En la Parte A se establecen las definiciones propias del contenido del anexo. La Parte B define las categorías de fuentes y actividades prioritarias que afectan a la zona de aplicación del Convenio (10 en total) y la Parte C enumera los contaminantes asociados a dichas fuentes y actividades que son causa de preocupación (16 en total).

Las fuentes y actividades que afectan la RGC (no definidas por orden de prioridad, Recuadro 2), así como los contaminantes asociados (Recuadro 3), requieren de una actualización. Las personas y la economía, que son los principales impulsores del cambio ambiental, se han modificado en los años recientes: la población costera y la urbanización han crecido y los principales sectores económicos relacionados con el medio marino han cambiado (UNEP CEP, 2019).

3.2.1 Parte B: Fuentes y actividades prioritarias que afectan a la zona de aplicación del Convenio.

En el taller regional de inicio del Informe SOCAR (*Informe del Estado del Área del Convenio de Cartagena*) (UNEP CEP, 2019) celebrado en 2016, se reconoció que, en ese momento, las fuentes agrícolas no puntuales, las aguas residuales domésticas no tratadas y la industria química, son las actividades consideradas de mayor prioridad en la región. En segundo lugar, de prioridad, según el propio informe, lo tienen las refinerías de petróleo, las industrias extractivas y mineras, los ingenios azucareros y destilerías de azúcar y las actividades pecuarias intensivas (sobre todo en los pequeños estados insulares en desarrollo, PEID) y como de baja prioridad las actividades de procesamiento de alimentos, de licores y bebidas y la industria de producción de pulpa y papel.

De las respuestas recibidas de los países del cuestionario enviado para el presente estudio (7 en total), todos coinciden en que las aguas residuales domésticas y las fuentes no puntuales de origen agrícola tienen el más elevado nivel de prioridad.

El propio informe SOCAR refiere que las fuentes no puntuales de origen agrícola (a través de la escorrentía superficial y a través de las aguas subterráneas) representa el 60 % de los aportes de nitrógeno a la RGC. Por su parte la escorrentía superficial proveniente de la agricultura representa el 56 % de los aportes de fósforo. En el caso de las aguas residuales domésticas, a través del

Recuadro 2. Categorías de fuentes y actividades prioritarias que afectan la zona de aplicación del Convenio, descritas en el Anexo I del Protocolo FTCM

- Aguas residuales domésticas
- Fuentes agrícolas no puntuales
- Industrias químicas
- Industrias extractivas y mineras
- Actividades de procesamiento de alimentos
- Elaboración de licores y bebidas gaseosas
- Refinerías de petróleo
- Instalaciones de producción de pulpa y papel
- Ingenios azucareros y destilerías de azúcar

alcantarillado, representan el 9 % del total de los aportes de nitrógeno y el 11 % de los aportes de fósforo (UNEP CEP, 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, ***se recomienda que las aguas residuales domésticas y las fuentes no puntuales de origen agrícola continúen incluidas explícitamente como fuentes prioritarias que afectan la zona de aplicación del Convenio (Región del Gran Caribe).***

En cuanto a las actividades industriales y de residuos peligrosos que afectan, por sus aportes contaminantes, a la RGC, se requiere de un análisis más detallado que escapa del alcance del presente estudio. Aunque las fuentes y actividades de origen industrial incluidas actualmente en el Anexo I, son consideradas como de prioridad media y baja según SOCAR (UNEP CEP, 2019) para la mayoría de los países, esto puede variar según el nivel de desarrollo económico y los niveles de tratamiento de las aguas residuales provenientes de dichas fuentes en cada país.

Por un lado, industrias como la petroquímica, incluyendo las refinerías, fueron reconocidas por los países que respondieron la encuesta. Con la inclusión y/o exclusión de alguna actividad industrial específica en el listado de categorías prioritarias, se corre el riesgo de que algún país o Parte Contratante del Protocolo FTCM no vea reflejado sus intereses nacionales en el mismo. ***Por tanto, se propone incluir las actividades industriales de forma general como fuente prioritaria que afecta la zona de aplicación del Convenio, sin detallar en tipo de industria como aparece en el documento vigente.*** Un futuro estudio detallado por tipo de actividad industrial, incluso por subregión, podría proporcionar los elementos suficientes para actualizar las fuentes industriales que son prioritarias en la región según sus aportes contaminantes.

Por otro lado, el propio informe SOCAR reconoce que el turismo, la pesca de captura, además de la agricultura, el transporte marítimo, las industrias manufactureras y la petrolera, se encuentran entre los principales contribuyentes al Producto Interno Bruto (PIB) en los países de la RGC y constituyen fuentes importantes de presiones sobre el medioambiente marino costero (UNEP CEP, 2019). ***En este sentido, se propone la inclusión explícita del turismo, la pesca (incluyendo la acuicultura y maricultura) y el transporte marítimo y portuario como actividades prioritarias que afectan directa o indirectamente la zona de aplicación del Convenio (Región del Gran Caribe).***

La inclusión de sectores como la pesca y el turismo, sería doblemente conveniente, ya que ellos mismos dependen de un medioambiente marino limpio, saludable y productivo, para su propio desarrollo.

3.2.2 Parte C: Contaminantes asociados que son causa de preocupación

La lista de contaminantes asociados a las fuentes y actividades de contaminación incluidas en el Protocolo FTCM, que son causa de preocupación, es bastante larga y específica (Recuadro 3) y está incluida como el acápite C.1 (*Contaminantes primarios que son causa de contaminación*). El último punto (q) de los contaminantes asociados que son causa de preocupación, permite, tal y como

redactado, la inclusión de cualquier otra sustancia que por sus características (persistencia, riesgo para la salud, toxicidad, bioacumulación, entre otros) permita clasificarla como contaminante de preocupación. ***Por tanto, la lista se puede considerar incluyente y no limitada.***

Recuadro 3. Contaminantes asociados que son causa de preocupación, descritos en el Anexo I del Protocolo FTCM.

- (a) Compuestos organohalogenados y sustancias que podrían producir esos compuestos en el medio marino;
- (b) Compuestos organofosforados y sustancias que podrían producir esos compuestos en el medio marino;
- (c) Compuestos organoestánicos y sustancias que podrían producir esos compuestos en el medio marino;
- (d) Metales pesados y sus compuestos;
- (e) Petróleo crudo e hidrocarburos;
- (f) Aceites lubricantes usados;
- (g) Hidrocarburos policíclicos aromáticos;
- (h) Biocidas y sus derivados;
- (i) Microorganismos patógenos;
- (j) Cianuros y fluoruros;
- (k) Detergentes y otras sustancias tensoactivas no biodegradables;
- (l) Compuestos de nitrógeno y fósforo;
- (m) Materiales sintéticos persistentes y otros materiales, incluyendo basura, que floten, fluyan o permanezcan en suspensión o se asienten en los fondos y que afecten a la vida marina y dificulten los usos del mar;
- (n) Compuestos con efectos similares a las hormonas;
- (o) Sustancias radioactivas;
- (p) Sedimentos; y
- (q) Cualquier otra sustancia o grupo de sustancias con una o más de las características enumeradas en la sección siguiente que incluye los factores a evaluar para que un posible contaminante sea considerado de preocupación.

No obstante, la inclusión explícita de otros contaminantes se sugiere, ya que implica un reconocimiento regional del impacto negativo de los mismos en la zona de aplicación del Convenio.

En este sentido, es importante señalar que SOCAR reconoció como a los “contaminantes emergentes” (CE), el polvo del Sahara, los micro plásticos y la inundación por sargazo como “problemas ambientales emergentes” en la RGC (UNEP CEP, 2019).

Dentro del grupo de los llamados “contaminantes emergentes” se encuentran una variedad de productos naturales o sintéticos que van desde residuos farmacéuticos y hospitalarios, productos para el cuidado personal, aditivos industriales hasta los propios micro plásticos. Lo que tienen en común estos productos/residuos es que su presencia (y su detección) en los diferentes compartimientos del medioambiente es relativamente reciente y que no están suficientemente

investigados ni regulados. También suelen ser llamados micro contaminantes, ya que en concentraciones relativamente bajas tienen un gran impacto negativo en los seres vivos debido a su alta toxicidad, persistencia y nivel de bioacumulación (Geissen 2015). El monitoreo de los CE es un desafío ya que para muchos de ellos aún no hay métodos analíticos estandarizados.

El número de sustancias que pueden considerarse emergentes es indeterminado e incluye tal y como se mencionó anteriormente, fármacos de uso humano o veterinario, antiparásitos y otros biocidas; aditivos de materiales empleados como antioxidantes, retardantes de llama, plastificantes, protectores anticorrosivos; productos del hogar como detergentes, cosméticos, fragancias, cremas; drogas, entre otros. Normalmente, se trata de compuestos que no están sometidos a una regulación específica que limite su presencia en el agua pero que podrían estar reguladas en el futuro si se determina que suponen un riesgo para el medio acuático o a través de él.

Existen otros problemas ambientales relacionados que se consideran emergentes y que no son necesariamente “sustancias o productos contaminantes”, entre los que se encuentran los afloramientos de algas nocivas (HAB’s por sus siglas en inglés), el aumento de las arribazones de sargazos a las costas (conocido como “inundaciones de sargazos”) y la acidificación oceánica. En este sentido es bueno aclarar que la presencia de sargazo en el mar, no es un problema ambiental, sino que se vuelve preocupante (entiéndase contaminante) cuando llega a las costas en grandes cantidades.

Los problemas y contaminantes emergentes están siendo abordados desde diferentes enfoques y niveles de importancia en la Región del Gran Caribe. Sin embargo, aún es limitada la percepción de la importancia de los mismos y los recursos que se le dedican a su investigación. Por ello se considera oportuna y necesaria la inclusión en el marco del Protocolo FTCM tanto los contaminantes en sí como de los problemas contaminantes emergentes.

En este sentido, se formula la siguiente recomendación:

2.- Insertar en la Parte C del Anexo I un nuevo acápite (C.2) titulado “Problemas ambientales emergentes que son causa de preocupación y que afectan la zona de aplicación del Convenio”:

a.- Presencia de micro plásticos y otros contaminantes emergentes

b.- Inundación por sargazo

c.- Acidificación de los mares

El siguiente acápite en la Parte C del Anexo I (originalmente C.2 pero que pasaría a ser acápite C.3 con la inserción mencionada anteriormente) titulado “*Características y otros factores que deberán tenerse en cuenta al evaluar otros contaminantes que sean causa de preocupación*” enumera, tal y como su nombre lo indica, las características y los factores que deberán valorarse por las Partes Contratantes para evaluar otros contaminantes de preocupación. Se incluye, entre otros, la

toxicidad, la persistencia, el riesgo para la salud y la bioacumulación. ***Se considera oportunos y suficientes los factores listados, por lo que no se recomienda cambios en dicho acápite.***

3.3 Anexo II

El Anexo II del Protocolo FTCM lista los factores que se deberán utilizar para los controles de los efluentes y emisiones, así como para las prácticas de manejo.

En la Parte A se recomiendan tres (3) sub grupos de factores a considerar en las prácticas de manejo: las características y composición de los residuales; las características de las propias fuentes o actividades contaminantes y otras prácticas de producción y tecnologías (desde opciones de reciclaje y reutilización hasta sustitución de otros productos o actividades).

Los factores listados son reconocidos como efectivos para el manejo de las fuentes terrestres de contaminación marina y aunque en la actualidad se utilizan otras prácticas de manejo, los factores para el diseño de tales prácticas son los mismos.

En la Parte B del Anexo II se fija la responsabilidad de las Partes Contratantes de aplicar prácticas de control y manejo a las fuentes de emisión y se establece la posibilidad de que dichas prácticas (incluyendo los límites de vertimientos) sean más estrictas que las recomendadas en el propio protocolo. En ese sentido, se recomienda factores a tener presentes, relacionados con las características de los lugares de descarga y del medio marino receptor.

Por último, en la Parte C del propio anexo se precisa, por parte de las Partes Contratantes, la necesidad de la revisión de las prácticas de control y manejo de las fuentes contaminantes, y si no son lo suficientemente efectivas, se abre la puerta a futuros cambios en dichas prácticas (incluyendo nuevos límites de vertimientos), teniendo en cuenta los adelantos tecnológicos y científicos, así como otros factores económicos sociales.

Se puede concluir que, los factores que recomienda el protocolo a tener en cuenta para el control de los efluentes y para las prácticas de manejo, son adaptables a cada país y atemporales. Además, se reconoce que este anexo no establece compromisos (entiéndase obligaciones), sino recomendaciones “metodológicas” para el control y manejo de las fuentes contaminantes que facilitarán el cumplimiento de otras obligaciones explícitas, sobre todo en el Anexo III (analizadas a continuación). No se propone cambios o enmiendas al Anexo II.

3.4 Anexo III

El Anexo III del Protocolo FTCM, sobre aguas residuales domésticas, es uno de los más citados por su temática en sí y por el propio hecho de incluir obligaciones específicas a cumplir por las partes contratantes que suelen ser motivos de preocupación.

El Anexo III se divide en siete (7) partes (A hasta G) que serán objeto de análisis a continuación de forma independiente.

