

ANÁLISIS DE NORMATIVAS LATINOAMERICANAS SOBRE VERTIDOS DE POBLACIONES

Una guía para su revisión



© AECID 2021

Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

*Av. Reyes Católicos, 4
28040 Madrid, Spain
Teléfono: +34 91 583 81 00
www.aecid.es*

Catálogo General de Publicaciones Oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es>

Esta publicación ha sido posible gracias a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de la misma no refleja necesariamente la postura de la AECID.

NIPO en línea: 109-21-090-9

Dirección y Coordinación:

Coordinación por parte de la AECID: Yasmina Ferrer Medina. Departamento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento.

Esta publicación ha sido elaborada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) por encargo de la AECID. Autoría por parte del CEDEX: Ignacio del Río Marrero y Ana Tejero Andrés. Área de Tecnología del Agua del Centro de Estudios Hidrográficos.

Diseño original y maquetación:

CEDEX

Email:

dfcas@aecid.es

CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	GLOSARIO	5
3	MARCO NORMATIVO DE LA REGULACIÓN DE VERTIDOS	7
3.1	MARCO NORMATIVO SECTORIAL	7
3.2	REGULACIÓN DE LOS VERTIDOS DE POBLACIONES	7
4	ASPECTOS BÁSICOS	11
4.1	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS	11
4.1.1	CONTAMINANTES TÍPICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS	11
4.1.2	VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA URBANA	17
4.1.3	RELACIONES ENTRE PARÁMETROS	19
4.2	PROCESOS DE TRATAMIENTO CONVENCIONALES	20
4.2.1	TIPOLOGÍAS DE TRATAMIENTO	21
4.2.2	SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÁS ADECUADA	29
5	TIPOLOGÍAS DE NORMAS DE VERTIDO	33
5.1	VERTIDOS CONSIDERADOS	33
5.1.1	DIFERENCIACIÓN DE VERTIDOS ORDINARIOS, ESPECIALES Y OTRAS DISPOSICIONES	33
5.1.2	CONSIDERACIÓN DE VERTIDO URBANO, VERTIDO ORDINARIO Y VERTIDO ESPECIAL	34
5.1.3	MAGNITUD MÍNIMA DE VERTIDOS REGULADOS	35
5.2	PUNTO DE VISTA PARA IMPONER LAS LIMITACIONES	37
5.3	TIPOS DE LÍMITES IMPUESTOS AL EFLUENTE	38
5.3.1	CONCENTRACIONES O CARGAS CONTAMINANTES. VALORES ABSOLUTOS O REDUCCIONES.	38
5.3.2	VALORES MEDIOS, VALORES MÁXIMOS Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO	41
5.4	PROGRESIVIDAD CON EL TAMAÑO DE POBLACIÓN	43
5.5	PROGRESIVIDAD EN FUNCIÓN DEL MEDIO RECEPTOR	45
5.5.1	REGULACIÓN ESPECÍFICA DE CUERPOS DE AGUA SINGULARES	45
5.5.2	IDENTIFICACIÓN DE ALGUNAS TIPOLOGÍAS DE CUERPOS DE AGUA	46
5.5.3	CLASIFICACIÓN DE TODOS LOS CUERPOS DE AGUA	47
5.6	PROGRESIVIDAD EN EL TIEMPO	53
5.6.1	AUMENTO DE LAS OBLIGACIONES CON EL TIEMPO	53
5.6.2	PLAZOS DE CUMPLIMIENTO	57
5.7	RESUMEN DE TIPOS DE NORMAS	58
6	OTROS ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR EN LA DEFINICIÓN DE LAS NORMAS DE VERTIDO	60
6.1	NIVEL DE EXIGENCIA DE LA NORMA	60
6.1.1	DECISIÓN SOBRE EL NIVEL DE EXIGENCIA	60
6.1.2	PARÁMETROS A LIMITAR	61
6.1.3	COHERENCIAS ENTRE PARÁMETROS Y LÍMITES	62
6.1.4	COHERENCIA CON LOS TRATAMIENTOS CONVENCIONALES	64

6.2	LA COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO	66
6.2.1	ASPECTOS TÉCNICOS A DEFINIR PARA UN CONTROL EFECTIVO	66
6.2.2	LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO	67
6.2.3	LAS CARENCIAS PARA REALIZAR UN CONTROL EFECTIVO	68
6.3	ESTUDIOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS	69
6.4	PLAZOS DE APLICACIÓN	71
7	REVISIÓN DE LAS NORMATIVAS DE VERTIDO	72
7.1	NECESIDAD DE REVISIÓN DE LAS NORMAS	72
7.2	ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA REVISIÓN DE LAS NORMAS DE VERTIDOS	73
7.3	ESTUDIO DE FACTORES QUE AFECTAN AL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS	74
7.4	INTERRELACIÓN CON OTRAS NORMATIVAS	77
7.5	COORDINACIÓN INTERNACIONAL	80
7.6	PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS	81
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
9	REFERENCIAS	87
ANEXO I:	RESUMEN DE LAS NORMATIVAS DE DIFERENTES PAÍSES DE LA REGIÓN	89

FIGURAS

FIGURA 1 EVOLUCIÓN DE LA DBO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO. ADAPTADO DE: TRAPOTE JAUME, A (2011)	13
FIGURA 2: VARIACIÓN HORARIA DE CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES. ADAPTADO DE METCALF & EDDY (2014).	17
FIGURA 3: VARIACIÓN DE CAUDALES DIARIOS (M^3/D) (A) Y CARGAS CONTAMINANTES DE ($KG DBO_5/D$) (B) RECIBIDAS EN LA PTAR DE PALMA DE MALLORCA (ESPAÑA) ENTRE LOS AÑOS 2005 Y 2015.	18
FIGURA 4: CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO	21
FIGURA 5 ACUMULACIÓN DE ARENAS Y RESIDUOS EN LAGUNAJE POR AUSENCIA DE PRETRATAMIENTO	22
FIGURA 6 DECANTADOR PRIMARIO ESTÁTICO. PTAR DE JUAYÚA. EL SALVADOR	23
FIGURA 7: REACTORES ANAEROBIOS Y ANTORCHA DE GAS EN LA PTAR DE ONÇA, BELO HORIZONTE, BRASIL	24
FIGURA 8: PLANTA DE TRATAMIENTO CON FOSAS SÉPTICAS SEGUIDAS DE HUMEDALES HORIZONTALES SUBSUPERFICIALES. PTAR EN NICARAGUA	25
FIGURA 9: CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR DE LODOS ACTIVOS DE PANAMÁ	26
FIGURA 10: CURVA DE COSTES OBTENIDA DE DATOS REALES PARA INSTALACIONES DE AIREACIÓN EXTENDIDA EN ESPAÑA	32
FIGURA 11 VERTIDO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO. EL SALVADOR	33
FIGURA 12: PTAR EN DESARROLLO URBANÍSTICO PRIVADO. PANAMÁ	35
FIGURA 13: EJERCICIO DE CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE RÍOS EN ESPAÑA DE ACUERDO A LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA.	51
FIGURA 14: EVOLUCIÓN DE DQO Y DBO_5 EN UNA LÍNEA DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL	63
FIGURA 15: PRESENCIA DE MICROALGAS EN UNA LAGUNA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. PTAR DE LINDE-PARACAYA. BOLIVIA	65
FIGURA 16: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿CONSIDERA QUE ES NECESARIO HACER UNA REVISIÓN DE SU NORMA?	72
FIGURA 17: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿QUÉ PROBLEMA DESTACARÍA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE VERTIDOS EN SU PAÍS?	75
FIGURA 18: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿QUÉ ASPECTOS SON CRÍTICOS A LA HORA DE ELEGIR UN TRATAMIENTO?	77
FIGURA 19: LAGO ATITLÁN. GUATEMALA	78
FIGURA 20: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿QUÉ INSTRUMENTO CONSIDERA QUE PODRÍA SER EL MÁS ADECUADO PARA AVANZAR EN EL ENTENDIMIENTO COMÚN A NIVEL REGIONAL?	81
FIGURA 21: TALLER DE ACTUALIZACIÓN DE LA NORMATIVA DE VERTIDOS CELEBRADO EN CUBA. VARADERO 11-14 DE NOVIEMBRE DE 2019	82
FIGURA 22: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿CREE QUE LA CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LA NORMATIVA SUPONE UNA BARRERA PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR EN SU PAÍS?	83
FIGURA 23: RESPUESTA DE LOS ASISTENTES AL TALLER DE NORMATIVA A LA CUESTIÓN: ¿QUÉ ASPECTOS MODIFICARÍA DE SU NORMA?	84