3.4.1 Parte A: Definiciones.

La Parte A del Anexo III incluye definiciones de terminologías técnicas afines a la temática (aguas residuales domésticas). En esta sección lo más destacable son las definiciones de aguas en la zona de aplicación del Convenio de Cartagena en Clase I y Clase II (Recuadro 4).

Esta clasificación en dos grandes subgrupos: más sensibles (Clase I) y menos sensible (Clase II) hace más simple y efectivo el cumplimiento de los límites de vertimientos establecidos en la Parte C del anexo.

En estudio realizado al respecto en los países de la región (Narcis, Gómez y Pérez, 2025) se reconoce que hay un avance significativo en cuanto a la clasificación de las zonas marinos y costeras. Al menos 13 países de la región tienen algún sistema legislado para la clasificación de las zonas marino costeras, que es compatible con la clasificación del protocolo FTCM

(Colombia, Cuba, República Dominicana, Honduras, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Antigua y Barbuda, Belice, Jamaica, Santa Lucía, Trinidad y Tobago y Estados Unidos de América). Cuatro de estos países no son partes contratantes del Protocolo FTCM (Cuba, Colombia, Nicaragua y Venezuela).

El gran reto es que, en muy pocos de esos países, las normas de vertimientos a zonas marinas y costeras, diferencian los límites máximos permisibles de los indicadores de calidad ambiental según las respectivas clasificaciones de dichos cuerpos de agua como receptores de aguas residuales (Anexo I) incluso siendo parte contratante del Protocolo FTCM.

Teniendo en cuenta los avances regionales en la clasificación de las aguas marino costeras y los retos en este sentido, se recomienda mantener tal y como se establece en el Anexo III.

Recuadro 4. Clasificación de las aguas en la zona de aplicación del Convenio.

Se entiende por “aguas de Clase I” las aguas en la zona de aplicación del Convenio que, debido a características ambientales que les sean inherentes o propias, a su fragilidad biológica o ecológica o al uso por el hombre, son particularmente sensibles al impacto de las aguas residuales domésticas. En las aguas de Clase I se incluyen, entre otras:

- (a) aguas que contienen arrecifes de coral, praderas marinas o manglares;
- (b) zonas críticas para la reproducción, cría y alimentación de la vida acuática y terrestre;
- (c) zonas que proporcionan hábitats para las especies protegidas en virtud del Protocolo relativo a las Áreas y Fauna y Flora Silvestres Especialmente Protegidas del Convenio (Protocolo SPAW);
- (d) zonas protegidas incluidas en el Protocolo SPAW; y
- (e) aguas utilizadas para recreación.

Se entiende por “aguas de Clase II” las aguas en la zona de aplicación del Convenio, distintas de las aguas de Clase I que, debido a factores oceanográficos, hidrológicos, climáticos u otros factores, son menos sensibles al impacto de las aguas residuales domésticas y en donde dichas descargas no exponen a los seres humanos ni a los recursos vivos que podrían ser afectados negativamente por estas descargas.

3.4.2 Parte B: Descarga de aguas residuales domésticas

La Parte B del Anexo III incluye obligaciones generales que deberá cumplir cada Parte Contratante relacionadas con tecnologías para el tratamiento, reutilización y disposición de las aguas residuales domésticas (Recuadro 5). Estas obligaciones no son restrictivas y permiten ajustarse según las capacidades de cada Parte Contratante *por lo que se propone mantener tal y como están descritas*.

Recuadro 5. Obligaciones generales sobre la descarga de aguas residuales domésticas incluidas en el Anexo III

1. Cada Parte Contratante deberá:

- (a) De conformidad con las disposiciones de este Anexo, regular las aguas residuales domésticas que se descarguen en la zona de aplicación del Convenio o que tengan un efecto negativo en ella;
- (b) En la medida de lo posible, ubicar, diseñar y construir instalaciones de tratamiento y desaguaderos de aguas residuales domésticas a fin de reducir al mínimo los efectos negativos o las descargas en las aguas de Clase I;
- (c) Fomentar y promover la reutilización de las aguas residuales domésticas de manera que se reduzcan al mínimo o eliminen las descargas en las aguas de la zona de aplicación del Convenio que tengan un efecto negativo;
- (d) Promoverán el uso de tecnologías limpias a fin de reducir las descargas al mínimo o evitar los efectos negativos dentro de la zona de aplicación del Convenio; y
- (e) Elaborarán planes para cumplir las obligaciones contenidas en el presente Anexo, inclusive, cuando proceda, planes para obtener asistencia financiera.

2. Cada Parte Contratante estará facultada para emplear cualquier tecnología o enfoque que considere apropiados para cumplir las obligaciones estipuladas en la Parte C de este Anexo.

3.4.3 Parte C: Límites de efluentes.

La Parte C del Anexo III establece los límites de vertimientos de las aguas residuales domésticas. Esta sección se puede considerar la parte más compleja y que requiere un análisis detallado y profundo.

La primera sección de la Parte C establece un calendario de implementación de sistemas de tratamientos para las aguas residuales domésticas (Tabla 1) de forma tal que el efluente cumpla con los límites de vertimientos que se establecen en la propia sección.

Tabla 1. Calendario de implementación de sistemas nuevos o existentes de aguas residuales domésticas cuyos efluentes satisfagan los límites de efluentes de vertimientos para aguas residuales domésticas establecidos en el Anexo III del Protocolo FTCM.

Categoría	Fecha efectiva de obligación (años después de la entrada en vigor el Protocolo FTCM)	Fuentes
1	0	Todos los sistemas nuevos de aguas residuales domésticas.
2	10	Sistemas existentes de aguas residuales domésticas que no sean sistemas comunitarios de aguas residuales.
3	10*	Comunidades de 10 000 a 50 000 habitantes.

4	15	Comunidades con más de 50 000 habitantes que cuenten con sistema de recolección de aguas residuales.
5	20	Comunidades con más de 50 000 habitantes que no cuenten con sistemas de aguas residuales.
6	20	Todas las demás comunidades.
*Las Partes Contratantes que opten por dar mayor prioridad a las categorías 4 y 5 podrán ampliar el plazo correspondiente a la categoría 3 a veinte (20) años (que es el plazo correspondiente a la categoría 6).		

Este calendario de implementación ***se puede considerar suficientemente flexible para su cumplimiento según su propio contenido***. Teniendo en cuenta, además, que en la Parte G del propio Anexo III se establecen períodos de prórroga para las categorías 2, 3, 4 o 5, si se demuestra el cumplimiento parcial de algunas de ellas (reducción de por lo menos el 5 % de la descarga total de contaminantes asociados con esas categorías) y que se reconoce la necesidad de acceder a recursos financieros para el cumplimiento del cronograma, ***se ratifica la adaptabilidad del calendario de implementación de los sistemas de tratamientos y no se proponen modificaciones al mismo***.

Posterior al cronograma de implementación de sistemas de tratamientos, en la misma Parte C del Anexo III, se presentan los límites de los parámetros para descargas en aguas de Clase I y de Clase II (Tabla 2) que deben satisfacer los efluentes.

Tabla 2. Límites de vertimientos para aguas residuales domésticas establecidos en el Anexo III del Protocolo FTCM.

Parámetros	Clase I	Clase II
Sólidos suspendidos totales	30 mg L ⁻¹	150 mg L ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	30 mg L ⁻¹	150 mg L ⁻¹
pH	5 - 10	5 - 10
Grasas y Aceites	15 mg L ⁻¹	50 mg L ⁻¹
a) Coliformes fecales b) <i>E. coli</i> (agua dulce) c) <i>Enterococos</i> (agua salada)	a) 200 NMP/100 ml b) 126 organismos/100 ml c) 35 organismos/100ml	-
Sustancias flotantes	No visibles	No visibles

A continuación, se presenta un análisis de cada uno de los indicadores de calidad ambiental incluidos en el Anexo III y su correspondencia con las normas/reglamentos de vertimientos de los países de la

RGC, con el objetivo de valorar posibles modificaciones. En el Anexo I se presentan las referencias de las normas nacionales de vertimientos con comentarios esclarecedores.

3.4.3.1 Sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos totales son la medida tanto de los sólidos sedimentables como de los no sedimentables que están presentes en una muestra de agua residual. Este parámetro incluye materia orgánica e inorgánica (APHA, 2017). La importancia de los sólidos suspendidos radica en su capacidad para indicar la calidad ambiental del agua, ya que la presencia de sólidos en suspensión aumenta la turbidez del agua, la cual al ser vertida a un cuerpo receptor impide la penetración de la radiación solar y con ello ralentiza la realización de la fotosíntesis por parte de las plantas acuáticas.

Los sólidos suspendidos totales (SST) son reconocidos mayoritariamente como un indicador imprescindible para evaluar la calidad del agua residual. De hecho, es un indicador de calidad incluido en las normas o estándares de vertimiento de 15 países de la RGC (Tabla 3). Por otro lado, los SST fueron incluidos en el grupo de “*Otros parámetros de prioridad*” para evaluar la calidad ambiental del agua costera en el marco del informe SOCAR (UNEP CEP, 2019) por su gran relación con la turbidez (incluido en el grupo “*Parámetros principales*” del propio informe.

Tabla 3. Límites de vertimientos para SST en aguas residuales domésticas en países de la RGC.

	País	Concentración máxima permisibles (mg L ⁻¹)	Comentarios
1	Colombia	100	Límites para aguas residuales domésticas provenientes de soluciones individuales de saneamiento de viviendas.
		90	Límites para aguas residuales domésticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de desagüe.
		250	Límites para aguas residuales domésticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de emisario submarino.
2	Costa Rica	50	Parámetro obligatorio para aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor.
3	Honduras	100	Para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores. No especifica el tipo de cuerpo receptor, ni la tipología de las aguas residuales.
4	Panamá	35	Para descarga de efluentes líquidos a cuerpos receptores de aguas continentales y marinas.
5	Guatemala	275	Fecha de cumplimiento: 2024. Para el año 2023, todas las municipalidades deberán de cumplir, con tener en operación sistemas de tratamiento completos, por lo menos, para las dos (2) descargas principales que en el inventario se reporten sin tratamiento.
		200	Fecha de cumplimiento: 2028. En el año 2027, todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el sesenta por ciento (60 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.

		100	Fecha de cumplimiento el año 2032. Para el año 2031 todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación los sistemas de tratamiento para el restante cuarenta por ciento (40 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.
6	México	20 (P.M) 24 (P.D.) 28 (V.I.)	Para descargas en zonas marinas mexicanas. P.M: Promedio Mensual. P.D: Promedio Diario. V.I: Valor Instantáneo.
7	Nicaragua	80	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales domesticas
		100	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos del alcantarillado sanitario
8	Venezuela	80	Para descargas en forma directa o indirecta, al medio marino costero; siempre y cuando el cuerpo de agua objeto de la descarga no haya sido clasificado y posea una reglamentación específica sobre vertido de efluentes líquidos.
9	Cuba	30	Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
		30 - 150	Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
		150	Clase D: Áreas marinas cuyas aguas para uso industrial como en la generación de energía.
		75	Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
		150	Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos
10	República Dominicana	90	Para descarga de agua residual municipal en aguas costeras hasta 10 000 habitantes
		75	Para descarga de agua residual municipal en aguas costeras por encima de 10 000 habitantes
11	Barbados	30	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife).
		150	Para verter en aguas Clase II (Aguas marinas que extienden el límite exterior de las aguas de clase I, pero dentro de las aguas territoriales de Barbados)
12	Belice	30	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		150	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
13	Jamaica	30	Límites para vertimientos de aguas residuales del alcantarillado provenientes de plantas de tratamiento
14	Santa Lucia	30	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
15	Trinidad y Tobago	150	Para vertimientos en aguas marinas costeras (3 millas náuticas)

		200	Para vertimientos en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras).
--	--	-----	---

Las concentraciones máximas permisibles de SST en las normas o criterios nacionales de vertimientos para aguas residuales domésticas de la RGC tienen un amplio rango que varía desde 20 mg L⁻¹ (México, promedio mensual para descargar en zonas marinas) hasta 250 mg L⁻¹ (Colombia, para vertimientos a través de emisarios submarinos).

La norma nacional más estricta, en cuanto a SST, es la de México, que no distingue la tipología de agua residual (por ende, se asume que incluye aguas residuales domésticas) y aplica a cualquier tipo de cuerpo receptor, excepto a sistemas de drenajes y alcantarillados.

Por otro lado, Guatemala incluye el principio de gradualidad en sus vertimientos, con límites máximos más elevados de SST para vertimientos sin tratamiento en el año 2023, con una reducción considerable para el año 2032.

Sin incluir los valores extremos mencionados anteriormente, se puede afirmar que el rango de concentraciones máximas permisibles de SST en la gran mayoría de los países está entre 30 y 150 mg L⁻¹ en correspondencia con los límites establecidos por el Protocolo FTCM para vertimientos en aguas de Clase I y Clase II (30 y 150 mg L⁻¹, respectivamente). Se debe aclarar que sólo las normas de Cuba y Barbados diferencian los límites máximos permisibles según la clasificación del cuerpo receptor (en este caso la zona marino costera), lo que hace tal relación más equivalente en esos dos países, además de los que han asumido los propios criterios de vertimiento del Protocolo FTCM (Belice y Santa Lucía para aguas de Clase I).

Aunque la compatibilidad entre las normas o criterios de vertimientos nacionales de la región y los límites establecidos en el protocolo FTCM en cuanto a los SST, no es absoluta, tal y como se explicó anteriormente, se ***recomienda mantener este indicador de calidad ambiental con los límites de vertimientos incluidos en el Anexo III para aguas residuales domésticas***. La importancia del indicador, su relación con la calidad del cuerpo receptor y su inclusión en las normas de vertimientos nacionales con concentraciones máximas permisibles en el rango de los valores límites incluidos en el Anexo III, avalan tal recomendación.

3.4.3.2 *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)*.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es uno de los indicadores de calidad ambiental más importantes en la medición del nivel de contaminación en aguas residuales. En particular, la DBO₅ es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo máximo de 5 días (APHA, 2017).

Este indicador es representativo de la presencia de materia orgánica biodegradable en las aguas. Cuanto mayor sea el nivel de DBO₅, mayor será la cantidad de materia orgánica presente en el agua

y mayor el consumo de oxígeno para degradar dicha materia orgánica. Por tanto, aguas residuales con elevados niveles de DBO₅ vertidas en cuerpos receptores acuáticos implica una disminución considerable del nivel de oxígeno disuelto en los mismos, elemento imprescindible para la vida de los organismos que viven en dicho medio.

Por la importancia y el impacto de este indicador en la calidad ambiental de las aguas receptoras, es universalmente incluido en las normas de vertimientos y utilizado como criterio para diseño de las plantas o sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En la Tabla 4 se muestran los límites máximos permisibles para DBO₅ en países de la RGC.

Tabla 4. Límites de vertimientos para DBO₅ en aguas residuales domésticas en los países de la RGC.

	País	Límite máximo permisibles (mg L ⁻¹)	Comentarios
1	Colombia	100	Límites para aguas residuales domésticas provenientes de soluciones individuales de saneamiento de viviendas.
		90	Límites para aguas residuales domésticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de desagüe.
		250	Límites para aguas residuales domésticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de emisario submarino.
2	Costa Rica	50	Parámetro obligatorio para aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor.
3	Honduras	50	Para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores. No especifica el tipo de cuerpo receptor, ni la tipología de las aguas residuales.
4	Panamá	50	Para descarga de efluentes líquidos a cuerpos receptores de aguas continentales y marinas
5	Guatemala	250	Fecha de cumplimiento: 2024. Para el año 2023, todas las municipalidades deberán de cumplir, con tener en operación sistemas de tratamiento completos, por lo menos, para las dos (2) descargas principales que en el inventario se reporten sin tratamiento.
		100	Fecha de cumplimiento: 2028. En el año 2027, todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el sesenta por ciento (60 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.
		100	Fecha de cumplimiento el año 2032. Para el año 2031 todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación los sistemas de tratamiento para el restante cuarenta por ciento (40 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.

6	México	-	No incluye este indicador en la norma de vertimiento nacional
7	Nicaragua	110	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas
		110	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos del alcantarillado sanitario
8	Venezuela	60	Para descargas en forma directa o indirecta, al medio marino costero; siempre y cuando el cuerpo de agua objeto de la descarga no haya sido clasificado y posea una reglamentación específica sobre vertido de efluentes líquidos.
9	Cuba	30	Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
		30 - 150	Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
		150	Clase D: Áreas marinas cuyas aguas para uso industrial como en la generación de energía.
		75	Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
		150	Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos
10	República Dominicana	100	Para descarga de agua residual municipal en aguas costeras hasta 10 000 habitantes
		70	Para descarga de agua residual municipal en aguas costeras por encima de 10 000 habitantes
11	Barbados	30	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife).
		150	Para verter en aguas Clase II (Aguas marinas que extienden el límite exterior de las aguas de clase I, pero dentro de las aguas territoriales de Barbados.
12	Belice	30	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		150	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
13	Jamaica	20	Límites para vertimientos de aguas residuales del alcantarillado provenientes de plantas de tratamiento
14	Santa Lucía	30	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
15	Trinidad y Tobago	50	Para vertimientos en aguas marinas costeras (3 millas náuticas)
		100	Para vertimientos en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras).

Jamaica es el país que presenta un criterio de vertimiento más estricto para este indicador, en este caso, 20 mg L⁻¹ para aguas residuales provenientes de plantas de tratamiento. Este límite tiene sentido, ya que se espera reducción considerable de DBO₅ a través del tratamiento.

El límite menos estricto es de 250 mg L⁻¹ y está incluido en la norma colombiana para vertimientos a través de emisarios submarinos (sistema de disposición de aguas residuales en el mar, generalmente con un pre tratamiento mínimo) y en la norma guatemalteca para fecha de cumplimiento 2024.

Excepto Cuba, Barbados, Jamaica y los países que han asumido los límites del Protocolo FTCM (Belize y Santa Lucía para aguas de Clase I), el resto, incluyen concentraciones máximas permisibles por encima del criterio que establece el propio protocolo para vertimientos en aguas de Clase I (30 mg L⁻¹). ***Esto último pudiese interpretarse como un desafío para esos países en el cumplimiento de las obligaciones del Protocolo FTCM, en el sentido de que sus normas nacionales son menos exigentes en cuanto a este indicador de calidad ambiental.***

Normas de vertimientos de otros países del continente reportan valores máximos permisibles también por encima del valor límite exigido por el Protocolo FTCM para verter aguas residuales domésticas en aguas de Clase I (sensibles). El Reglamento Técnico de El Salvador (RTS) estipula que las aguas residuales de tipo ordinario (entiéndase domésticas), previas a ser vertidas al medio receptor (incluyendo el mar), deben cumplir el límite máximo permisible de 60 mg L⁻¹ de DBO₅ (RTS 13.05.01:2018). Chile, por su parte, establece en su normativa de vertimiento un límite máximo permitido de 60 mg L⁻¹ para la descarga de residuos líquidos (sin distinguir el origen) a cuerpos de agua marinas dentro de la zona de protección litoral (Decreto 90, 2000). Por su parte, Paraguay, en su normativa nacional establece un límite máximo de 50 mg L⁻¹ de DBO₅ para efluentes de cualquier tipo que viertan directa o indirectamente a cualquier cuerpo de agua de las cuatro clasificaciones que poseen según su uso (Resolución 222:2002). Se debe aclarar que en el caso de Paraguay este límite para efluentes se refiere a vertimientos a cuerpos de aguas interiores pues este país no posee fronteras marítimas.

Teniendo en cuenta lo anterior, ***se propone modificar del límite de DBO₅ para verter en aguas de Clase I, de 30 a 50 mg L⁻¹.*** Esta recomendación no debe ser interpretada como una mayor tolerancia a vertimientos que puedan afectar o comprometer la calidad ambiental de la zona de aplicación del Convenio (Región del Gran Caribe), sino como un incentivo a los países que aún no son partes contratantes del Protocolo FTCM y que temen adherirse a dicho instrumento jurídico por la imposibilidad de cumplir tal obligación.

3.4.3.3 pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos.

Es conocido que el pH influye en la actividad biológica de las especies y los seres vivos que la habitan. Asimismo, el pH condiciona también numerosas reacciones químicas marinas que solubilizan o precipitan las sales disueltas que en definitiva son los elementos nutritivos que mantienen los ecosistemas acuáticos. Esta influencia es uno de los factores determinantes de las características de

muchos medios acuáticos (marismas, estuarios, lagos, entre otros), por lo que una afectación permanente de este indicador puede condicionar drásticamente la vida en los mismos y ocasionar daños irreversibles al ecosistema.

En la Tabla 5 se presentan los rangos de pH en las normas de vertimientos para aguas residuales en la RGC.

Tabla 5. Rangos de pH para vertimientos en aguas residuales domésticas en países de la RGC.

	País	Rangos permisibles para el vertimiento (uds)	Comentarios
1	Colombia	6 - 9	Límites para aguas residuales domesticas provenientes de soluciones individuales de saneamiento de viviendas
		6 - 9	Límites para aguas residuales domesticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de desagüe
		6 - 9	Límites para aguas residuales domesticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de emisario submarino
2	Costa Rica	5 - 9	Parámetro obligatorio para aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor.
3	Honduras	6 - 9	Para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores. No especifica el tipo de cuerpo receptor, ni la tipología de las aguas residuales.
4	Panamá	5.5 – 8.5	Para descarga de efluentes líquidos a cuerpos receptores de aguas continentales y marinas.
5	Guatemala	6 - 9	Intervalo a cumplir en todas las etapas para todos plazos establecidos (hasta el 2032).
6	México	6 - 9	Límites permisibles para vertimientos en aguas marinas mexicanas.
7	Nicaragua	6 - 9	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas.
		6 - 9	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos del alcantarillado sanitario.
8	Venezuela	6 - 9	Para descargas en forma directa o indirecta, al medio marino-costero; siempre y cuando el cuerpo de agua objeto de la descarga no haya sido clasificado y posea una reglamentación específica sobre vertido de efluentes líquidos.
9	Cuba	5.5 - 9	Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
		5.5 - 9	Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
		5.5 - 10	Clase D: Áreas marinas cuyas aguas para uso industrial como en la generación de energía.
		5.5 - 9	Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
		5.5 - 10	Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos
10	República Dominicana	6 – 8.5	Para agua residual municipal en aguas costeras sin distinción de población tributaria.

11	Bahamas	6.5 – 8.5	En desarrollo la legislación para vertimientos. Valores propuestos.
12	Barbados	6 - 9	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife).
		6 - 9	Para verter en aguas Clase II (Aguas marinas que extienden el límite exterior de las aguas de clase I, pero dentro de las aguas territoriales de Barbados).
13	Belice	5 - 10	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		5 - 10	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
14	Jamaica	6 - 9	Límites para vertimientos de aguas residuales del alcantarillado provenientes de plantas de tratamiento
15	Santa Lucía	5 - 10	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		5 - 10	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
16	Trinidad y Tobago	6 - 9	Para vertimientos en aguas marinas costeras (3 millas náuticas)
		6 - 9	Para vertimientos en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras).

Del análisis de los rangos de vertimientos para pH en las normas o criterios nacional de los países de la RGC se puede observar que todos establecen rangos más estrictos (menos amplio, entre 6 y 9) que el Protocolo FTCM, que de hecho incluye el mismo para descargas en aguas de Clase I y II (5 - 10 uds). ***Por tanto, no se recomienda su modificación en el Anexo III, ya que no presupone una obligación de difícil cumplimiento en los países de la región teniendo en cuenta sus propias obligaciones nacionales.***

3.4.3.4 Grasas y Aceites

Las grasas y aceites (G y A) son compuestos orgánicos que son insolubles en agua y su baja o nula biodegradabilidad. Esto significa que no se mezclan con el agua, sino que flotan en su superficie o forman una capa en la parte inferior de los cuerpos de agua (APHA, 2017).

Existen dos tipos de grasas y aceites, las que se generan de forma natural en el medio conocidas como Materia Orgánica Extractable por un solvente orgánico (MOE) (ejemplos: aceites animales y vegetales, la grasa animal) y las llamadas grasas y aceites minerales. Estas últimas son las más relevantes y las que en realidad son objeto en los estudios ambientales, pues, aunque una porción puede tener un origen natural, la otra gran parte son derivadas del petróleo, o sea patogénicas y son las que en realidad se reconocen como contaminantes del medio acuático (ECOQUIMSA, 2017).

En la determinación de grasas y aceites no se mide una sustancia específica, sino un grupo de sustancias con unas mismas características fisicoquímicas (solubilidad). Entonces la determinación de las grasas y aceites en cualquier matriz, incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras,

hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con un solvente orgánico (CARIPOL, 1980; USEPA, 2011).

Las grasas y aceites minerales en el mar pueden tener diferentes fuentes, tales como como descargas en aguas residuales domésticas (en estos casos la grasa proviene principalmente como un residuo de la limpieza) y descargas de aguas residuales de origen industrial, e incluso pueden provenir de derrames de petróleo en el propio mar o de vertimientos de combustibles o aceites en tierra firme.

En términos más específicos, las grasas y aceites minerales son considerados como contaminantes en aguas residuales domésticas. Estos compuestos son muy perjudiciales para el medioambiente, y tienen un gran impacto ambiental en el agua de las zonas marino costeras, ya que pueden inducir la formación de una capa de grasa, aceite o espuma en las aguas superficiales, que provoca que no haya un adecuado intercambio de oxígeno entre el agua y el aire, reduciendo el nivel de oxígeno disuelto en el agua y por tanto una disminución del paso de la luz, afectando negativamente a la vida acuática. Su análisis es vital para garantizar la salud medioambiental y prevenir problemas de contaminación orgánica en el medio acuático (NMX-AA-005-SCFI, 2000).

Por otro lado, el análisis e interpretación de las grasas y aceites en las aguas residuales puede ayudar a identificar las fuentes de emisión específicas de contaminación, por la información concreta que brinda su estudio.

Así, es importante su análisis y determinación en las aguas residuales domésticas e industriales, e imprescindible tomar medidas para reducir la cantidad de grasas y aceites minerales que se liberan al medio.

En la Tabla 6 se muestran los límites de vertimientos para Grasas y Aceites establecidos en las normas o reglamentos de vertimiento de aguas residuales en los países de la Región del Gran Caribe.