TABLAS

TABLA 1 COMPOSICIÓN TÍPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS, ADAPTADO DE METCALF & EDDY 2014	16
TABLA 2 NIVELES DE TRATAMIENTO ALCANZADO SEGÚN LA TECNOLOGÍA IMPLANTADA, ADAPTADO DE MARM (2010) Y DE MMAYA (2021).	30
TABLA 3 LÍMITES PARA CONSIDERAR UN VERTIDO EN LA NORMATIVA CUBANA NC 521:2007. ADAPTADO DE LA NORMA POR EL AUTOR.	36
TABLA 4: DECRETO N° 33-95 DEROGADO DE NICARAGUA. RANGOS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PROMEDIO DIARIO PARA LOS VERTIDOS DE ALCANTARILLADO A LOS CUERPOS RECEPTORES.	44
TABLA 5: DIRECTIVA 91/271 DE LA UNIÓN EUROPEA. REQUISITOS PARA LOS VERTIDOS REALIZADOS EN ZONAS SENSIBLES PROPENSAS A EUTROFIZACIÓN.	45
TABLA 6: LÍMITES MÁXIMOS PARA LOS PERMISOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROVENIENTES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO EN EL LAGO XOLOTLÁN, NICARAGUA. DECRETO EJECUTIVO N° 77-2003	46
TABLA 7: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LAS DESCARGAS DIRECTAS AL LAGO DE ATITLÁN. GUATEMALA. A.G. N°12-2011	46
TABLA 8: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN ESTEROS. A.G. 236-2006	47
TABLA 9: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PROMEDIO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DEL CUERPO RECEPTOR. TABLA 3, APARTADO 5, NC 27:2012	48
TABLA 10: CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGÚN APTITUD DE USO. ANEXO A, CUADRO N°1 DEL REGLAMENTO EN MATERIA DECONTAMINACIÓN HÍDRICA DE BOLIVIA	50
TABLA 11 MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DEL SISTEMA GENERAL. NORMA GUATEMALTECA ACUERDO GUBERNATIVO N° 236-2006	54
TABLA 12. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES CON CARÁCTER GENERAL EN LOS PARÁMETROS MÁS TÍPICOS DE LOS VERTIDOS URBANOS. NORMA GUATEMALTECA ACUERDO GUBERNATIVO N° 236-2006	55
TABLA 13. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES PARA LAS MUNICIPALIDADES EN LOS PARÁMETROS MÁS RELACIONADOS CON LOS VERTIDOS URBANOS. A.G. 254-2019	55
TABLA 14: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE COLIFORMES FECALES. CAPÍTULO V, DECRETO N°21-2017.	56
TABLA 15: PLAZOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES PRINCIPALES DE LA DIRECTIVA 91/271, EN FUNCIÓN DE LAS ZONAS DE VERTIDO Y DE LOS TAMAÑOS DE POBLACIÓN (EN HABITANTES EQUIVALENTES).	57
TABLA 16: COMPARATIVA DE NIVELES DE CALIDAD EXIGIDOS POR LAS NORMAS DE DIFERENTES PAÍSES.	60

CASOS EJEMPLO

BOX 1. EFECTO DE LA LIMITACIÓN DEL VERTIDO EN DIFERENTES POBLACIONES DE BOLIVIA	39
BOX 2. DIFERENCIA DE CRITERIO EN LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS CUBANAS	43

I INTRODUCCIÓN

La protección de la calidad de los recursos hídricos constituye una de las grandes prioridades a nivel mundial, tal y como reflejan los Objetivos de Desarrollo Sostenible y, en concreto, el ODS 6 - Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. La meta 6.3 plantea *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*. Esta meta destaca la importancia de reducir y controlar los vertidos al medio y, por tanto, implica la necesidad de contar con marcos regulatorios que contribuyan al cumplimiento de dicho fin.

En los países de Latinoamérica se han experimentado algunos progresos sustanciales en tratamiento de las aguas residuales en los últimos años, sin embargo, aún quedan muchos problemas por resolver. De hecho, la meta 6.3 es valorada por todo el sector en la región como una de las más difíciles de alcanzar. Dos de los principales problemas que se han encontrado en la región para poder afrontar de una manera adecuada el desarrollo necesario son:

- Carencia de una **planificación** adecuada que tome en consideración todos los aspectos que es necesario desarrollar. Generalmente existe una excesiva orientación al desarrollo de nuevas infraestructuras, sin tener en cuenta los costes operacionales y de mantenimiento que conllevan y el compromiso de las poblaciones para mantenerlos en funcionamiento. Se olvida que el verdadero objetivo del desarrollo es la creación de servicios y no solo de obras.
- Una **regulación sectorial** poco eficiente. Son numerosos los países donde las normativas vigentes presentan problemas en su aplicación y en el logro de sus objetivos, bien por resultar demasiado laxas o demasiado estrictas y, en muchos casos, por carecer de medios para vigilar y asegurar su cumplimiento.

Poder contar con un marco normativo adecuado es un elemento clave para avanzar adecuadamente en el logro de los ODS. Dentro del marco legislativo, las normativas de vertido constituyen el elemento básico que va a condicionar el tipo de tratamiento a implantar y, en consecuencia, su coste de construcción y operación. En un país donde el tratamiento de las aguas residuales esté por desarrollar en su mayor parte, las normas de vertido impuestas a las poblaciones no deberían ser ajenas a esta situación ni a las posibilidades de desarrollo real. Se debería contar con unas normativas incentivadoras, lo suficientemente exigentes para asegurar la solución de los problemas existentes pero, a la vez, que tengan en cuenta la realidad socioeconómica y la capacidad de desarrollo de cada país. Sin embargo en muchas ocasiones las normativas imponen las mismas exigencias y en los mismos plazos a todas las poblaciones, independientemente de su tamaño o de las afecciones que puedan causar.

El estudio que se presenta en este documento tiene por objeto de identificar y analizar los problemas más comunes de las normativas de vertido impuestas a las poblaciones y, con ello, extraer conclusiones que permitan, si se va a modificar una norma, lograr configurar un instrumento que realmente impulse el desarrollo del sector de la mejor forma posible, alcanzando un nivel de cumplimiento más elevado. Su realización ha sido encargada por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España (CEDEX) y se enmarca dentro de la Estrategia Regional de apoyo en

el desarrollo y revisión de la normativa sectorial que impulsa el Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS).

Estrategia Regional de apoyo en la revisión y desarrollo de normativa sectorial en saneamiento

Desde el Departamento del FCAS de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) se está desarrollando una Estrategia Regional de apoyo a diferentes países en la revisión y actualización de la normativa relacionada con el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Si bien el objetivo principal se focalizaba en origen hacia las normas de vertidos urbanos, hay otras regulaciones relacionadas con el tratamiento de las aguas que también es necesario revisar o incluso desarrollar, como serían la de control de vertidos en redes de saneamiento o las normativas de reúso de agua residual y de disposición de lodos de plantas de tratamiento.

La iniciativa del FCAS parte con los objetivos principales de:

- Promover una reflexión a nivel regional acerca de las normativas de vertidos y otras normativas relacionadas (reúso, lodos, etc.), sus implicaciones y la mejor forma de abordarlas.
- Valorar la necesidad de revisión y actualización de ciertos aspectos de la legislación sobre vertidos urbanos y sobre la normativa sectorial.

Como herramientas para el desarrollo de estos objetivos se trabaja en las siguientes:

- La creación de espacios de debate, tanto internos en los países como a nivel regional, donde se aborden conjuntamente todos los aspectos y repercusiones que deberían tenerse en cuenta al desarrollar las normas. El principal objetivo es poder compartir información y experiencias entre los distintos países de la región.
- La realización de estudios de carácter general que puedan ayudar a los países en la revisión o desarrollo de sus normativas, entre los que se encuentra el presente estudio elaborado por el CEDEX.
- La colaboración técnica con los países que lo soliciten para la revisión y/o desarrollo de la normativa sectorial. Actualmente se está colaborando con tres países de la región en la revisión de sus normas.

En definitiva, la Estrategia se plantea como un apoyo para el cumplimiento de los ODS, a través de una mejora en las normativas que sean realistas con la situación de cada entorno y permitan afrontar el desarrollo de la mejor manera posible para, de esta manera, superar las graves carencias existentes, asegurando la sostenibilidad de los servicios creados y la seguridad jurídica en el avance progresivo.

Ámbito y metodología del estudio

En el presente estudio se han analizado las características principales de una serie de normativas de vertidos de la región, con el objeto de tratar de identificar y sistematizar las ventajas e inconvenientes que presenta cada tipología. Se trata, fundamentalmente, de identificar aquellos aspectos que puedan dificultar su aplicación de una forma práctica y exponer diferentes aproximaciones que pueden contribuir a lograr una mejor adaptación a las necesidades reales de cada territorio.

No ha sido un objetivo de este trabajo realizar un análisis exhaustivo de la normativa de todos los países de Latinoamérica, puesto que un exceso de información aportaría un valor añadido muy

limitado al objeto principal del estudio y podría desviar la atención hacia un análisis comparativo de los países, que no es el fin. Sin embargo, sí era necesario contar con un número suficiente de normas que permitiera reflejar la variabilidad de procedimientos que se pueden encontrar y, de esta forma, enriquecer el estudio y su aplicabilidad.

Además, el estudio pretendía ir más allá de un análisis meramente teórico, fundamentando sus razonamientos en el conocimiento de las dificultades reales en la aplicación de las normas y sus consecuencias. Por ello, los países cuyas normativas han sido contemplados en este estudio han sido aquellos donde el CEDEX ha colaborado con el FCAS en el desarrollo de sus programas sobre saneamiento y tratamiento de aguas y, por tanto, cuenta con cierta experiencia en la aplicación de sus normas.

Tampoco se ha tratado de reflejar el estado de las normativas en un momento determinado, dado que lo importante no era tomar una foto de la actualidad, sino analizar los diferentes instrumentos normativos que se pueden utilizar y sus repercusiones. Por ello, este estudio recoge la experiencia de varios años de trabajo en la región, tantos que en alguno de los países en los que se ha trabajado se han conocido diferentes versiones de las normativas.

Los países cuyas normas se han incluido en este estudio son Bolivia, Cuba, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Paraguay y El Salvador, destacando que en el caso de El Salvador y Nicaragua han renovado recientemente sus normativas de vertido, por lo que se manejan dos versiones. Adicionalmente y como contrapunto, se ha incluido en el estudio también la Directiva europea sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, sobre la que se tiene una amplia experiencia de aplicación y aporta la perspectiva de una región donde el tratamiento de aguas se encuentra en general más desarrollado, siendo además una norma que ha sido consensuada por varios países en un procedimiento de negociación y que es de obligado cumplimiento en la actualidad en 27 países, existiendo diferencias muy importantes entre ellos. Un resumen de los aspectos más importantes de cada una de estas normativas se incluye en el anexo de este estudio.