Tabla 6. Límites de vertimientos para Grasas y Aceites en aguas residuales domésticas en los países de la RGC.

	País	Límites o rangos máximos permisibles (mg L ⁻¹)	Comentarios
1	Colombia	20	Límites para aguas residuales domesticas provenientes de soluciones individuales de saneamiento de viviendas.
		20	Límites para aguas residuales domesticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de desagüe.
		50	Límites para aguas residuales domesticas provenientes del servicio público de alcantarillado por medio de emisario submarino
2	Costa Rica	30	Parámetro obligatorio para aguas residuales vertidas en un cuerpo receptor.
3	Honduras	10	PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS RECEPTORES

4	Panamá	20	Para descarga de efluentes líquidos a cuerpos receptores de aguas continentales y marinas
5	Guatemala	50	Fecha de cumplimiento: 2024. Para el año 2023, todas las municipalidades deberán de cumplir, con tener en operación sistemas de tratamiento completos, por lo menos, para las dos (2) descargas principales que en el inventario se reporten sin tratamiento.
		10	Fecha de cumplimiento: 2028. En el año 2027, todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el sesenta por ciento (60 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.
		10	Fecha de cumplimiento el año 2032. Para el año 2031 todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación los sistemas de tratamiento para el restante cuarenta por ciento (40%) del total de las descargas consignadas en el inventario.
6	México	15 (P.M) 18 (P.D) 21 (V.I)	Para descargas en zonas marinas mexicanas. P.M: Promedio Mensual. P.D: Promedio Diario. V.I: Valor Instantáneo.
7	Nicaragua	15	Vertidos provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales domesticas
		20	Vertidos provenientes del alcantarillado sanitario
8	Venezuela	20	Para descargas al medio marino costero
9	Cuba	15	Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
		15 - 50	Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
		50	Clase D: Áreas marinas cuyas aguas para uso industrial como en la generación de energía.
		30	Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
		50	Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos
10	República Dominicana	-	No incluye Grasas y Aceites en la norma de vertimiento para aguas residuales domésticas
11	Bahamas	0	En desarrollo la legislación para vertimientos. Valores propuestos
12	Barbados	15	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife).
		50	Para verter en aguas Clase II (Aguas marinas que extienden el límite exterior de las aguas de clase I, pero dentro de las aguas territoriales de Barbados.
13	Belice	15	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		50	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)

14	Jamaica	-	No incluye este parámetro entre los regulados para vertimientos de aguas residuales del alcantarillado proveniente de plantas de tratamiento.
15	Santa Lucía	15	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		50	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
16	Trinidad y Tobago	15	Para vertimientos en aguas marinas costeras (3 millas náuticas)
		100	Para vertimientos en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras).

Gran cantidad de países de la región incluyen límites máximos permisibles (LMP) para las grasas y aceites como contaminante en sus normativas para vertimientos de aguas residuales domésticas. Esto ratifica la importancia de este indicador de calidad.

El intervalo de valores permisibles incluidos en las normas nacionales referidas en la Tabla 6 está entre 10 y 50 mg L⁻¹, sin incluir el límite que considera la norma de vertimiento de Trinidad y Tobago para verter en alta mar (100 mg L⁻¹). Honduras y Guatemala (para fecha de cumplimiento 2028 y 2032) tienen límites de vertimientos más estrictos (10 mg L⁻¹) en comparación con lo que establece el Protocolo FTCM para vertimientos en aguas de Clase I (15 mg L⁻¹).

La importancia de las G y A y el hecho de que este parámetro esté ampliamente regulado en las normas nacionales de vertimientos y que el intervalo de concentración incluido en las mismas esté en el marco de los límites que establece el Protocolo FTCM (lo que no presupone una obligación de difícil cumplimiento en los países de la región) es suficiente para ratificar la pertinencia del mismo en tal acuerdo regional. Por tanto, ***se recomienda mantener este indicador de contaminación por compuestos orgánicos, con los límites de vertimientos incluidos en el Anexo III del Protocolo FTCM para aguas residuales domésticas.***

3.4.3.5 Indicadores bacteriológicos

Las aguas residuales de origen doméstico se caracterizan por presentar elevadas concentraciones de microorganismos (bacterias, virus y parásitos), los cuales se encuentran en los excrementos humanos. La presencia de tales microorganismos acarrea consecuencias negativas a la salud pública y a los ecosistemas marino costero por su vertimiento directo a los mismos. Todo lo anterior conlleva implicaciones económicas asociadas con el costo de la atención médica, así como la pérdida de ingresos del turismo y la pesca (UNEP CEP, 2019; Romero y Vargas, 2017).

Los indicadores bacteriológicos más utilizados para evaluar la contaminación fecal en los cuerpos de agua y en aguas residuales son el grupo de coliformes fecales (termotolerantes) formado por varios géneros bacterianos y *Escherichia coli* (este género también se incluye en el grupo de coliformes fecales o termotolerantes, aunque se trata de manera diferencial). Tales microorganismos provienen principalmente del tracto digestivo de animales de sangre caliente, por lo que su presencia en los

cuerpos de agua está relacionada con descargas muy recientes de aguas residuales no tratadas de tipo doméstico y pecuario (Resolución Ministerial 125, 2017).

Las bacterias coliformes fecales (termotolerantes) no suelen causar enfermedades; sin embargo, se emplean como indicador de la calidad del agua porque su presencia se relaciona con la de varios patógenos difíciles de detectar como son *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, así como de virus excretados por los portadores de enfermedades gastrointestinales (Arzu et al., 2016).

No obstante, la OMS (2011, 2014) afirma que *Escherichia coli* es el indicador bacteriológico más adecuado para la contaminación fecal dado que los otros géneros que comprenden el grupo de los coliformes fecales (termotolerantes) pueden tener un origen no fecal y existir en aguas naturales no contaminadas.

Actualmente se reconoce a *Enterococcus spp.* (formado por Streptococcus del Grupo D de Lancelfield y otros subgrupos fecales) como los indicadores de contaminación fecal más apropiados y con ventajas sobre los coliformes fecales o termotolerantes y sobre *Escherichia coli*, debido a que poseen la capacidad de sobrevivir más tiempos en medios acuáticos y su relativa resistencia a condiciones adversas de temperatura y desecación además de la cloración (Arzu et al., 2016).

En la Tabla 7 se muestran los indicadores bacteriológicos de contaminación fecal y sus concentraciones límites establecidas en las normas o reglamentos de vertimiento de aguas residuales en países de la región del Gran Caribe.

Tabla 7. Límites de vertimientos para indicadores bacteriológicos en aguas residuales domésticas en países de la RGC.

	País	Indicador (es) bacteriológico (s) de contaminación fecal que incluye	Límites o valores máximos permisibles por indicador bacteriológico de contaminación fecal	Comentarios
1	Colombia	Coliformes fecales (termotolerantes) <i>Escherichia coli</i>	-	No se establecen valores límites para los indicadores bacteriológicos. La norma resolución refiere que realizará el análisis y reporte de los valores cuando la carga másica en las aguas residuales antes del sistema de tratamiento es mayor a 26.00 kg día ⁻¹ de DBO ₅ .
2	Costa Rica	Coliformes fecales (termotolerantes)	1000 NMP* 100 mL ⁻¹	Para aguas residuales ordinarias de cualquier origen que sean vertidas a un cuerpo receptor utilizado para actividades recreativas de contacto primario.
3	Honduras	Coliformes fecales (termotolerantes)	5000 NMP 100 mL ⁻¹	Para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores. No especifica el tipo de cuerpo receptor, ni la tipología de las aguas residuales.
4	Panamá	Coliformes fecales (termotolerantes)	500 (NMP 100 mL ⁻¹ y UFC** 100 mL ⁻¹)	Para descarga de efluentes líquidos a cuerpos receptores de aguas continentales (ríos, lagos,

		Coliformes Totales	1000 (NMP 100 mL ⁻¹ y UFC 100 mL ⁻¹)	lagunas, naturales, artificiales, superficiales o subterráneas) y marinas
		Enterococos	100 (NMP 100 mL ⁻¹ y UFC 100 mL ⁻¹)	
		<i>Escherichia coli</i>	250 (NMP 100 mL ⁻¹ y UFC 100 mL ⁻¹)	
		<i>Vibrio cholerae</i>	ausencia	
5	Guatemala	Coliformes fecales (termotolerantes)	10 ⁷ NMP 100 mL ⁻¹	Fecha de cumplimiento: 2024. Para el año 2023, todas las municipalidades deberán de cumplir, con tener en operación sistemas de tratamiento completos, por lo menos, para las dos (2) descargas principales que en el inventario se reporten sin tratamiento.
			10 ⁴ NMP 100 mL ⁻¹	Fecha de cumplimiento: 2028. En el año 2027, todas las municipalidades deberán de cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el sesenta por ciento (60 %) del total de las descargas consignadas en el inventario.
			10 ⁴ NMP 100 mL ⁻¹	Fecha de cumplimiento el año 2032. Para el año 2031 todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación los sistemas de tratamiento para el restante cuarenta por ciento (40%) del total de las descargas consignadas en el inventario.
6	México	<i>Escherichia coli</i>	250 (P.M.) NMP 100 mL ⁻¹ 500 (P. D.) NMP 100 mL ⁻¹ 600 (V.I.) NMP 100 mL ⁻¹	Para descargas en zonas marinas mexicanas. P.M: Promedio Mensual. P.D: Promedio Diario. V.I: Valor Instantáneo.
		Enterococos fecales	250 (P.M.) NMP 100 mL ⁻¹ 400 (P. D.) NMP 100 mL ⁻¹ 500 (V.I.) NMP 100 mL ⁻¹	
7	Nicaragua	Coliformes fecales (termotolerantes)	1 x 10 ⁵ NMP 100 mL ⁻¹	Vertidos provenientes de sistemas de tratamiento a cuerpos receptores Límite máximo permisible para el período 2017-2022
			1 x 10 ⁴ NMP 100 mL ⁻¹	Límite máximo permisible para el período 2023-2026
			1 x 10 ³ NMP 100 mL ⁻¹	Límite máximo permisible para el período 2027-2029

8	Venezuela	Coliformes fecales (termotolerantes)	1000 NMP 100 mL ⁻¹ UFC 100 mL ⁻¹	Para descargas en forma directa o indirecta, al medio marino-costero; siempre y cuando el cuerpo de agua objeto de la descarga no haya sido clasificado y posea una reglamentación específica sobre vertido de efluentes líquidos.
9	Cuba	Coliformes fecales (termotolerantes)	200 NMP 100 mL ⁻¹	Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
			No permitido vertimiento	Clase B: Áreas marinas dedicadas al baño (contacto directo) y donde hay presencia de arrecifes coralinos.
			200 – 400 (NMP 100 mL ⁻¹)	Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
			1000 (NMP 100 mL ⁻¹)	Clase D: Áreas marinas cuyas aguas para uso industrial como en la generación de energía.
			1000 (NMP 100 mL ⁻¹)	Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
			Sin restricción	Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos
10	República Dominicana	Coliformes totales	1000 NMP 100 mL ⁻¹	Para descarga de agua residual municipal en aguas costeras
11	Bahamas	Enterococos fecales	33 UFC 100 mL ⁻¹	En desarrollo la legislación para vertimientos. Valores propuestos
12	Barbados	Estreptococos fecales	35 UFC 100 mL ⁻¹	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife). Media geométrica de 5 muestras mensuales
		Coliformes fecales	200 UFC 100 mL ⁻¹	Para verter en aguas Clase I (200 metros mar adentro del borde exterior del arrecife). Media geométrica de 5 muestras mensuales
13	Belice	Coliformes fecales	200 NMP 100 mL ⁻¹	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		<i>E. coli</i> (agua dulce)	126 organismos 100 mL ⁻¹	
		<i>Enterococos</i> (agua salada)	35 organismos 100 mL ⁻¹	
14	Jamaica	Coliformes fecales	1000 NMP 100 mL ⁻¹	Efluentes provenientes de Plantas de tratamientos existentes o por construir
15	Santa Lucia	Coliformes fecales	200 NMP 100 mL ⁻¹	Para vertimientos en aguas de Clase I (según clasificación del Protocolo FTCM)
		<i>E. coli</i> (agua dulce)	126 organismos 100 mL ⁻¹	
		<i>Enterococos</i> (agua salada)	35 organismos 100 mL ⁻¹	
16	Trinidad y Tobago	Coliformes fecales	400 UFC 100 mL ⁻¹	Para verter en aguas costeras en aguas costeras (hasta 3 millas náuticas) y en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras).