Como aporte a estos estudios, además, ha sido muy valiosa la revisión exhaustiva y detallada que se ha realizado de las normativas de tres de estos países con los que la Cooperación Española está colaborando en la revisión de normativa sectorial, que son Cuba, Guatemala y El Salvador.

Los primeros resultados de este estudio fueron adelantados en la V Conferencia Latinoamericana de Saneamiento LATINOSAN, celebrada en Costa Rica en 2019 y, más recientemente, en el primer Taller virtual sobre Normatividad regional de vertidos y tratamiento de aguas residuales, que fue organizado por la Cooperación Española y la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA). El taller se celebró durante los días 21 a 23 de junio de 2021, con la participación de técnicos y responsables, relacionados con el desarrollo de la normativa de vertido, procedentes de 15 países latinoamericanos y de cuatro instituciones internacionales, AECID, CODIA, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). Este taller se integra también en la Hoja de Ruta de Saneamiento y Depuración de la CODIA, en particular de la línea de actuación “Apoyo a la Revisión de Normativa de Vertidos”, cuyo fin es hacer la normativa más realista y adecuada al desarrollo que se necesite en cada país. Los debates generados en este taller resultaron muy ricos, así como las respuestas recibidas a una serie de cuestiones planteadas que sirvieron para refrendar algunas de las conclusiones de este análisis, así como para identificar nuevos aspectos a considerar. Todo ello ha sido también tomado en consideración en este estudio.

Contenidos del documento

En el presente texto se exponen en primer lugar las cuestiones más generales sobre el marco regulatorio sectorial y, de manera específica, la regulación de vertidos al medio y se resumen los conceptos básicos que es necesario manejar cuando se elabora una norma de vertidos, como son los tipos de contaminantes que se encuentran en las aguas residuales urbanas, sus efectos en el medio y los tratamientos necesarios para reducirlos.

Posteriormente, a partir de la revisión y comparación de todas estas regulaciones estudiadas se propone una sistemática para clasificarlas en función de diferentes características. Cada una de las opciones se analiza con objeto de identificar los pros y contras y sus problemas de aplicación. El fin de este análisis es mostrar las diferentes aproximaciones e instrumentos que se pueden emplear a la hora de desarrollar una norma de vertidos y tratar de establecer en qué situaciones pudiera ser más adecuado aplicar uno u otro.

Posteriormente se incluye un análisis detallado de diferentes problemas técnicos encontrados durante el estudio, ligados a los parámetros seleccionados y las limitaciones establecidas.

Finalmente se presentan, a modo de recomendaciones, unas orientaciones para abordar la revisión de la normativa de vertidos, de tal forma que sirva de apoyo al desarrollo del saneamiento y tratamiento de las poblaciones.

2 GLOSARIO

Siglas

- AECID:** Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
- CEDEX:** Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Organismo autónomo de la administración española.
- CODIA:** Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua
- DBO₅:** Demanda biológica de Oxígeno en cinco días. Es una medida de la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se expresa en mg O₂/L.
- DQO:** Demanda Química de Oxígeno. Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se expresa en mg O₂/L.
- FCAS** Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS).
- NH₄⁺:** Nitrógeno amoniacal, es un compuesto inorgánico de nitrógeno que se forma durante la degradación biológica de compuestos orgánicos del nitrógeno. Si aparece como N-NH₄⁺ se está expresando como nitrógeno en estado amoniacal (mg N/L)
- NMP:** Número más probable. Método de determinación de patógenos. Se realizan inóculos de una serie de diluciones sucesivas de la muestra. La cantidad de positivos y negativos permite obtener una estimación de la densidad de bacterias presentes, a través de la aplicación de cálculos de probabilidad.
- NTK:** Nitrógeno total Kjeldahl, representa la suma de nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el ion NH₄⁺, presentes en una muestra de agua.
- N-total:** Nitrógeno total, comprende el nitrógeno contenido en el NTK, además de los nitritos y nitratos.
- P-total:** Fósforo total, expresado en mgP/L.
- PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales. Entendidas en este texto como aguas residuales provenientes de poblaciones.
- SS o SST:** Sólidos en suspensión totales

Definiciones

Ecosistema léntico: Son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr, ni fluir. El agua permanece un elevado tiempo de retención.

Efluente: Agua que sale de un proceso de tratamiento.

Lodos: Residuos sólidos o semisólidos, provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Dependiendo del país y de las circunstancias también se les denomina fangos o barro.

Muestra compuesta: Combinación de muestras individuales de agua tomadas en diferentes momentos. Generalmente se toman con intervalos regulares y pueden conformarse mediante dos procedimientos: mezcla de volúmenes proporcionales al caudal circulante en cada momento o mezcla de volúmenes iguales.

Sistemas unitarios o combinados: Son redes de alcantarillado y colectores que recogen y conducen tanto las aguas residuales urbanas como los drenajes pluviales.

Sistemas separativos o independientes: Son redes de alcantarillado y de colectores que recogen de manera independiente las aguas residuales urbanas y los drenajes pluviales.

Vertidos especiales o industriales: Son las aguas residuales descargadas por las actividades industriales. Dependiendo del país los vertidos de actividades comerciales o según qué clase de actividades dotacionales se clasifican de una manera u otra.

Vertidos ordinarios: Generalmente, aquellos provenientes de vertidos exclusivamente domésticos. No en todos los países se consideran igual pudiendo ser más similares a los urbanos.

Vertidos urbanos: Son las aguas residuales descargadas por las poblaciones, incluyendo mezclas de efluentes domésticos, institucionales y de pequeñas industrias dentro de las poblaciones y, en su caso, aguas de drenaje pluvial.

3 MARCO NORMATIVO DE LA REGULACIÓN DE VERTIDOS

3.1 MARCO NORMATIVO SECTORIAL

El marco normativo debe dar soporte al desarrollo y a la estabilidad del sector, es decir, las normativas han de constituir un instrumento eficaz para guiar y consolidar el desarrollo del sector. Por ello, es importante tener en cuenta que las normas deben estar en concordancia con la planificación sectorial, y que a la hora de abordar dicha planificación es importante recopilar y analizar la normativa existente para observar cuales son las principales carencias y problemas que pueden surgir para su cumplimiento.

Aunque se ha destacado que la normativa de vertidos puede ser la que tenga una incidencia más directa en el coste del desarrollo, los vertidos de aguas residuales urbanas vienen condicionados y generan otras actividades que en su conjunto deberían estar bien reguladas. Dentro del marco normativo sectorial se puede destacar la regulación de las siguientes actividades:

- Prestación de los servicios de saneamiento y tratamiento de aguas, incluidas sus tarifas.
- Vertidos industriales a colectores.
- Vertidos al medio y calidad de las aguas en el medio
- Gestión de drenajes pluviales
- Reúso de las aguas residuales
- Disposición de lodos de plantas de tratamiento
- Gestión de excretas

Todas estas actividades se encuentran relacionadas entre sí y será importante tener en consideración estas interrelaciones cuando se desarrolle cualquiera de las normas, cuidando de además de que no se produzcan solapes o carencias.

Dependiendo del país, algunos de estos aspectos se encuentran regulados en mayor o menor medida. Así, existen países donde no existe una regulación general de los servicios y otros donde ni siquiera se cuenta con norma de vertidos al medio o de calidad en el medio. Por otra parte, en un número significativo de países no se cuenta con normas suficientemente desarrolladas sobre gestión de lodos ni sobre reúso de aguas residuales.

3.2 REGULACIÓN DE LOS VERTIDOS DE POBLACIONES

Las normativas de protección de las aguas y de vertidos se establecen con el objeto de evitar los impactos en el medio que ponen en riesgo tanto los ecosistemas como los usos aguas abajo. Estas normas deben conformar un marco que obligue a los entes generadores de contaminación a poner los medios adecuados para tratar las aguas residuales y evitar dichos impactos.

Dependiendo del país, el nivel de desarrollo normativo en esta materia y su estructuración puede ser muy diferente, encontrándose generalmente recogidos en varios documentos de distinta jerarquía jurídica. Sea como fuere esta estructuración, generalmente las materias que suelen o que deberían estar reguladas serían las siguientes:

- La prohibición de efectuar vertidos sin autorización. Es conveniente que se realice esta prohibición expresa dentro de la norma, ya que a través de las autorizaciones es más fácil realizar un control efectivo de los vertidos que se realizan al medio receptor de forma directa o indirecta.

- Las posibles diferencias entre tipos de vertidos contaminantes. La gran mayoría de las normas introducen diferenciaciones entre los tipos de vertidos que regula.
 - Urbanos e industriales. Las características físico-químicas de las aguas residuales de tipo urbano o domésticas son diferentes a las que presentan los vertidos industriales. Por esta razón, los contaminantes a controlar y el tratamiento a aplicar en uno u otro caso también serán distintos. Dependiendo del país pueden existir normativas completamente diferenciadas, incluso en el planteamiento por el que se regula cada tipo o, por el contrario, se pueden incluir en un único texto legislativo e, incluso, establecer los mismos límites para ambos.
 - Dentro de los vertidos industriales, los diferentes tipos también pueden limitarse de manera diferente.
 - La cuestión de las poblaciones que presenten una importante carga industrial se resuelve también de formas distintas.
 - Vertidos a colectores. Otro aspecto que es importante regular son los vertidos que se realizan a colectores y sistemas de alcantarillado. Se debe exigir una autorización a los entes generadores de este tipo de vertidos para garantizar que las descargas se realizan cumpliendo con los límites establecidos y, en especial, en el caso de vertidos industriales que contienen sustancias peligrosas. Dependiendo del país estas cuestiones se regulan a nivel nacional, regional o local. Un aspecto crítico suele estar en dotar a las municipalidades de autoridad y capacidad sancionadora para hacer frente al control de estos vertidos.
 - Descarga de pluviales o desbordamientos de sistemas unitarios. En episodios de lluvias se suelen producir desbordamientos que es necesario controlar. Este problema afectará más en el caso de redes de saneamiento unitarias o combinadas, aunque también se manifiesta en las separativas dado que siempre va a existir entrada de aguas de lluvia. Se deberían establecer regulaciones que, al menos, permitan retener y evacuar hacia las estaciones de tratamiento las primeras aguas más contaminadas producidas en estos episodios.
- Procedimiento administrativo para la solicitud y autorización de vertidos. Como ya se ha dicho, las autorizaciones de vertido son herramientas muy útiles para la prevención y control de la contaminación generada por los vertidos. Es necesario que la normativa regule los siguientes aspectos:
 - Información necesaria. Deberá incluir al menos los datos identificativos del titular y de la ubicación del vertido
 - Condiciones para autorizar. Se pueden incluir diversos condicionantes que deberá contener la autorización, como por ejemplo: origen de las aguas residuales, vertidos a los colectores, sistema de tratamiento, localización del punto de vertido, caudal y valores límites permisibles, actuaciones en caso de emergencia, etc.
 - Procedimiento administrativo. Otro aspecto importante es establecer dentro de la norma un procedimiento administrativo claro para la solicitud y para la otorgación de la autorización de vertido, determinando en todo momento cuales son los pasos y plazos a seguir y quienes son las autoridades y responsables.

En algunos países, especialmente allí donde no existe una legislación básica en materia de aguas, no existen los procedimientos específicos de autorización de vertidos aunque suele existir algún tipo de trámite equivalente, derivado de la legislación ambiental.

- Las condiciones que ha de cumplir un vertido para ser autorizado. La forma de establecer estas condiciones puede seguir varios modelos, muchos de los cuales que se van a analizar en este estudio. Los tipos de límites suelen regularse de diferentes formas, como son:
 - Límites de vertido para determinados contaminantes.
 - Tipo de tratamiento exigido.
 - Normas de calidad ambiental a cumplir en el medio.
 - Enfoque combinado entre norma de vertido y norma de calidad en el medio.

En algunas legislaciones, además de los compromisos adquiridos en la autorización, se solicita, pasado un plazo de la autorización o de la puesta en marcha de las instalaciones, algún tipo de verificación del cumplimiento de las exigencias de la autorización.
- Los plazos en los que se deben alcanzar los límites establecidos
- Los requisitos para controlar y evaluar el cumplimiento del vertido. El seguimiento y control del cumplimiento de la norma es un aspecto clave para la correcta aplicación de la misma. Por esta razón, es imprescindible que la normativa regule los siguientes aspectos:
 - Frecuencia y tipo de muestreos. Para realizar un monitoreo adecuado es importante fijar frecuencias para la toma de muestras de los vertidos y en función del tipo de normativas estas frecuencias pueden ser:
 - Fijas o variables por parámetro
 - Fijas o variables por tipo de vertido e importancia (tamaño de población)
 - Evaluación del cumplimiento. Porcentaje de muestras que deben cumplir para considerar la conformidad.
 - Gestión de incumplimientos. Es necesario regular lo que sucede cuando las muestras no cumplen, estableciendo límites superiores o medidas, como por ejemplo el aumento de las frecuencias de muestreo en estos casos.
 - Criterios referentes a la calidad y seguridad de los datos de control.
 - Toma de muestras y analítica
 - Entidades con capacidad para realizarla
 - Cadena de custodia
- La imposición de cánones. Se pueden establecer cánones a los vertidos con el fin de aportar recursos para mejorar el control y la protección del medio receptor. Estos cánones suelen calcularse a partir del caudal y contaminantes vertidos. No se deben confundir con las tarifas o tasas de saneamiento que se impondrían por el operador a los usuarios de un sistema de saneamiento para costear el servicio. En este caso se trata de un canon para atender los costes del control de las aguas y los vertidos y se cobraría por las autoridades hídricas a los responsables del vertido (que a su vez trasladarían a los usuarios mediante las tarifas)
- La asignación de responsabilidades. En algunos países puede haber autoridades distintas, dependiendo de la cuenca o del medio receptor, pero en todos los casos deberían quedar perfectamente establecidas.
 - Las autoridades responsables de autorizar vertidos, de controlarlos y de controlar las afecciones al medio.
 - Las autoridades con capacidad para sancionar.
 - Las responsabilidades de los usuarios
- El procedimiento sancionador. El establecimiento de un procedimiento sancionador adecuado es clave para poder hacer efectivo el cumplimiento de la norma. Los procedimientos sancionadores deben ser coherentes con principios típicos del derecho ambiental, como el de cautela, prevención, corrección de la contaminación en la fuente y quien contamina paga.

- Identificación de faltas y clasificación. Es importante que todas aquellas acciones (o inacciones) que sean constitutivas de infracción estén tipificadas correctamente en la norma, estableciéndose una clasificación entre aquellas que se consideren más o menos graves en función del perjuicio que puedan llegar a ocasionar.
- Identificación de sanciones. Cada falta deberá ir acompañada de una multa o sanción para el posible infractor, y que además deberá perseguir la reparación del daño causado, respetando el principio de proporcionalidad.
- Procedimiento administrativo. La tramitación de un expediente sancionador debe estar regulado adecuadamente en la norma

Idealmente todas las autoridades con capacidad para autorizar, deberían tener capacidad para sancionar por lo menos hasta un grado de gravedad determinado. Tanto las autoridades hídricas como las autoridades locales que autorizan los vertidos a colector.

La diversidad de marcos normativos e institucionales en los países iberoamericanos, incluso solo en los que se han incluido en este análisis, resulta tan amplia que sería muy complejo aportar siquiera una síntesis. Sin embargo, de toda la normativa, lo que más va a condicionar el desarrollo del tratamiento de aguas en cada país es la referente a los límites que se impongan a los vertidos, que condicionan en cada sitio los rendimientos de tratamiento que se deben alcanzar, así como los plazos para alcanzarlos (CEDEX, 2017), por lo que es en estos aspectos donde se centra el análisis.

4 ASPECTOS BÁSICOS

Lo que se pretende con la limitación de los vertidos a las poblaciones es reducir la descarga de contaminantes al medio, de tal forma que se eviten el deterioro de los ecosistemas y las posibles afecciones a los usos. Por tanto, resulta esencial conocer los tipos de contaminantes que se generan en las poblaciones y los efectos que pueden provocar en el medio receptor, así como los tratamientos que se pueden aplicar para reducirlos.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

No se pretende en este apartado realizar una exposición amplia sobre calidad de aguas, que no es objeto de este documento, sino solamente recordar cuáles son los contaminantes típicos de las aguas residuales urbanas y destacar una serie de aspectos que deberían ser tenidas en cuenta en el establecimiento de los límites de vertido.

La composición de las aguas residuales de tipo urbano o asimilable puede ser muy distinta en función de la dotación de agua, el tipo de población, su actividad y sus hábitos de consumo, la presencia de pequeñas o grandes industrias integradas en los núcleos de población, etc. Sin embargo, lo que más caracteriza a este tipo de aguas es que presentan una contaminación fundamentalmente orgánica y que, por tanto, son biodegradables en un alto porcentaje.

4.1.1 Contaminantes típicos de las aguas residuales urbanas

A continuación se detallan los principales parámetros utilizados para evaluar el nivel de contaminación de las aguas residuales urbanas, así como para comprobar el nivel de eficacia de las estaciones de tratamiento de aguas residuales.

- **Sólidos totales.** Dentro de los agentes físicos, los sólidos totales se subdividen a su vez en sólidos disueltos y sólidos en suspensión o filtrables. Estas estimaciones suelen realizarse una vez se han retirado los grandes sólidos, que generalmente se eliminan en el pretratamiento. Los sólidos presentes en el agua residual urbana pueden presentar orígenes y características muy diferentes.
- **Sólidos disueltos (SD).** son el contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran retenidas en el líquido y que son lo suficientemente pequeñas para atravesar una membrana de filtración de 0,45 micras. Los sólidos disueltos determinan la salinidad de las aguas y generalmente se evalúan por medio de la conductividad eléctrica, que es una medida sencilla que puede realizarse incluso in situ. En este contenido generalmente la mayor influencia es debida a las condiciones del agua de abastecimiento. Si bien, en algunos casos, ya sea por aportes industriales o por infiltraciones de agua de mar o de otro tipo, las aguas residuales pueden presentar contenidos en salinidad muy diferentes a las del abastecimiento.
- **Sólidos en suspensión (SS ó TSS).** Es el parámetro más importante entre los sólidos a la hora de determinar el tratamiento a aplicar. Puede definirse la materia en suspensión, desde un punto de vista analítico, como la materia que queda retenida tras hacer pasar las aguas residuales a través de un filtro de 0,45 micras de tamaño de poro. Aunque los SS tienen diferentes orígenes, en general, los sistemas unitarios suelen tener un contenido mayor, debido a los sólidos que se arrastran por el lavado de las vías públicas. Por otra

parte, dentro de los sólidos en suspensión se puede diferenciar entre sólidos sedimentables y no sedimentables.

El valor de este parámetro condiciona en gran medida la producción de lodos de la planta de tratamiento. La proporción en los lodos entre sólidos fijos y volátiles (o, respectivamente, inorgánicos y orgánicos) condiciona las necesidades de tratamiento de estabilización y su funcionamiento.

- **Sólidos sedimentables.** Dentro de los sólidos en suspensión, una parte será coloidal o de densidad tal que presente una mala sedimentabilidad. Los sólidos sedimentables serían aquellos que pueden decantar de una forma no forzada cuando el agua está en reposo y se determinan generalmente in situ con la utilización de un cono Imhoff.