* NMP: número más probable

** UFC: unidades formadoras de colonias

A partir del análisis de la Tabla 7 se pueden realizar los siguientes análisis:

- La gran mayoría de los países de la región incluyen límites máximos permisibles (LMP) para los indicadores bacteriológicos en sus normativas para vertimientos de aguas residuales domésticas. Guatemala y Nicaragua aplican el Principio de Gradualidad de dichos LMP en sus respectivas normas.
- El indicador bacteriológico de contaminación fecal incluido mayoritariamente en las normas son los coliformes termotolerantes (fecales) en un total de 14 países. La *Escherichia coli* y los Enterococos (sub grupo del género *Streptococcus* fecales) aparecen en segundo lugar con 5 y 6 países, respectivamente. Pero es necesario aclarar que, de estos últimos, 4 de ellos también incluyen a los coliformes termotolerantes.
- En cuanto a las unidades de concentraciones del indicador bacteriológico incluido en cada norma o criterio de vertimiento, se señala que el Número Más Probable (NMP 100 mL⁻¹) es la unidad de concentración que predomina (12 países). Las Unidades Formadoras de Colonias (UFC 100 mL⁻¹) la incluyen cinco (5) países, de ellos Panamá y Venezuela reportan los LMP en las dos unidades.
- Se puede afirmar que existe compatibilidad entre la mayoría de las normas de vertimiento de los países evaluados con el Protocolo de FTCM (Véase Tabla 2) en cuanto al indicador bacteriológico de contaminación fecal incluido, ya que como se explicó anteriormente, la gran mayoría incluye a los coliformes fecales (termotolerantes) en sus normas de vertimiento, lo cual no significa que sea el único indicador de contaminación fecal mencionado en dichas normativas.
- Respecto al Límite Máximo Permissible (LMP) de coliformes fecales (termotolerantes) establecido en el Protocolo FTCM para el vertimiento en cuerpos receptores de Clase I (200 NMP 100 mL⁻¹), **se considera que dicho valor es apropiado y restrictivo** para el vertimiento de aguas residuales en cuerpos receptores sensibles. Se reconoce que dicho valor es inferior a los LMP exigidos en la gran mayoría de las normativas de vertimiento de los países de la región. **Sin embargo, se considera que debe mantenerse el límite de 200 NMP 100 mL⁻¹ para los coliformes fecales (termotolerantes), por la relación directa de este indicador con la salud**, aunque pudiera ser un reto para los países de la región cumplir con ese requisito para este indicador bacteriológico de contaminación fecal en el marco del Protocolo FTCM.
- Considerando las ventajas anteriormente mencionadas del empleo de *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal y que ya ambos están incluidos en el Anexo III del Protocolo FTCM, **se propone incluir las mismas concentraciones máximas permisibles de dichos indicadores (35 y 126 organismos 100 mL⁻¹) en Número Más Probable**

(NMP) y en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) respectivamente, para vertimientos en aguas de Clase I.

- El Protocolo FTCM no establece límites de ningún indicador de contaminación fecal para el vertimiento en aguas de Clase II (con un menor grado de sensibilidad al impacto de las aguas residuales domésticas); sin embargo, existe un riesgo potencial de que la carga contaminante vertida en aguas de Clase II pudiera desplazarse a zonas adyacentes que clasifiquen como de Clase I. La realización de estudios oceanográficos y geomorfológicos son imprescindible para descartar esa posibilidad. No obstante, se considera oportuno incluir límites de vertimientos de al menos un indicador de contaminación fecal para garantizar que las descargas en aguas de Clase II cumplan con la propia definición de dicha clase: “...en donde dichas descargas no exponen a los seres humanos ni a los recursos vivos que podrían ser afectados negativamente por estas descargas” (Recuadro 4).

En este sentido, **se recomienda incluir a los coliformes fecales (termotolerantes) como indicador de contaminación fecal en las aguas residuales domésticas para el vertimiento en cuerpos receptores de Clase II y con un LMP que pudiera estar comprendido entre 1000 – 5000 NMP 100 mL⁻¹** (rango de valores establecido también en algunas normas nacionales de vertimiento de la región).

3.4.3.6 Sustancias flotantes

La presencia de sustancias o materia flotantes son indicadoras de la calidad del agua. Pueden existir varios tipos de sustancias flotantes en las aguas: materias vegetales; grasas que forman grumos o bolas de grasas en forma emulsionada con el agua; sólidos de diversos tamaños y textura, entre otros. Estos materiales flotantes pueden contener bacterias patógenas o virus asociados con partículas individuales y pueden concentrar sustancias tóxicas como metales e hidrocarburos clorados.

De forma general se considera materia flotante como cualquier sustancia sólida retenida en una malla. Sin embargo, no hay uniformidad en cuanto al diámetro de la malla en las diversas normativas o procedimientos vigentes en la región para su determinación. El Protocolo FTCM no establece una definición exacta de materia flotante. No obstante, el hecho de que su método de determinación tiene un gran componente cualitativo (su criterio de evaluación es su propia presencia o no) y su vertimiento en cuerpos de aguas marinos puede causar impactos negativos, es suficiente para que se reconozca como válido para incluirlo dentro de los indicadores a regular en el marco del Protocolo FTCM.

Gran número de países de la RGC incluye este parámetro en sus propias normas de vertimientos, a saber: Costa Rica, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Cuba, Bahamas, Barbados, Belice, Santa Lucía y Jamaica.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, ***se recomienda mantener este indicador tal y como está incluido en el Protocolo FTCM.***

3.4.3.7 Otros parámetros no incluidos en el Anexo III del Protocolo FTCM.

Los indicadores de calidad incluidos en el Anexo III del Protocolo FTCM (pH, SST, G y A, DBO₅, materia flotante y los bacteriológicos) se pueden considerar suficientemente “universales” como criterios de vertimientos en aguas residuales domésticas para estar incluidos en un instrumento regional con carácter vinculante (de cumplimiento obligatorio una vez que se reconozca). Los análisis realizados en los epígrafes anteriores así lo demuestran.

Sin embargo, no significa que sean los únicos. En las normas de vertimientos de aguas residuales de la región se incluyen, mayoritariamente, un grupo básico de parámetros: los físico químicos (pH, temperatura, sólidos en general, conductividad, materia flotante, grasas y aceites, entre otros), nutrientes (compuestos del fósforo y del nitrógeno, fundamentalmente), indicadores bacteriológicos (analizados en detalles en el epígrafe 2.4.5 del presente estudio), indicadores de la presencia de materia orgánica (DBO₅ y DQO) y los compuesto derivados del petróleo (hidrocarburos totales). Los indicadores anteriores usualmente son catalogados como “obligatorios” o “básicos” en la gran mayoría de las normas o reglamentos de vertimientos. Los metales pesados y ciertos iones también suelen incluirse en las normas de vertimientos dentro de los indicadores a regular, aunque casi siempre relacionados con las aguas residuales industriales.

Por otro lado, el Anexo III del Protocolo FTCM pide a las Partes Contratantes que tengan en cuenta el impacto que el nitrógeno (N), el fósforo (P) y sus compuestos derivados, pueden tener en la degradación del área del Convenio y, en la medida de lo posible, adopten las medidas adecuadas para controlar o reducir la cantidad total de nitrógeno y fósforo que se vierten en el área del Convenio o que puede afectarla negativamente (Sección 3.c de la Parte C). O sea, el Anexo III establece la obligación, en cuanto a nutrientes, más bien en un sentido “cualitativo” (elaboración y establecimiento de planes, medidas, programas) y no “cuantitativo” (límites de vertimiento).

Sin embargo, al nivel global se reconoce que las principales fuentes antropogénicas de nutrientes en las zonas costeras son las aguas residuales domésticas sin tratar, la escorrentía de los fertilizantes agrícolas, la producción ganadera y la deposición atmosférica de nitrógeno (Seitzinger y Mayorga, 2016; Beusen et al., 2015, 2016). En el caso de la Región del Gran Caribe, tal y como se ha hecho referencia en el presente informe, las aguas residuales domésticas representan el 9 % del total de los aportes de nitrógeno y el 11 % de los aportes de fósforo (UNEP CEP, 2019).

Tal es la preocupación a nivel global por los aportes de nutrientes, que se refleja explícitamente en la Meta 14.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 14): *“De aquí al año 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la contaminación por nutrientes”*.

En este sentido, se hace imperativo que el Protocolo FTCM incluya de una forma más explícita y concreta obligaciones relativas a los aportes de nutrientes en la Región del Gran Caribe. ***Por lo que se recomienda que se incluya a los nutrientes dentro del grupo de los indicadores con límites de vertimientos para verter en aguas de Clase I y II en el marco del Anexo III (aguas residuales domésticas).***

La inclusión de los nutrientes (y en específico los compuestos del nitrógeno y del fósforo) dentro de los indicadores de calidad ambiental regulados en el marco del Anexo III (aguas residuales domésticas) reforzará el compromiso, al nivel nacional, de aplicación de los acuerdos multilaterales sobre medioambiente y de otros convenios relacionados (entre ellos la Meta 14.1 del ODS 14).

Vale mencionar que la Estrategia Regional de Nutrientes y su Plan de Acción Asociado (RNPRSAP por sus siglas en Inglés), aprobada por las Partes Contratantes en 2021 (UNEP CEP, 2021) tiene incluida una actividad específica en su Marco de Acción al nivel regional que contempla elaborar las enmiendas necesarias al Protocolo FTCM para cubrir explícitamente los nutrientes y los vínculos entre el estado de las aguas costeras de la zona del Convenio con las actividades y prácticas aguas arriba (en el caso de las cuencas hidrográficas tributarias). Dicha actividad propone incluso, considerar un nuevo anexo dedicado a los nutrientes.

En este sentido, se considera que con la inclusión de límites de vertimientos para los nutrientes en el Anexo III (específico para aguas residuales domésticas) y el análisis y referencias a los mismos en los nuevos anexos propuestos al Protocolo FTCM (aguas residuales industriales y rehúso de aguas residuales, analizados posteriormente en los epígrafes 2.6.1 y 2.6.2 respectivamente), se da cumplimiento a esa actividad propuesta en la RNPRSAP y no es necesario un nuevo anexo sólo para nutrientes.

Otra de las actividades específicas en el Marco de Acción de la RNPRSAP, en este caso en la línea de “*Seguimiento, evaluación e informes regionales*”, es elaborar criterios, normas y límites regionales para los nutrientes en los efluentes de aguas residuales domésticas e industriales. Para la ejecución de tal actividad se llevó a cabo un estudio regional por parte de los FTMC RACs titulado “*Establecimiento de criterios y normas regionales para N y P en descargas de aguas residuales domésticas e industriales*” (Narcis, et al., 2025) que tuvo como objetivo, tal y como su nombre lo indica, proponer criterios regionales para los compuestos de nitrógeno (N) y fósforo (P) en las descargas de aguas residuales, tanto domésticas como industriales. Para lograr el objetivo se revisaron y evaluaron las normativas nacionales de vertimientos de aguas residuales en los países de la RGC, incluyendo los límites máximos permitidos en los diferentes compuestos del nitrógeno y del fósforo, así como otros criterios de otros países y regiones.

El estudio mostró que, si bien existen avances en cuanto a la normativa de vertimientos en gran cantidad de países, aún existen lagunas en toda la región. Existe disparidad en cuanto a los compuestos de N y de P evaluados (mayoritariamente fosforo total, PT y nitrógeno total, NT). Por

otro lado, también hay una marcada dispersión en términos del rango de valores de los límites máximos permisibles para los diferentes compuestos de N y P en toda la región, incluso para cuerpos de agua receptores con clasificaciones similares (Narcis, et al., 2025).

A pesar de los desafíos inherentes, es implícito que, al menos las zonas costeras y marinas categorizadas como Clase I según el Protocolo FTCM, deben protegerse mediante el establecimiento de normas para el nitrógeno y el fósforo, ya que estos compuestos son causa de contaminación por nutrientes, eutrofización y por ende desoxigenación, y se encuentran entre las principales causas de la degradación de los arrecifes de coral, la pérdida de biodiversidad marina y la pérdida de hábitat de los ecosistemas marinos y costeros.

Como resultado del análisis del estudio de referencia, se proponen tres nutrientes con criterios o límites de vertimientos regionales, a saber: nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y nitrógeno total Kjeldahl (NTK), éste último incluido por su gran significado en los sistemas de tratamientos de aguas residuales y por su método de determinación, universalmente reconocido.

El estudio propone inicialmente un rango de valores límites para cada indicador, alineados con los vertimientos en aguas de Clase I y Clase II según el Protocolo FTM según se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Propuestas de rango de límites máximos permisibles para nutrientes en aguas residuales domésticas (Narcis, et al., 2025).

Clasificación del cuerpo receptor	Límites permisibles (mg L ⁻¹)		
	PT	NT	NTK
Clase I	0.1 - 5	1- 10	5 -10
Clase II	5 - 10	10 – 50	10 - 40

La premisa de estos límites propuestos es facilitar a las autoridades ambientales regionales la protección y gestión de la zona de aplicación del Convenio del impacto de los nutrientes provenientes de aguas residuales domésticas. En consecuencia, se proponen rangos conservadores para vertimientos en aguas de Clase I y menos estrictos para vertimientos en aguas de Clase II. Se señala además que los límites propuestos deben ser alcanzables, pero sujetos a cambio a largo plazo donde estos umbrales pueden ser más estrictos si fuese necesario. Se aclara también que en la gran mayoría de las normas nacionales de vertimientos se utiliza un sistema de límites máximos permisibles para compuestos de nitrógeno y fósforo en forma de concentración y no en forma de carga contaminante (concentración por caudal vertido), por lo que se consideró más prudente recomendar inicialmente límites de vertido en forma de concentración, que es además como está incluido para el resto de los indicadores de calidad ambiental en el Anexo III (Narcis, et al., 2025).