Realmente este parámetro no sería un indicador importante de contaminación para las aguas, ya que debido a su tamaño y sedimentabilidad estos sólidos son fácilmente removibles mediante procesos mecánicos o físicos. Se trataría más bien de un parámetro útil para el control del tratamiento. Por tanto, no parece lógico introducirlo como parámetro de control del vertido, salvo que la obligación que se haya impuesto sea la de realizar un tratamiento de sedimentación. Si, por ejemplo, para las pequeñas poblaciones solo se impusiera la condición de realizar un primario (fosa séptica o similar), el cumplimiento podría comprobarse con la determinación de este parámetro, lo que simplificaría mucho el control.

- **pH.** Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno presente en las disoluciones y, por tanto, del equilibrio entre bases y ácidos. Si las aguas residuales urbanas no contienen vertidos industriales, el pH se sitúa normalmente en valores cercanos a la neutralidad, entre 6,5 y 8,5, y no suponen ningún riesgo para el medio ambiente ni para los posibles usos del agua. Si se ha producido alguna contaminación industrial y las aguas se encuentran fuera de este rango, sí pueden generar efectos adversos tanto en el medio como en los procesos de tratamiento, por lo que va a ser necesario neutralizar las aguas incluso antes del tratamiento. Su medida es sencilla y se puede realizar con un pH-metro (electrometría de electrodo selectivo).
- **Temperatura.** La temperatura en las aguas residuales urbanas suele ser más elevada que la de los cauces donde se vierte, si bien, por la relación de caudales no suele ser una afección importante. Sin embargo, un aspecto muy importante de la temperatura es que va a condicionar los procesos de tratamiento, especialmente los procesos biológicos. Como norma general, a menor temperatura más se va a ralentizar el proceso de degradación que realizan los microorganismos. Sin embargo a mayor temperatura menor solubilidad del oxígeno en el agua. Su medida es sencilla y se realiza in situ. Por otra parte, en los sistemas unitarios las entradas de agua de lluvia pueden producir variaciones en la temperatura que afecten a algunos procesos de tratamiento, como los anaerobios. Generalmente la temperatura no es un parámetro que se intente corregir en la planta de tratamiento pero, en los procesos con elevados tiempos de retención, como el lagunaje, la temperatura de salida va a venir determinada por su estancia en las instalaciones.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** La principal afección que se genera cuando se contamina un medio con materia orgánica va a ser la elevada demanda de oxígeno producida por los organismos que la degradan. Si la contaminación es elevada, el medio puede quedar en condiciones anóxicas, afectando gravemente al ecosistema. La demanda de oxígeno (consumo de oxígeno que se produce en una muestra) es un método indirecto

de medir la cantidad de materia orgánica presente en el agua que está asociado, además, con el tipo de impacto que genera. Así, la demanda bioquímica de oxígeno sería una medida de la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos.

Para que se produzca el consumo de oxígeno de una muestra y poder tomar la medida es necesario que transcurra un tiempo para que se genere el cultivo bacteriano que oxide toda la materia orgánica. El consumo total de oxígeno que se puede producir generalmente se alcanza más allá de los 20 días, pero normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO_5) y a 20° de temperatura (recordar la influencia de la temperatura en los procesos biológicos) y se expresa en $mg\ O_2/L$. En estos 5 días ya se ha consumido una parte importante de la materia orgánica y se ha adoptado internacionalmente como una medida estándar.

La medición de la DBO entraña cierta complejidad puesto que, al depender de procesos biológicos, es necesario tomar la muestra y conservarla en frío y reducir al mínimo posible la demora en la analítica, puesto que se podría alterar. Si existiera algún tóxico o un pH extremo, debería neutralizarse previamente para poder realizar la medición. Además, generalmente es necesario realizar varias analíticas con distinto grado de dilución de la misma muestra, con objeto de que se mantenga en los márgenes donde es posible medir. Además, por las propias características del método analítico, es necesario esperar cinco días para tener el resultado.

En las aguas residuales la materia orgánica se va a encontrar tanto en forma soluble como coloidal y particulada. En un agua residual urbana típica, la fracción soluble de la DBO_5 es del orden del 40%, siendo el 60% restante la fracción particulada (suspendida) (Henze y Comeau, 2008). La forma en que se encuentre va a determinar la forma en que se puede retirar mediante los tratamientos posteriores así como en la facilidad para ser biodegradada.

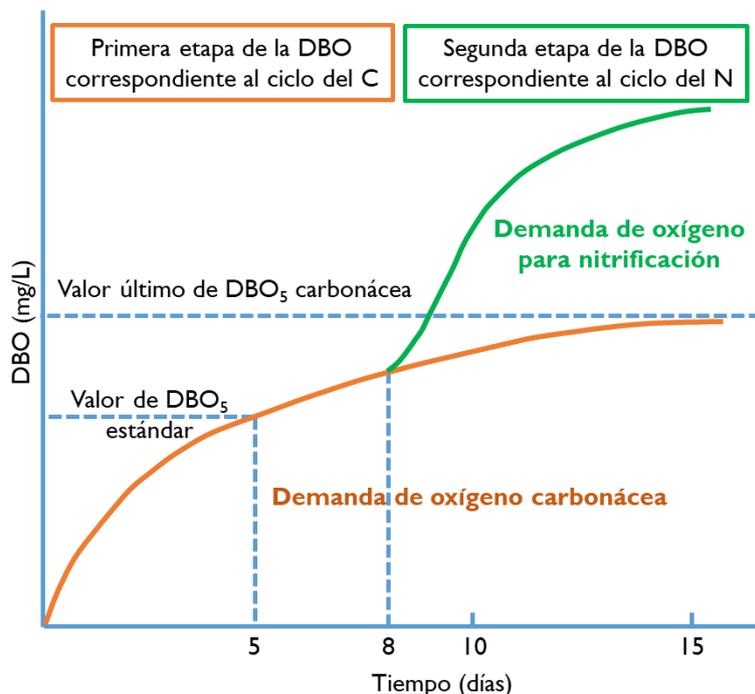


Figura 1 Evolución de la DBO en función del tiempo. Adaptado de: Trapote Jaume, A (2011)

Normalmente, en las aguas residuales urbanas el consumo de oxígeno no va a ser solo debido a la oxidación de la materia orgánica sino también, en cierta medida, a la oxidación del nitrógeno orgánico y amoniacal. Puesto que la oxidación de la materia orgánica es

energéticamente más favorable y las bacterias responsables de la oxidación del amonio tienen tasas de crecimiento y reacción más lentas, esta se va a empezar a desarrollar transcurrido un tiempo. Debido a que también este proceso está muy condicionado por la temperatura, se producirá antes o después dependiendo de la temperatura del agua. En una analítica estandarizada a 20° la curva típica de consumo de oxígeno sería la que se muestra en la figura 1.

En la medida de la DBO₅ de agua sin tratar o de agua tratada donde se haya producido un proceso de nitrificación, el tiempo de incubación de 5 días no es suficiente para que comience el desarrollo de una nitrificación y, por tanto, la DBO representa únicamente la medida de la contaminación orgánica o carbonada. Sin embargo, si en el agua tratada no nitrificada ha comenzado un proceso de nitrificación, una cierta cantidad de las bacterias nitrificantes presentes continuará la nitrificación durante los 5 días de incubación, por lo que los valores de DBO pueden ser superiores a los reales. Por ello, se debería inhibir la nitrificación, para lo que existe un procedimiento normalizado por medio de una acidificación con alitiourea (ATU) de la muestra y posterior neutralización y siembra. Este tipo de DBO se conoce también como DBO-ATU.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).** Además de la materia orgánica presente en el medio que es degradable por vía biológica, puede haber otra materia orgánica que no es biodegradable u otra de materia inorgánica que es también oxidable (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc.). La DQO es un parámetro indicador de la cantidad de materia susceptible de ser oxidada por vía química.

Para su determinación, en lugar de un cultivo biológico, se emplean oxidantes químicos y se puede contar con resultados, por tanto, mucho más rápidamente que con la DBO. Como en el caso de la DBO, se deben tomar precauciones para conservar la muestra y evitar que se produzcan reacciones biológicas antes de la analítica que puedan alterar el resultado. Sin embargo, en este caso se puede fijar la muestra con reactivos químicos puesto que se trata de anular la actividad biológica, lo que facilita la logística.

La DQO se expresa igualmente en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L) y debe ser una medida igual o superior a la DBO, dado que mide el total de la materia oxidable, de la que la orgánica biodegradable es solo una parte.

- **Nitrógeno (N).** Después de la materia orgánica, se trata quizá del siguiente contaminante en importancia de las aguas residuales urbanas. El nitrógeno se suele encontrar siempre en concentraciones significativas en el agua residual urbana y puede estar presente en diversas formas en el agua bruta y en el agua tratada y, dependiendo de la forma en la que se encuentre, puede producir diferentes efectos. Como se acaba de exponer, cuando se encuentra en sus formas más reducidas (nitrógeno orgánico y amoniacal), que es lo más característico en aguas residuales urbanas sin tratar, produce un consumo de oxígeno disuelto de las aguas superficiales y, además, el amoníaco (que siempre se encuentra en una fracción en equilibrio con el ion amonio en disolución) va a ser tóxico para el ecosistema acuático. Las formas más oxidadas como el nitrato y especialmente el nitrito (que igualmente se puede encontrar en una fracción dependiendo de las características y de los procesos bioquímicos que se produzca en el medio) entraña un riesgo para la salud pública. Pero, además, quizá la afección más característica es que las especies del N y junto al fósforo, son responsables de la fertilización de las aguas que, en ecosistemas acuáticos con elevados tiempos de retención (ecosistemas lénticos) pueden generar el crecimiento

desmesurado de organismos fotosintéticos, lo que supone un incremento de la materia orgánica con todos los efectos que conlleva. Este proceso se conoce como eutrofización. Generalmente y con objeto de facilitar los balances, en el sector del tratamiento de aguas las diferentes especies del nitrógeno se expresan en peso de N equivalente y se identifica porque se señala con una "N" al principio. Así se habla del nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) y del nitrógeno como nitrato ($\text{N-NO}_3\text{H}$). Es de destacar que, por el contrario, en calidad de aguas y en gran parte de las normas de vertidos las concentraciones que se establecen hacen referencia al compuesto completo, por lo que se debe tener cuidado en no comparar medidas diferentes.

- **Nitrógeno total Kjeldhal (NTK).** Mide la suma de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal y suele ser todo el nitrógeno que se encuentra en aguas residuales urbanas sin tratar. El nitrógeno orgánico se encuentra asociado a moléculas orgánicas como las proteínas, ácidos nucleicos o metabolitos como la urea y el ácido úrico. Se determina en laboratorio mediante digestión en medio sulfúrico y catalizador de sulfato mercúrico, alcalinización posterior y fijación en ácido bórico. No se debe confundir con el Nitrógeno Total que incluiría todo el nitrógeno, independientemente de la forma en que se encuentren. En algunas de las normativas revisadas se ha visto que se emplean indistintamente estos dos términos, cuando son diferentes, llevando a confusión.
- **Nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+).** En condiciones naturales el amonio en aguas superficiales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente. Una característica particular es que dependiendo del pH puede variar la forma en que se presenta. A pH ácido permanece disuelto en el agua como ion amonio mientras a pH alcalino se transforma en gas amoniaco el cual es susceptible de volatilizarse al ambiente. El gas amoniaco es sumamente irritante y potencialmente mortal en concentraciones elevadas afectando especialmente a la vida acuática. Se determina en laboratorio mediante espectrofotometría de adsorción o bien electrodo selectivo.
- **Fósforo (P).** Es otro de los nutrientes principales presentes en el agua residual urbana y, junto con el nitrógeno, es responsable de la eutrofización. La principal fuente de fosfato en las aguas residuales urbanas suele ser el uso de detergentes. En un agua residual se puede encontrar en tres formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos. Se determina en laboratorio mediante espectrofotometría, siendo necesaria la digestión previa de los polifosfatos en fosfatos
- **Aceites y Grasas.** Son sustancias de procedencia doméstica y/o industrial (generalmente no biodegradables), que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie originando natas. Además pueden interferir en la transferencia de gases. Es un contaminante que se presenta generalmente en concentraciones que no van a suponer un problema en el medio si se realiza un tratamiento simple de reducción (generalmente en el pretratamiento). Sin embargo pueden producirse problemas si hay vertidos industriales a la red o si, por ejemplo se trata de pequeñas poblaciones turísticas con una densidad importante de restaurantes.
- **Organismos patógenos.** Proceden de los desechos del metabolismo humano o animal. Entre los principales organismos patógenos presentes en las aguas residuales urbanas se encuentran: bacterias, virus, protozoos y helmintos. Su efecto es principalmente de riesgo sanitario para los usos humanos del agua. El principal indicador de contaminación fecal son los **Coliformes** (totales y fecales), ya que su presencia es más numerosa y fácil de identificar

y su presencia se relaciona con la presencia de otros microorganismos patógenos. Se determinan en laboratorio por diferentes métodos.

En general para todos los parámetros, el impacto que pueden producir va a ser menor cuanto mayor sea la dilución en el medio receptor. Parámetros como la materia orgánica o el amonio van a generar más o menos efecto dependiendo de la concentración resultante de esta dilución. Si bien en algunos casos, este impacto potencial va a estar más relacionado con la carga contaminante aportada que con la concentración que se produce tras la dilución. Por ejemplo, lo que va a determinar la eutrofización de un medio léntico, donde el agua permanece un tiempo de retención importante, va a ser la carga en nutrientes recibida (tanto por descargas directas como por los tributarios) durante ese tiempo.

En el caso de los organismos patógenos, al encontrarse en concentraciones tan elevadas, la dilución requiere ser muy importante para asegurar que no existen riesgos. Si bien, el impacto de estos parámetros se va a producir fundamentalmente sobre los usos humanos que puedan verse afectados (zonas de baño o de abastecimiento, por ejemplo) más que sobre los ecosistemas.

Las concentraciones que se pueden encontrar en las aguas residuales urbanas de los diferentes contaminantes pueden variar significativamente de un lugar a otro. En la tabla I se reproducen los valores de concentraciones tipo recogidos en un manual de referencia del sector con objeto de mostrar el orden magnitud en el que se pueden encontrar dichas concentraciones.

Tabla I Composición típica de las aguas residuales urbanas, adaptado de Metcalf & Eddy 2014

Parámetros	Contaminación		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales (ST) (mg/L)	1.200	700	350
Sólidos en suspensión (SS) (mg/L)	350	220	100
Sólidos Sedimentables(SSs) (mL/L)	20	10	5
Sólidos Disueltos (SD) (mg/L)	850	500	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/L)	400	220	110
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	1.000	500	250
Carbono Orgánico Total (COT) (mg/L)	290	160	80
Nitrógeno Total (NT) (mg/L)	85	40	20
Nitrógeno Orgánico (N-NO) (mg/L)	35	15	8
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3) (mg/L)	50	25	12
Fósforo Total (PT) (mg/L)	15	8	4
Fósforo Orgánico (PO) (mg/L)	5	3	1
Fósforo Inorgánico (PI) (mg/L)	10	5	3
Aceites y Grasas(mg/L)	150	100	50
Coliformes totales (NMP/100 mL)	10^7 - 10^9	10^7 - 10^8	10^6 - 10^7
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	10^6 - 10^8	10^6 - 10^7	10^5 - 10^6

Teniendo en cuenta que el impacto generado en cada caso va a depender de la magnitud del vertido y de la capacidad de dilución y sensibilidad del medio receptor, en principio no parece que haya una razón para establecer los mismos límites en todos los casos.

Finalmente, un aspecto que se debe destacar también es la dificultad para obtener determinaciones analíticas rigurosas de los diferentes contaminantes. Dependiendo del parámetro, se tendrá también una complejidad diferente para su determinación, que viene dada tanto por los requerimientos para el muestreo, como para la analítica y, lo que puede llegar a ser más determinante, las exigencias de plazos y conservación de las muestras hasta el momento en que se pueda analizar. Estos

requerimientos pueden implicar un coste muy elevado o incluso hacer imposible el control de un vertido si se encuentra en una ubicación muy remota, alejada de cualquier laboratorio certificado.

4.1.2 Variabilidad en las características del agua urbana

Los valores mostrados en la tabla I representarían unas condiciones de valores medios en escenarios típicos de EEUU, pero las concentraciones en el agua residual urbana están muy lejos de ser constantes y se van a producir importantes variaciones regionales, locales, horarias, diarias y estacionales.

A lo largo del día se producen importantes variaciones de caudal y cargas contaminantes, respondiendo a los ritmos de la población y de las actividades de la ciudad.

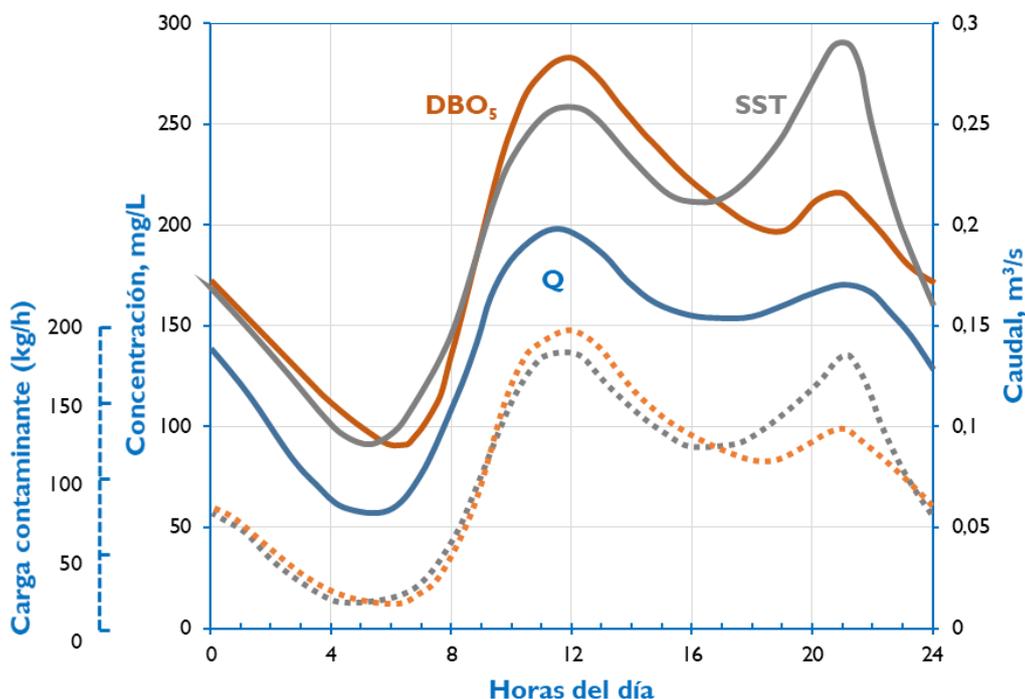


Figura 2: Variación horaria de caudales y cargas contaminantes. Adaptado de Metcalf & Eddy (2014).

Asimismo, de un día para otro también se producen variaciones importantes, siendo muy común un cambio en las cargas vertidas y las puntas diarias los fines de semana. También estacionalmente se suelen producir condiciones diferentes (al menos entre la temporada seca y de lluvias) y mucho más pronunciadas si la población tiene cierto carácter estacional (poblaciones turísticas o con actividades ligadas a la agricultura). Todas estas variaciones van a ser mucho más pronunciadas cuanto más diversidad de actividades existan en la ciudad (turismo, industria, etc.) y se van a evidenciar en mayor medida cuanto menor sea el tamaño de la población. En la figura 3 se muestra un ejemplo de la gran variabilidad que se puede detectar en una ciudad con un importante carácter estacional y que además recibe una carga industrial importante.