En conclusión, el enfoque dado en el estudio de referencia se considera adecuado **y por ende se recomienda la inclusión explícita de los nutrientes en el marco del Anexo III del Protocolo, en específico, a través de los tres indicadores (PT, NT y NTK) con sus rangos de límites permisibles mostrados en la Tabla 8.**

A tenor con el señalamiento del estudio citado anteriormente de que los rangos de límites propuestos para los nutrientes pueden estar sujetos a cambios a largo plazo, y que en el marco de la presente evaluación se ha propuesto modificar los límites de dos de los cinco indicadores incluidos en el Anexo III, ***se recomienda incluir explícitamente en el texto del propio anexo un párrafo relativo a la necesidad de realizar un proceso de revisión y actualización de los indicadores de calidad ambiental y sus límites de vertimientos al menos cada 10 años.*** Este periodo, que es justo la mitad del tiempo máximo que se establece en el calendario de implementación de sistemas nuevos o existentes de aguas residuales, para cumplir con dichos límites (20 años), permitiría a la Partes Contratantes hacer una evaluación intermedia de los avances hechos y reevaluar sus planes y estrategias para los sistemas, en caso de que fuese necesario por cambios en los límites de vertimientos.

Se recomienda incluir el texto propuesto anteriormente en el Punto 3 (Todas las descargas) de la propia Parte C del Anexo III. En este mismo punto, y teniendo en cuenta la propuesta de añadir explícitamente los nutrientes (compuestos del nitrógeno y del fósforo) entre los parámetros con límites de descargas específicos, ***se recomienda eliminar el párrafo (a) donde se hace referencia al compromiso de las Partes Contratantes de aplicar medidas adecuadas para controlar o reducir la cuantía total de nitrógeno y fósforo que se descargue en la zona de aplicación del Convenio que pueda tener un efecto negativo en ella.*** Ya no tendría sentido este párrafo habiéndose incluido los nutrientes en las tablas de los puntos 1 (Descargas en aguas de Clase II) y 2 (Descargas en aguas de Clase I).

3.4.4 Parte D: Pre tratamiento industrial

El propio nombre de esta sección infiere que se abordará al tema de las aguas residuales de origen industrial, sin embargo, está enfocado en garantizar el desarrollo y ejecución por parte de las partes contratantes, de programas de manejo y tratamiento de las mismas cuando son descargadas en sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, que es el objetivo del Anexo III (Recuadro 6).

Esta sección cobra sentido en el entendido de que, en algunas ciudades/asentamientos costeros los sistemas de recolección, tratamiento y de disposición de las aguas residuales de origen industrial y las de origen doméstico, incluso las pluviales, suelen mezclarse entre sí, convirtiéndose en uno solo para todo tipo de agua residual.

Recuadro 6. Pretratamiento industrial

Cada Parte Contratante se esforzará, de conformidad con su capacidad económica, por desarrollar y ejecutar programas de pretratamiento industrial para que las descargas industriales en sistemas nuevos y existentes de tratamiento de aguas residuales domésticas:

(a) no interfieran con las plantas de recolección y los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, no los dañen, ni de otro modo impidan satisfacer los límites de efluentes establecidos en este Anexo;

(b) no pongan en peligro a las actividades ni a las poblaciones próximas a los sistemas de recolección y tratamiento al exponerlas a sustancias tóxicas y peligrosas;

(c) no contaminen los fangos ni otros productos reusables resultantes del tratamiento de las aguas residuales; y

(d) no permitan el paso de contaminantes tóxicos en cantidades nocivas para la salud humana y/o la vida acuática.

Cada Parte Contratante se esforzará por que los programas de pretratamiento industrial, incluyan planes de confinamiento de derrames y de contingencia.

Cada Parte Contratante, dentro del ámbito de sus capacidades, promoverá el manejo adecuado de las aguas industriales, como sistemas de recirculación y de circuito cerrado, con el fin de eliminar o reducir al mínimo las descargas de aguas residuales a los sistemas de aguas residuales domésticas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden valorar como convenientes y apropiadas las responsabilidades explícitamente incluidas en esta sección con respecto al pretratamiento de las aguas residuales industriales siempre que sean descargadas en sistemas de tratamiento de aguas residuales doméstica y, por tanto, se considera que no debe modificarse.

No obstante, en el epígrafe 2.6.1 del presente estudio, se realiza un análisis de la conveniencia de incluir un anexo independiente en el marco del Protocolo FTCM, para las aguas residuales industriales. Siendo aprobada esta inclusión, entonces la sección D (pre tratamiento industrial) debería eliminarse del Anexo III e incluir su contenido (con los cambios correspondientes) en el nuevo anexo exclusivo para aguas residuales industriales.

3.4.5 Parte E: Sistemas caseros

Esta sección establece el compromiso de que las Partes Contratantes gestionen la construcción, operación y mantenimiento de sistemas caseros de recolección de aguas residuales cuando éstos no existan, a fin de evitar la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas que puedan tener un efecto negativo en la zona de aplicación del Convenio.

La inclusión de esta sección en el marco del Anexo III, es un reconocimiento a las limitaciones existentes en la RGC en cuanto a sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas en el momento en que fue redactado. Sin embargo, la situación actual no difiere significativamente.

A pesar de que se reconoce que hay una marcada ausencia de información disponible en América Latina y el Caribe (ALC), sobre el acceso a saneamiento básico, conexión a los sistemas de tratamientos y tratamiento de aguas residuales (Saravia et al., 2022), con la poca información que se reporta por los países se pone de manifiesto un importante y claro atraso en la materia.

En 2020, solamente el 67% de la población de ALC estaba conectada a un sistema de alcantarillado, 19% en áreas rurales y 78% en áreas urbanas, y únicamente el 34% contaba con conexión a un sistema de alcantarillado que tuviese un tratamiento de aguas residuales gestionado de manera segura (JMP, 2021).

Por tanto, la opción del uso de sistemas caseros para la recolección de las aguas residuales domésticas en las zonas donde no exista otro sistema, se recomienda mantener en el marco del Anexo III ya que garantiza una opción válida de compromiso de las partes contratantes ante las limitaciones actuales de conexión y de tratamiento, sobre todo en las áreas rurales.

3.4.6 Parte F: Manejo, operaciones y mantenimiento

Tal y como su título lo indica, esta sección del Anexo III, se orienta hacia el compromiso de la Partes Contratantes de asegurar los programas de mantenimiento a los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticos nuevos y existentes, así como la formulación y ejecución de capacitación para los encargados de dichos sistemas.

También esta sección relaciona los procesos de evaluación de los sistemas de recolección de aguas residuales con el cumplimiento de las normativas nacionales, lo que le confiere un valor adicional al vincular instrumentos jurídicos nacionales con regionales (el propio Protocolo FTCM).

No se proponen modificaciones a dicha sección.

3.4.7 Parte G: Periodo de prórroga.

En esta sección del Anexo III se hace referencia a variantes de periodos de prórroga de implementación del cronograma presentando en la Parte C del propio anexo.

En el epígrafe 2.4.3 se analizó precisamente la conveniencia de los periodos de prórroga establecidos en esta sección para lograr una adaptabilidad propia de cada Parte Contratante al cronograma de implementación de sistemas de tratamientos nuevos o existentes que cumplan con los límites de vertimientos establecidos en la misma Parte C. ***Por tanto, no se proponen modificaciones a los periodos de prórroga.***

3.5 Anexo IV

El Anexo IV del Protocolo FTCM (Fuentes no puntuales de contaminación agrícola), no por último es menos importante.

Tal y como se explicó en el epígrafe 1.3.1 del presente informe, las fuentes no puntuales de contaminación de origen agrícola representan el mayor aporte de nutrientes a la RGC (UNEP CEP,

2019) y son consideradas de alta prioridad para los países de la región. Sin embargo, su cuantificación y control siguen siendo un gran desafío para la región. De ahí su importancia y el interés de que continúe incluido como un anexo técnico independiente dentro del Protocolo FTCM.

El Anexo IV consta de tres partes (A, B y C). La Parte A establece las definiciones propias del anexo y la Parte C establece la obligación de la presentación de informes nacionales sobre los planes de prevención, reducción y control de la contaminación de la zona de aplicación del Convenio procedente de fuentes no puntuales de contaminación agrícola en la zona de aplicación del Convenio, de conformidad con el Artículo XII del propio Protocolo FTCM, que se detallan en la Parte B (análisis a continuación). **No se recomiendan enmiendas ni cambios a las partes A y C del Anexo IV.**

La Parte B del Anexo IV dispone la obligación de los partes contratantes de formular planes, políticas y mecanismos jurídicos para la prevención, la reducción y el control de la contaminación de la zona de aplicación del Convenio procedente de las fuentes no puntuales de contaminación, que puedan tener efectos negativos en la zona de aplicación del Convenio.

En esta sección se presentan, muy acertadamente, los elementos que deben contener dichos planes y políticas, que incluye desde la evaluación de las fuentes no puntuales de contaminación agrícola (estimación, identificación de impacto, valoración del marco administrativo, mejores prácticas y programas de monitoreo) hasta los programas de educación, capacitación y concientización.

En este sentido se **recomienda incluir en el acápite 1.a de la Parte B la conveniencia de la utilización de métodos avanzados de estimación de la carga contaminante procedente de fuentes no puntuales de contaminación a través de modelos matemáticos** con los cuales se puede cuantificar y predecir muy acertadamente los impactos ambientales y los riesgos para la salud (acápite 1.b).

En la propia Parte B se establece un plazo de cinco (5) años para que las Partes Contratantes formulen dichos planes, políticas y mecanismos jurídicos mencionados anteriormente. Teniendo en cuenta la importancia y complejidad de las fuentes no puntuales de contaminación sobre todo de origen agrícola en la RGC (descrito en el presente documento), el plazo o fecha de cumplimiento de tal obligación pudiera ser un poco restrictiva. Por otro lado, la formulación y aprobación de mecanismos jurídicos nacionales específicos (normas, decretos, leyes, resoluciones, reglamentos, entre otros) suele ser un proceso lento y engorroso en la mayoría de los países. **En este sentido, se recomienda incluir un período de prórroga de otros cinco (5) años para la elaboración y aprobación de los mecanismos jurídicos específicos una vez que se demuestre avances significativos en la formulación y aplicación de los planes y políticas nacionales relativos a la prevención, reducción y control de la contaminación procedente de fuentes no puntuales de contaminación.**

3.6 Propuestas de otros anexos.

3.6.1 Aguas residuales industriales

Tal y como se analizó en el epígrafe 2.2.1 del presente estudio, tanto el Protocolo FTCM en su versión vigente, como estudios y encuestas recientes (UNEP CEP, 2019), distinguen a las aguas residuales de origen industrial como fuente contaminante que afecta la zona de aplicación del Convenio, siempre reconociendo que el nivel de prioridad es variable dentro de los países de la RGC.

Precisamente teniendo en cuenta dicha variabilidad según los niveles de desarrollo económico y según los diversos tipos de actividades industriales dentro de la región, es que se propone incluir a dichas fuentes como prioritarias, pero de forma general y no por tipo de industrias como aparece en la versión vigente (ver epígrafe 2.2.1).

Las obligaciones/responsabilidades para el control y manejo de las otras fuentes reconocidas como prioritarias en el propio Anexo I del protocolo (entiéndase aguas residuales domésticas y fuentes no puntuales de contaminación agrícola) están recogidas de forma explícita en los anexos III y IV respectivamente. ***Se reconoce, por tanto, la necesidad de que el Protocolo FTCM incluya de forma diferenciada un nuevo anexo solamente para las fuentes contaminantes de origen industrial.***

El objetivo principal de dicho anexo deberá ser promover el control de las descargas de aguas residuales industriales basado en el principio de economía circular, la protección de la salud humana, de los ecosistemas y del medio ambiente en general.

El nuevo anexo debe fomentar en sus artículos, la creación de programas de minimización de desechos, la instalación de sistemas de tratamiento y la utilización de las mejores prácticas disponibles para la disposición de aguas residuales, siempre con el objetivo final de reducir la producción y concentración de los contaminantes descargados al medio ambiente marino.

Sin embargo, se reconoce que el alcance y contenido de un anexo específico para el control y manejo de las aguas residuales industriales ***a nivel regional es un gran desafío teniendo en cuenta que las mismas presentan una calidad y un volumen muy variables según el tipo de industria que las produce.***

Por otro lado, la revisión de la legislación nacional de los países de la RGC (normas, regulaciones) relativa a los vertimientos de aguas residuales industriales, denota menos progreso comparado con la legislación para vertimientos de aguas residuales domésticas. Solo tres (3) países de habla inglesa (Belice, Jamaica, Trinidad y Tobago) y cuatro de habla hispana (Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Nicaragua) tienen regulaciones diferenciadas para aguas residuales de origen industrial (Narcis, et al., 2025). Cabe señalar que en el resto de los países de la RGC las normas/regulaciones no especifican el origen o la fuente de las aguas residuales y, por tanto, se aplican a todos los vertidos, o sea domésticos e industriales.

Tal y como se explicó en el epígrafe 2.4.4 del presente estudio, la Parte D del Anexo III hace referencia a que los esfuerzos necesarios para desarrollar y ejecutar programas de pretratamiento para las descargas industriales (en ese caso en sistemas nuevos y existentes de tratamiento de aguas residuales domésticas), estarán en dependencia de la capacidad económica de cada parte contratante (Véase Recuadro 6). El reconocimiento del factor económico en el tratamiento y disposición de las aguas residuales industriales es fundamental para lograr mejor aceptación de cualquier iniciativa de marco regulatorio en la región, como la que se propone de un propio anexo específico en el marco del Protocolo FTCM.

Teniendo en cuenta lo anterior se propone que el nuevo anexo relativo a las aguas residuales industriales tenga un enfoque general, holístico y no sumamente restrictivo. En este sentido se propone que no incluya, al menos en una primera fase, límites de concentraciones máximas permisibles para los efluentes de origen industrial.

En términos generales, se propone que el anexo relativo a las aguas residuales industriales incluya lo siguiente:

- 1. Definiciones y ámbito de aplicación.***
- 2. Propuestas de criterios para facilitar el control de descargas industriales que tomen en cuenta; entre otros, los siguientes factores:***
 - Niveles de tratamientos en función de la carga emitida***
 - Características de los diferentes sectores industriales***
 - Clasificación del cuerpo receptor de la descarga final según su uso***
- 3. El fomento del diseño de planes y programas nacionales para la prevención, reducción y control de la contaminación procedente de fuentes industriales que reconozcan el desafío financiero de cada parte contratante en su implementación e incluyan, entre otros aspectos, los siguientes:***
 - a. Acciones de educación y capacitación al sector industrial***
 - b. Participación activa del sector privado.***
 - c. Programas de incentivos económicos para extender el uso de mejores, novedosas y adecuadas prácticas de manejo y tratamiento de las aguas residuales industriales.***
- 4. La importancia del fortalecimiento de los marcos legislativos nacionales en las partes contratantes (políticas, normas, reglamentos) para las acciones de control de las fuentes de contaminación de origen industrial.***
- 5. El reconocimiento de la necesidad de marcos institucionales nacionales robustos para implementación de las acciones de evaluación y monitoreo de las fuentes industriales que afectan la zona de aplicación del Convenio.***
- 6. Mecanismos de presentación de informes nacionales del cumplimiento de los compromisos/obligaciones estipuladas en el propio anexo.***

3.6.2 Reúso de aguas residuales.

La importancia del reúso del agua a nivel mundial se refleja en su inclusión explícita en el marco de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS). Específicamente en el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) se establece, en la meta 6.3 el enfoque de reciclado y reutilización de las aguas residuales de manera concreta,: *“De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”*.

El uso productivo de las aguas residuales, sobre todo de las de origen doméstico, constituye una alternativa para el riego agrícola por sus contenidos de nutrientes y materia orgánica, lo que favorecería el incremento de las cosechas y el mejoramiento de los suelos. Pero la importancia del reúso de las aguas residuales no debe ser visto solamente como un provecho desde el punto de vista de fertilización de la tierra o desde el punto de vista de utilidad mercantil (ahorro de gasto en adquisición de agua). El reúso de agua es importante para preservar y gestionar de manera sostenible un recurso que es finito y que es demandado cada día más.

Con el objetivo de abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con la gestión de las aguas residuales (incluyendo las aguas residuales domésticas, industriales y de origen agrícola) que el Protocolo FTCM reconoce como fuentes de contaminación que afectan el área del Convenio de Cartagena, ***se recomienda incluir un nuevo anexo técnico cuyo objetivo principal debe ser promover/potenciar y estandarizar el reúso de las aguas residuales en la Región del Gran Caribe.***

No se pretende en el presente estudio, presentar el contenido explícito del nuevo anexo sino proponer directrices generales que debe contener para una futura redacción.

En este sentido, la primera ***consideración es que un anexo relativo al reúso de las aguas residuales debe tener como principio fundamental la protección a la salud humana y a los ecosistemas incluidos en la zona de aplicación del Convenio.***

Precisamente, debido a la importancia que reviste para la salud humana el reúso de las aguas residuales, diversas organizaciones internacionales se han pronunciado sobre el tema, entre ellas la Organización Mundial de la Salud que publicó un documento en cuatro volúmenes (WHO, 2006) con directrices para el uso seguro de las aguas residuales, las excretas y las aguas grises, a saber:

- 1.- Políticas y aspectos regulatorios (Volumen I)
- 2.- El uso de aguas servidas en agricultura (Volumen II)
- 3.- El uso de las aguas servidas y excretas en acuicultura (Volumen III)
- 4.- El uso de la excretas y aguas grises en la agricultura (Volumen IV)

Las directrices anteriores pueden servir de base para establecer las propias del nuevo anexo, respetando el principio de la protección de la salud humana tal y como se mencionó anteriormente.

Otro principio que debe regir el nuevo anexo es la aplicación del concepto de economía circular del agua como una de las estrategias potenciales para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con el agua, y así garantizar un futuro más sostenible.

En términos generales el anexo debe incluir lo siguiente:

- 1. Ámbito de aplicación y definiciones (recirculación, reúso, monitoreo, entre otros)***
- 2. Las clasificaciones de los tipos de reúso de las aguas residuales, por ejemplo, paisajístico, riego agrícola, limpieza, construcción, entre otros usos seguros y sostenibles de las aguas residuales***
- 3. Indicadores o parámetros mínimos (obligatorio y opcionales) que deben ser evaluados en las aguas para su reúso según cada tipo propuesto.***
- 4. Concentraciones máximas permisibles de los de los indicadores propuestos.***
- 5. Acciones de control y monitoreo que deben incluir, entre otros aspectos, las frecuencias mínimas de muestreo a las aguas residuales destinadas a reúso.***

4 RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE ENMIENDAS AL PROTOCOLO.

El objetivo de este capítulo es exponer, de forma resumida, las recomendaciones de enmiendas que se proponen para el Protocolo FTCM según los análisis realizados en el capítulo anterior.

En este sentido, se presentan las propuestas de enmiendas, entendidas como cambios, complementos y/o incorporaciones al texto del protocolo en cada uno de los anexos técnicos actuales, así como otras propuestas de anexos.

Anexo I

1.- Se recomienda que las “Categorías de fuentes y actividades prioritarias que afectan la zona de aplicación del Convenio” queden descritas como:

- Aguas residuales domésticas.
- Fuentes agrícolas no puntuales.
- Actividades industriales (fundamentalmente la industria química y petrolera).
- Turismo.
- Actividad pesquera (incluyendo acuicultura y maricultura).

2.- Insertar en la Parte C del Anexo I un nuevo acápite (C.2) titulado “Problemas ambientales emergentes que son causa de preocupación y que afectan la zona de aplicación del Convenio”:

- Presencia de micro plásticos y otros contaminantes emergentes
- Inundación por sargazo
- Acidificación de los mares

Anexo III

1.- Se propone realizar las siguientes modificaciones en los límites de vertimiento para aguas residuales domésticas para descargar en aguas de Clase I y II:

- Cambiar el límite de la DBO₅ para vertimientos en aguas de Clase I, de 30 a 50 mg L⁻¹
- Incluir las mismas concentraciones máximas permisibles de *Enterococcus faecalis* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal (35 y 126 organismos 100 mL⁻¹) en Número Más Probable (NMP) y en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) respectivamente, para vertimientos en aguas de Clase I.
- Incluir a los coliformes fecales (termotolerantes) como indicador de contaminación fecal en las aguas residuales domésticas para el vertimiento en cuerpos receptores de Clase II con un LMP que pudiera estar comprendido entre 1000 – 5000 NMP 100 mL⁻¹.
- Incluir los nutrientes (en específico compuestos del nitrógeno y fósforo) dentro del grupo de los parámetros con límites de vertimientos para vertimientos en aguas de Clase I y II, según la propuesta realizada en el marco del estudio regional “*Establecimiento de criterios y normas regionales para N y P en descargas de aguas residuales domésticas e industriales*”.

Clasificación del cuerpo receptor	Límites permisibles (mg L ⁻¹)		
	PT	NT	NTK
Clase I	0.1 - 5	1- 10	5 -10
Clase II	5 - 10	10 – 50	10 - 40

2.- Incluir explícitamente en el texto en el Punto 3 (Todas las descargas) de la Parte C, un párrafo relativo a la necesidad de realizar un proceso de revisión y actualización de los indicadores de calidad ambiental y sus límites de vertimientos al menos cada 10 años.

3.- Se recomienda eliminar el párrafo (a) del Punto 3 (Todas las descargas) de la Parte C, donde se hace referencia al compromiso de las Partes Contratantes de aplicar medidas adecuadas para controlar o reducir la cuantía total de nitrógeno y fósforo que se descargue en la zona de aplicación del Convenio que pueda tener un efecto negativo en ella. Ya no tendría sentido este párrafo habiéndose incluido los nutrientes en las tablas de los puntos 1 (Descargas en aguas de Clase II) y 2 (Descargas en aguas de Clase I).

Anexo IV

1.- Incluir en el acápite 1.a de la Parte B la conveniencia de la utilización de métodos avanzados de estimación de la carga contaminante procedente de fuentes agrícolas no puntuales de contaminación a través de modelos matemáticos.

2.- Agregar en el primer párrafo de la Parte B, donde se establece el plazo de cinco años para la formulación y aplicación de los planes y políticas nacionales relativos a la prevención, reducción y control de la contaminación procedente de fuentes no puntuales de contaminación; un período de

prórroga de otros cinco (5) años para la elaboración y aprobación de los mecanismos jurídicos específicos una vez que se demuestre avances significativos en el proceso anteriormente descrito.

Se proponen la inclusión de dos nuevos anexos al Protocolo FTCM:

1.- AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El objetivo principal de un anexo específico para aguas residuales de origen industrial es promover el control de las descargas de aguas residuales industriales basado en el principio de economía circular, la protección de la salud humana, de los ecosistemas y del medio ambiente en general. Se reconoce que es un gran desafío teniendo en cuenta que las aguas residuales de origen industrial presentan una calidad y un volumen muy variables según el tipo de industria que las produce.

Se propone que el anexo relativo a las aguas residuales industriales incluya lo siguiente:

1. Definiciones y ámbito de aplicación.
2. Propuestas de criterios para facilitar el control de descargas industriales que tomen en cuenta; entre otros, los siguientes factores:
 - Niveles de tratamientos en función de la carga emitida
 - Características de los diferentes sectores industriales
 - Clasificación del cuerpo receptor de la descarga final según su uso
3. El fomento del diseño de planes y programas nacionales para la prevención, reducción y control de la contaminación procedente de fuentes industriales que reconozcan el desafío financiero de cada parte contratante en su implementación e incluyan, entre otros aspectos, los siguientes:
 - a. Acciones de educación y capacitación al sector industrial
 - b. Participación activa del sector privado.
 - c. Programas de incentivos económicos para extender el uso de mejores, novedosas y adecuadas prácticas de manejo y tratamiento de las aguas residuales industriales.
4. La importancia del fortalecimiento de los marcos legislativos nacionales en las partes contratantes (políticas, normas, reglamentos) para las acciones de control de las fuentes de contaminación de origen industrial.
5. El reconocimiento de la necesidad de marcos institucionales nacionales robustos para implementación de las acciones de evaluación y monitoreo de las fuentes industriales que afectan la zona de aplicación del Convenio.
6. Mecanismos de presentación de informes nacionales del cumplimiento de los compromisos/obligaciones estipuladas en el propio anexo.

2.- REUSO DE AGUAS RESIDUALES

Dicho anexo debe tener como principio fundamental la protección a la salud humana y a los ecosistemas incluidos en la zona de aplicación del Convenio y como objetivo principal promover/potenciar y estandarizar el reúso de las aguas residuales en la Región del Gran Caribe

Se propone la siguiente estructura para el anexo:

1. Ámbito de aplicación y definiciones (recirculación, reúso, monitoreo, entre otros)
2. Las clasificaciones de los tipos de reúso de las aguas residuales, por ejemplo, paisajístico, riego agrícola, limpieza, construcción, entre otros usos seguros y sostenibles de las aguas residuales
3. Indicadores o parámetros mínimos (obligatorio y opcionales) que deben ser evaluados en las aguas para su reúso según cada tipo propuesto.
4. Concentraciones máximas permisibles de los de los indicadores propuestos.
5. Acciones de control y monitoreo que deben incluir, entre otros aspectos, las frecuencias mínimas de muestreo a las aguas residuales destinadas a reúso.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo 058 (1997). Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Honduras. 12 pp.
- Acuerdo Gubernativo 254 (2019). Reformas del Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos. Guatemala. 4 pp.
- APHA-WPCF-AWWA (2017). Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 23rd Edition New York. 1280 pp.
- Arzu, O. R. et al. (2016). Relación entre los indicadores de contaminación fecal en aguas subterráneas. Disponible en: <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51060>.
- Beusen, A.H.W., A. F. Bouwman, L.P.H. Van Beek, J.M. Mogollón, and J.J. Middelburg (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences* 13: 2441-2451
- Beusen, A.H.W., L.P.H. Van Beek, A.F. Bouwman, J. M. Mogollón, and J.J. Middelburg (2015). Coupling global models for hydrology and nutrient loading to simulate nitrogen and phosphorus retention in surface water – description of IMAGE-GNM and analysis of performance. *Geoscientific Model Development* 8: 4045-4067
- CARIPOL (1980). Manual of Petroleum Pollution Monitoring. LAB (4301). Rickenbaker, Causing Miami, Fla. 33149, 14 pp.
- Cisneros E, Olga. Saucedo R, Heber E. Rivas L, Helena. (2013). GUÍA DE REFERENCIA PARA EL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN RIEGO AGRÍCOLA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 29 Págs.
- Clean Water Act, Title 33 Navigation and Navigable Waters. The Government of the United States of America.
- Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment (OJ L 135, 30.5.1991), pp. 40–52
- Decreto 21 (2017). Reglamento que establece las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Nicaragua. 48 pp.
- Decreto 883 (2005). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Venezuela 23 pp.