Las concentraciones en el agua residual son el resultado de la dilución de unas cargas contaminantes en unos caudales y, puesto que tanto los caudales consumidos como las cargas generadas por habitante pueden variar de una población a otra, se pueden encontrar situaciones muy diversas, pudiendo diferir muy significativamente de los valores típicos que presentan los manuales más reconocidos internacionalmente. Incluso las condiciones medias a nivel país pueden estar muy alejadas de las que se muestran en la tabla I. Por ejemplo, en España, salvo que la población tenga

una carga contaminante industrial importante, el valor de la concentración de DQO siempre suele encontrarse por debajo del doble de la DBO_5 , mientras que en la tabla I la relación DQO/DBO_5 siempre está por encima de dos. Además, en las regiones del país con mayor escasez de agua (donde más se optimiza el consumo), las concentraciones habituales en el agua residual superan muy significativamente los valores denominados en la tabla como de “contaminación fuerte”. A continuación se analizan los principales aspectos que pueden incidir en estos dos aportes.

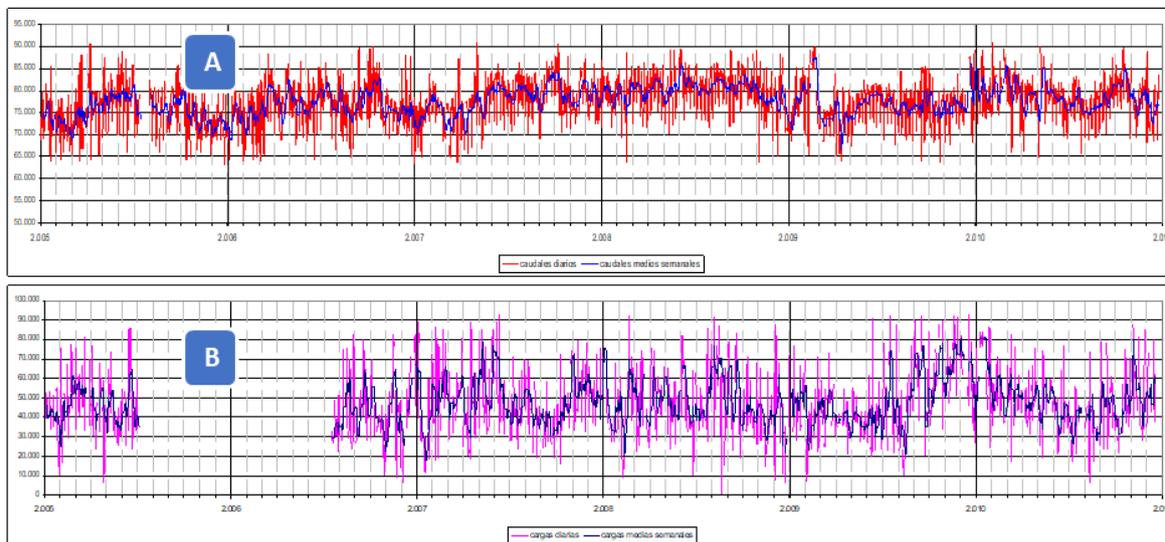


Figura 3: Variación de caudales diarios (m^3/d) (A) y cargas contaminantes de ($kg DBO_5/d$) (B) recibidas en la PTAR de Palma de Mallorca (España) entre los años 2005 y 2015.

Los aportes de contaminantes

En un vertido urbano, la fuente básica de contaminación es el aporte doméstico. Las cargas per cápita diarias de contaminación pueden ser muy variables y van a depender del nivel socioeconómico, de los hábitos alimenticios y de higiene de la población, así como de si la actividad laboral principal se realiza dentro de la misma población o no. En Latinoamérica se pueden encontrar cargas per cápita que superan los $50 g DBO_5/(hab \cdot d)$ para las poblaciones urbanas de mayor nivel socioeconómico hasta cargas por debajo de los $20 g DBO_5/(hab \cdot d)$ en poblaciones rurales.

Además de las cargas domésticas, el siguiente factor que va a condicionar los contaminantes presentes, evidentemente, sería la presencia de vertidos industriales en los colectores. Estas descargas no solo generan un incremento de las concentraciones de los contaminantes típicos sino que pueden aportar otro tipo de contaminantes mucho más peligrosos y tóxicos, característicos de los vertidos industriales. Estos contaminantes industriales pueden generar diferentes problemas:

- Algunos de ellos no va a ser posible reducirlos en tratamientos convencionales, vertiéndose al medio en concentraciones por encima de los límites establecidos.
- Pueden llegar a ser tóxicos para los procesos biológicos de una planta convencional, arruinando el tratamiento de todos los contaminantes.
- Aunque no fueran tóxicos o peligrosos y se trate simplemente de carga orgánica, podrían sobrecargar la instalación, generando un mal funcionamiento y rendimiento.
- Incluso aunque se puedan reducir, pueden a contaminar los lodos (metales pesados), dificultando y encareciendo su disposición.

La falta de control real sobre los vertidos industriales en los colectores es uno de los problemas más comunes y graves del saneamiento en Latinoamérica.

Como para cualquier otra singularidad, un aporte industrial se dejará sentir en mucho mayor grado en las pequeñas poblaciones por su reducida capacidad de dilución.

Los aportes de caudal

Entre los factores que condicionan los caudales de agua residual estarían, en primer lugar, las dotaciones de abastecimiento, que presentan importantísimas variaciones entre regiones y poblaciones. En Latinoamérica se pueden encontrar casos que van de los 600 L/hab/d en zonas cálidas, sin control de caudales y con importantes pérdidas internas en las viviendas, hasta menos de 50 L/hab/d en zonas frías y áridas de carácter muy rural. Consecuentemente, se generarán diluciones muy diferentes en los contaminantes aportados.

También va a tener mucha importancia la tipología de las redes de saneamiento, si se trata de sistemas combinados o de sistemas separativos. En momentos de lluvia las características del agua residual se verán mucho más alteradas en los sistemas unitarios que en los separativos, si bien estos últimos también se suelen incrementar en cierto grado, debido a las conexiones cruzadas y a las infiltraciones.

Adicionalmente, pueden producirse entradas a las redes de alcantarillado de aguas parásitas de diferentes procedencias, como son: infiltraciones por un nivel freático elevado o por pérdidas en abastecimiento; entrada de agua de mar en colectores costeros; integración de pequeños cauces o de drenajes; fuentes públicas con aportes constantes en pequeños pueblos, etc. Todos estos aportes generarán unos mayores caudales de aguas residuales pero diluirán la concentración de muchos contaminantes. Generalmente sus efectos se manifiestan también en mayor grado en las pequeñas poblaciones.

Debido a la variabilidad de las aguas residuales, una caracterización adecuada de las mismas realmente no se puede lograr con una muestra puntual, ni siquiera aunque sea una muestra compuesta diaria. Para conocer las características del vertido se deberían realizar campañas semanales de muestras compuestas diarias en cada uno de los momentos del año en que cambien las condiciones, al menos en época seca y de lluvias. Obviamente si hay vertidos industriales a colectores con carácter estacional, debería muestrearse también en el periodo de actividad industrial.

Teniendo en cuenta toda esta variabilidad y los factores que pueden influir, es fácil entender que el impacto que puedan producir en el medio el vertido de poblaciones con caudales y cargas distintas, va a ser también muy diferente.

Cuando en un país se afronte el gran desarrollo del tratamiento de las aguas residuales es fundamental que se realice un estudio que permita caracterizar las aguas residuales para sus tipos principales de población.

4.1.3 Relaciones entre parámetros

Aunque pueda haber una concentración mayor o menor, en aguas residuales típicamente urbanas (sin aportes industriales significativos), los diferentes contaminantes suelen presentar unas relaciones entre sí que suelen mantenerse dentro de un rango. Estas relaciones, sin embargo, van a ir variando en función de los tratamientos que se vayan aplicando. El orden de magnitud que

presentan los diferentes contaminantes, así como las relaciones entre ellos debería ser tomado en consideración a la hora de establecer los límites de vertidos urbanos.

Ya se han mencionado las relaciones entre la DQO y la DBO₅ debidas a que ambas mediciones hacen referencia a la materia oxidable, aunque la DBO solo contemplaría la que es biodegradable. Esta relación suele estar por debajo de 2, al menos en España y en muchos países de Latinoamérica. Relaciones por encima de este valor estarían indicando la presencia de una contaminación industrial. De este modo, la relación DBO₅/DQO en un agua residual aporta información muy útil para conocer su grado de biodegradabilidad. Aguas residuales que presenten valores de la relación DBO₅/DQO iguales o superiores a 0,4, se consideran aguas muy biodegradables, entre 0,2 y 0,4 son aguas biodegradables, mientras que si la relación es inferior a 0,2 las aguas son muy poco biodegradables, por lo que no es adecuado utilizar procesos biológicos para su tratamiento, siendo necesario recurrir a la aplicación de procesos fisicoquímicos.

También resulta interesante destacar la relación entre la materia orgánica y los nutrientes. Como orden de magnitud, el nitrógeno suele estar en valores en torno al 20 % de la DBO₅ y el fósforo un 20% del nitrógeno. Las relaciones entre estos valores se pueden apreciar en la tabla I.

Evidentemente, dada la gran variabilidad de las aguas residuales, se podrá entender que todas estas relaciones pueden tener también variaciones significativas de un lugar a otro. Incluso podrían sufrir modificaciones a lo largo del tiempo con la evolución de las condiciones de vida de la población. En España, por ejemplo, se está detectando tendencias al incremento en la composición de N en algunas grandes ciudades, que no se ve correspondida con aumentos en la DBO ni en el P. No está todavía claramente estudiado pero se piensa que puede tener influencia un cambio en la alimentación, con un mayor consumo de proteínas.