- Decreto 90 (2000) Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Chile. 16 pp.
- Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S: 2007. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. Costa Rica. 56 pp.
- ECOQUIMSA (2017). Aguas Residuales. Análisis fisicoquímico de las grasas y aceites. Laboratorio de Análisis y Monitoreo Ambiental de Salud Ocupacional e Inocuidad. Ciudad de Guatemala, 25 pp.
- Environment Protection Act (2011). The Government of Belize.
- Environmental Management Act (2000). The Government of Trinidad and Tobago.
- Environmental Planning and Protection Act (2019). Government of The Bahamas.
- Environmental Protection (Effluent Limitations) (Amendment) Regulations (2009) The Government of Belize 11 pp.
- Environmental Protection (Water Quality) Regulations (2000). The Government of Guyana, 12 pp.
- Environmental Protection and Management Act (2019) The Government of Antigua and Barbuda, No. 10 Of 2019.
- Florida, US State: Title 62, Chapter 62-302, Florida. December 26, 1996. Section 62-302.300 Findings, Intent and Antidegradation Policy for Surface Water Quality (Integrated).
- Geissen, V., Hans Mol, Erwin Klump, Günter Umlauf, Marti Nadal, Martine van der Ploeg, Sjoerd E.A.T.M. van de Zee and Coen J. Ritsema. (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*, 3 (1): 57-65.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2018). GUÍA TÉCNICA PARA EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN LA AGRICULTURA. Proyecto de Cooperación Triangular México Bolivia y Alemania. ISBN: 4-1-550-18 P.O. SEGUNDA EDICIÓN.
- JMP (Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation) (2021). Rural and urban service levels, 2015 and 2020, [en línea], <https://washdata.org/data/household#!/>.
- NA-CDAS (2012). Norma Ambiental sobre control de descargas a aguas superficiales, alcantarillados sanitarios y aguas costeras. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. República Dominicana, 27 pp.
- Narcis M., Pérez M., Valdez M., Sende V., Gómez Y., Beltrán J.M. (2025). ESTABLISH REGIONAL CRITERIA AND STANDARDS FOR N AND P LOADS IN DOMESTIC AND INDUSTRIAL WASTEWATER DISCHARGES (Draft). Informe Técnico preparado por RAC IMA (*Institute of Marine Affairs*, Trinidad y Tobago) y RAC Cimab (*Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte*, Cuba) para el Programa Ambiental del Caribe (CEP), 65 pp.
- Narcis, M., Gómez Y., Pérez, M. (2025). GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF WATERS ACCORDING TO THE LBS PROTOCOL (Draft). Informe Técnico preparado por RAC IMA (*Institute of Marine Affairs*, Trinidad y Tobago) y RAC Cimab (*Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte*, Cuba) para el Programa Ambiental del Caribe (CEP), 55 pp.
- National Resources Conservation Authority Act (1991). The Government of Jamaica.

- NC 521 (2007). Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones. Norma Cubana Oficina Nacional de Normalización, Cuba.14 pp.
- NMX-AA-005-SCFI (2000). Análisis de Agua - Determinación de Grasas Y Aceites Recuperables en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, 16 pp.
- NOM-001-SEMARNAT (2021). Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. México 19 pp.
- OMS (1989). Series de Informes técnicos. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. OMS. Ginebra. 90 Págs.
- OMS (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano (cuarta edición) Ginebra. Organización Mundial de la Salud.
- OMS (2014). Guías para la calidad del agua de consumo humano (cuarta edición que incorpora la primera adenda) Ginebra. Organización Mundial de la Salud.
- ONU (2004). Department of economic and social affairs. División for sustainable development indicators of sustainable development. Disponible en: <http://www.un.org/esa/susdev/natlinfo/indicators/isd.htm>.
- Public Health (Water Quality Control) Regulations (1978). The Government of Saint Lucia, 41 pp.
- Reglamento DGNTI-COPANIT 35 (2019). Medio ambiente y protección de la salud. Seguridad. Calidad del agua. Descarga de efluentes líquidos a cuerpos y masas de aguas continentales y marinas. Panamá. 46 pp
- Resolución 0883 (2018). Establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 222 (2002). Por la cual se establece el Padrón de Calidad de las Aguas en el Territorio Nacional. Paraguay. 6 pp.
- Resolución Ministerial 125 (2017). Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Módulo II Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar>.
- Romero, T. y Vargas, D. (2017). Uso de micoorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Riha Vol. 38. No. 3. ISSN 1680 0338
- RTS 13.05.01 (2018). Reglamento Técnico Salvadoreño. Agua. Aguas residuales. Parámetros de calidad de aguas residuales para descarga y manejo de lodos residuales. 45 pp.
- Saravia Matus S. y col (2022). Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe, serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 213 (LC/TS.2022/193), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Seitzinger, S., and E. Mayorga (2016). Large Marine Ecosystems: Status and Trends. Chapter 7.3: Nutrient inputs from river systems to coastal waters. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- SLNS 83 (2016). St. Lucia Bureau of Standards, Guidelines for Recreational Water Quality. 7 pp.
- SLNS 83 (2016). St. Lucia Bureau of Standards, Guidelines for Recreational Water Quality. 7 pp.

- The Marine Pollution Control Act (1998). The Government of Barbados.
- UNEP CEP (2019). Technical Report No 96: State of the convention Area Report. An assessment of marine Pollution from Land- based sources activities in the Wider Caribbean Region (SOCAR). Autores: S. Heileman, L. McManus, C. Corbin, L. Christian, S. Adrian, E. Mayorca, D. Banjoo. Caribbean Environmental Program (CEP), 182 pp.
- UNEP CEP (2021). Regional Nutrient Pollution Reduction Strategy and Action Plan for the Wider Caribbean Region (RNPRSAP). Autores: L. McManus, S. Heileman, C. Corbin, D. Banjoo. Caribbean Environmental Program (CEP), 251 pp.
- USEPA (1976). Quality Criteria for Water. Washington, DC.
- USEPA (1999). National Recommended Water Quality Criteria -- Correction. Office of Water, Washington, DC. EPA 822-Z-99-001. April.
- USEPA (2011). Method 1664, Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry, February 1999. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C 4 pp.
- Valencia G, Eduardo; Romero C, Jonathan; Aragón C, Renso A. (2010). ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN RIEGO. Rev. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 9, enero-diciembre, , pp. 55-59. ISSN: 1692-9918 revistaeidenar@univalle.edu.co. Universidad del Valle. Cali. Colombia.
- Veliz Lorenzo, E; Llanes O, José G; Asela F, Lidia; Bataller V, Mayra (2019). Reúso de aguas residuales domesticas para riego agrícola. Valoración crítica". Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 40, núm. 1, enero-abril. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Ciudad de La Habana, Cuba. pp. 35-44
- Wastewater and Sludge Regulations (2013). The Government of Jamaica, National Resources Conservation. 41 pp.
- Water Pollution Rules (2019). The Government of Trinidad and Tobago 732 pp
- WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol 2. Wastewater use in agriculture. Ginebra. OMS/UNEP/ FAO 196 pp.
- World Health Organization (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol 2. Wastewater use in agriculture. Ginebra. OMS. 2006. UNEP, FAO, 196 p.
- WPR T&T (2019). The Government of Trinidad and Tobago, Rules Water Pollution.

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1. Normas de vertimientos de los países de la Región del Gran Caribe.

	País	Normas o Reglamentos para el vertimiento de aguas residuales a las zonas costeras y/o cuerpos de agua interiores	Comentarios
1	Colombia	Resolución 0883:2018. "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas".	Resolución 501: 2022, modifica algunos artículos de la Resolución 0883: 2018. Diferencia los límites de vertimientos para aguas residuales domésticas y de actividades industriales, comerciales y de servicios.
2	Costa Rica	Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S: 2007 Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales	Establece límites máximos permisibles para vertimientos en cuerpos receptores y en alcantarillado de manera diferenciada. Diferencia el origen del agua residual de dos tipos: ordinario (de origen doméstico) y especial (diferente al ordinario)
3	Honduras	Acuerdo 058: 1997 "Normas Técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario".	Aplica para todo tipo de agua residual y no especifica el cuerpo receptor
4	Panamá	Reglamento Técnico DGNTI -COPANIT 35: 2019. "Medio Ambiente y protección de la salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de efluentes líquidos a cuerpos y masas de agua continentales y marinas".	Para todos los efluentes líquidos de actividades domésticas, comerciales, industriales, e institucionales.
5	Guatemala	Acuerdo 236:2006: "Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos". Reformado y actualizado mediante el Acuerdo Gubernativo 254: 2019	No especifica el cuerpo receptor. Incluye el principio de gradualidad y establece límites máximos permisibles en tres etapas, años 2024, 2028 y 2032.
6	México	NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT: 2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Entró en vigor de forma progresiva a partir del 3 de abril de 2023.	No especifica la procedencia de las aguas residuales (tipología) Diferencia los LMP para vertimientos en ríos, embalses, zonas marinas y suelo.
7	Nicaragua	Decreto 21:2017. "Reglamento el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales".	Diferencia los LMP entre Vertidos provenientes de sistemas de tratamientos de los alcantarillados sanitarios y de las aguas residuales domésticas. También incluyen límites para vertimientos procedentes de

			hospitales y determinadas actividades industriales.
8	Venezuela	Decreto 883: 2005 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.	Para todas las descargas de aguas residuales, no especifica su tipología. Diferencia el cuerpo receptor entre cuerpos de agua (ríos, estuarios, lagos y embalses) y el medio marino costero.
9	Cuba	Norma Cubana 521:2007 "Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y marina. Especificaciones".	No especifica la tipología (origen) del agua residual. Diferencia los LMP entre 6 tipos de aguas marino costeras según su uso, con límites más restrictivos desde la A (zonas marinas protegidas) hasta la F, menos restrictivos (aguas marinas usadas en la navegación).
10	República Dominicana	NA-CDAS-2012 "Norma Ambiental sobre control de descargas a aguas superficiales, alcantarillados sanitarios y aguas costeras" (2012)	Diferencia los LMP para vertimientos en aguas superficiales y en aguas costeras. En el caso de las aguas municipales (domesticas) diferencia los límites según la población tributaria.
11	Antigua y Barbuda	The environmental Protection and Management Act (2019)	Establece límites para aguas receptoras, pero no para vertimientos.
12	Bahamas	Pollution Control and Waste Management Regulations (Borrador)	En proceso de aprobación. Los indicadores incluidos en el borrador (pH, grasas y aceites e indicadores bacteriológicos) y sus límites han sido derivados del análisis de los criterios de calidad existentes y desarrollados por la USEPA, por los estados de Hawái y Florida y por el territorio de Puerto Rico (USA).
13	Barbados	Tabla de Concentraciones prohibidas (2023)	El documento referido fue elaborado por la Universidad de las Indias Occidentales para el Departamento de Protección Ambiental del Ministerio de Medio ambiente y Ordenamiento Nacional, que presenta estándares para aguas residuales " <i>al final de la tubería</i> ". Sin embargo, no aparece como parte de una legislación o documento jurídico oficial.
14	Belice	Environmental Protection (Effluent Limitation) Amendment Regulations, 2009.	La legislación nacional adoptó los indicadores y límites de efluentes del Protocolo FTCM una vez que el país se adhirió al mismo.
15	Granada	-	No tiene legislación nacional para vertimientos de aguas residuales domésticas.
16	Guyana	Environment Protection (Water Quality) Regulations (2000).	Identifica algunos parámetros para vertimientos de aguas residuales, pero no incluye límites de vertimientos.

17	Jamaica	Regulación de Agua Residual y lodo (Wastewater and Sludge). Natural Resources Conservation (2013).	Establece límites de descarga de aguas residuales de alcantarillado e industriales provenientes de sistemas de tratamiento.
18	Santa Lucia	Directrices para la Calidad del Agua Recreativa (SLNS 83: 2016)	Establece límites permisibles de efluentes para aguas estuarinas y costeras teniendo en cuenta los criterios de vertimiento del Protocolo FTCM para aguas de Clase I.
19	Trinidad y Tobago	Reglas de Contaminación del Agua (WPR), 2019	Establece “límites permisibles” o “estándares al final de la tubería” para descargas de origen industrial en aguas costeras (hasta 3 millas náuticas) y en zonas marinas de alta mar (más allá de las aguas definidas como costeras)
20	Estados Unidos (Florida)	Clean Water Act (CWA) (2022) Water Quality Standards (WQS) <i>Para la Florida:</i> Florida Surface Water Quality Standards (2018)	Incluye estándares de calidad del agua, pero no incluye límites de vertimientos para aguas residuales