Se debe tener en cuenta que, cuando el agua residual se somete a un tren de tratamiento, en cada etapa se producen diferentes procesos que afectan de manera distinta a cada contaminante. Por ello, no se puede esperar que las aguas tratadas mantengan las mismas relaciones entre parámetros que se encontraban en la entrada. Por el contrario, van a evolucionar de manera distinta y presentarán relaciones diferentes tras cada etapa de proceso. Esta evolución se podrá ver en el apartado siguiente donde se sintetizan los tipos de tratamiento más comunes.

4.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO CONVENCIONALES

El tratamiento de las aguas residuales urbanas tiene como objetivo básico transformar el agua residual bruta en un efluente tratado, que cumpla con la legislación vigente para el vertido. Es importante destacar que el tratamiento se logra mediante unas instalaciones que tienen unos costes importantes tanto en implantación como en operación y mantenimiento. Dependiendo de los límites impuestos y de las circunstancias locales podrá ser necesario implantar un tipo de tratamiento u otro. En este texto se pasa revista de forma muy superficial a los tratamientos más comunes, con objeto de mostrar la magnitud y complejidad de las instalaciones que puede ser necesario construir y mantener. Muchas de las poblaciones de menor tamaño en la región no van a disponer de medios suficientes para construir y sostener estas instalaciones, sobre todo las más complejas.

4.2.1 Tipologías de tratamiento

En las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) se somete a las aguas residuales a una serie de tratamientos concatenados, que tienen por objeto reducir las concentraciones de los contaminantes por debajo de los límites de vertido recogidos en la normativa medioambiental vigente. La clasificación más común de los procesos de tratamiento se realiza diferenciando en las etapas que comprende el tratamiento, tal como se muestra en la figura 4.

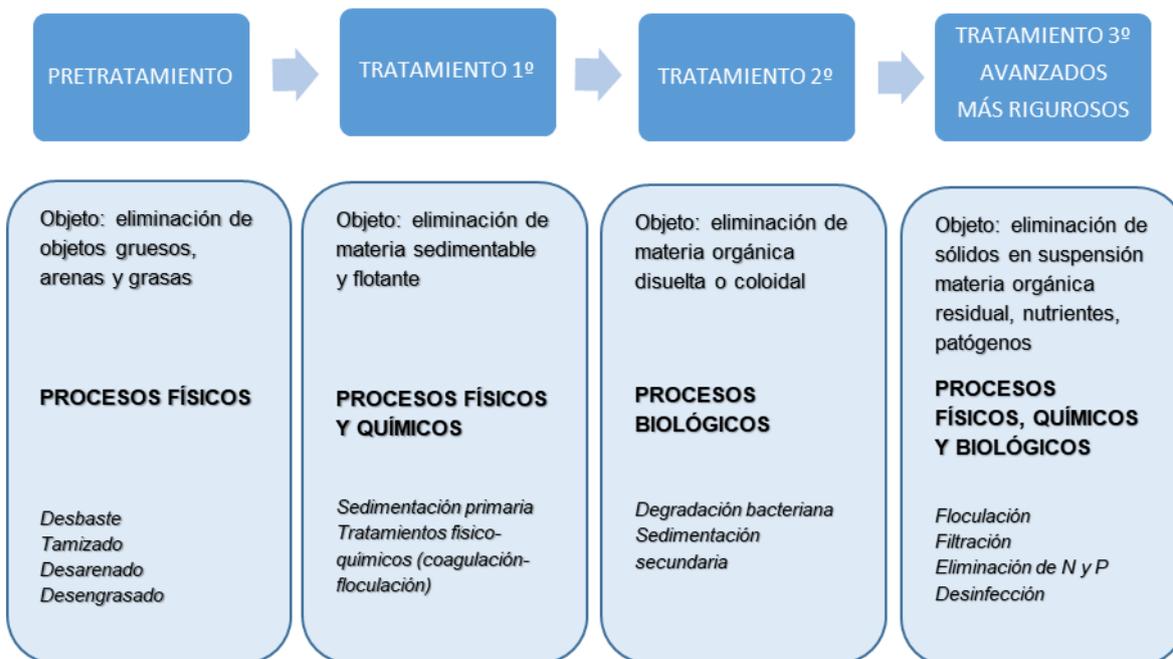


Figura 4: Clasificación de los procesos de tratamiento

Aunque esta es la clasificación clásica y está muy extendida, hay algunos tipos de tratamiento que resultan difícil de encajar en estas categorías, como pueden ser el caso de los reactores anaerobios de flujo ascendente que, por ubicación en la cadena de tratamiento irían en la posición de los tratamientos primarios pero que realmente constituyen un tratamiento biológico con unos rendimientos en materia orgánica muy superiores a los esperables en un primario convencional. Por otra parte, los tratamientos avanzados de eliminación de nutrientes, aunque se denominen terciarios en muchos países, suelen desarrollarse conjuntamente con el tratamiento secundario.

Adicionalmente a los tratamientos de la línea de agua, los procesos generan un lodo que también va a necesitar ser tratado. Dependiendo del tratamiento adoptado en la línea de agua, el lodo va a requerir o no de un tratamiento de estabilización y, en general, en todos los casos va a ser necesaria una deshidratación para poder manejarlo y transportarlo a su destino final.

En las instalaciones más complejas de mayor tamaño también puede ser muy importante la línea de biogás generado e, incluso, la recuperación de energía a partir del mismo.

Son muchos los tratamientos y tipologías de tecnologías que pueden emplearse en la depuración de las aguas residuales y en cada caso se deberá optar por el más adecuado que va a depender de las circunstancias locales. A continuación se muestra un breve resumen de las tipologías de tratamiento.

Pretratamientos:

Esta primera etapa consta de una serie de operaciones físicas y mecánicas que tienen como objeto separar el agua residual de los sólidos gruesos, arenas y grasas, que pueden ser el origen de

problemas en las siguientes etapas del tratamiento. Dentro de esta fase se contemplan las etapas de desbaste, desarenado y desengrasado.

Existen diferentes equipos y configuraciones para realizar estas operaciones, que van desde rejas y canales de desarenado manuales, de menor coste de implantación y operación, más recomendados para pequeñas poblaciones, hasta tamices automatizados y desarenadores-desengrasadores aireados.

En algunas ocasiones cuando se cuenta posteriormente con un lagunaje, se ha prescindido del desarenado o incluso de todo el pretratamiento, con objeto de evitar elementos de proceso y reducir mantenimiento, pero siempre resulta en mayores problemas posteriores por aterramiento en las lagunas y generación de un exceso de lodos.



Figura 5 Acumulación de arenas y residuos en lagunaje por ausencia de pretratamiento

Los flotantes, sólidos gruesos y arenas que resultan de fácil extracción y se pueden llevar a rellenos sanitarios sin restricciones, por lo que conviene no mezclarlos con los lodos de proceso, muchas veces más difíciles y costosos de tratar y de disponer.

Tratamientos primarios

Los procesos primarios, en una línea de tratamiento, tienen como objeto principal la reducción de los sólidos en suspensión (SS), sedimentables y no sedimentables, presentes en las aguas residuales. Los contaminantes se reducen por simple sedimentación y, por tanto, son bastante eficientes en la reducción de los sólidos en suspensión, donde pueden superar el 60% de rendimiento, pero menos en la reducción de la materia orgánica, que se reducirá en la fracción que esté asociada a la materia en suspensión pero no en la disuelta (en torno a un 30%, como orden de magnitud).

En el tratamiento de las aguas residuales urbanas existen múltiples procesos que se pueden considerar tratamientos primarios típicos, como son: las lagunas anaerobias o primarias, los sedimentadores o decantadores primarios, fosas sépticas, tanques Imhoff, etc.

En algunos de estos tratamientos (fosas sépticas y tanques Imhoff) el lodo se retiene un elevado tiempo (meses), lo que permite estabilizarlo por vía anaerobia y poder manejarlo y disponerlo sin necesidad de tratamiento adicional. En otros tratamientos, como los decantadores o sedimentadores, el lodo se extrae fresco y sería necesario tratarlo posteriormente para reducir su carga orgánica volátil.

Para cada uno de estos procesos existen diferentes configuraciones de las cubas o tanques donde se produce el proceso. En el caso de los decantadores pueden ser estáticos o contar con un puente giratorio. En el primer caso el lodo se acumula por gravedad en una zona del fondo donde se extrae, puesto que requiere que el fondo tenga una inclinación muy pronunciada solo se emplean cuando las dimensiones no son muy grandes. En poblaciones mayores los decantadores se construyen con el fondo menos inclinado y requieren del puente con rasquetas para mover el lodo hasta el punto de extracción.



Figura 6 Decantador primario estático. PTAR de Juayúa. El Salvador

Si bien la temperatura u otras variables ambientales no tienen una excesiva influencia sobre el proceso de decantación, sí lo tienen sobre el proceso biológico de degradación del lodo acumulado, por lo que los sistemas que incluyen la digestión de lodos requerirán de mayor tiempo de almacenamiento en climas fríos, lo que se traduce en mayores volúmenes de reactor.

Tratamientos Anaerobios intensivos

Los tratamientos anaerobios degradan principalmente la materia orgánica presente en el agua residual. Las principales ventajas de este tipo de tratamientos son: bajos requerimientos de superficie, como los tratamientos intensivos aerobios; generan menos lodos que los tratamientos aerobios que, además, están estabilizados; no requiere de aporte energético para que se produzca el proceso y se genera biogás, que puede aprovecharse energéticamente. Como desventajas se podrían citar las siguientes: no alcanzan rendimientos tan altos como los tratamientos aerobios, por lo que suele complementarse con un tratamiento posterior de afino; no reduce apenas nutrientes (N y P) y los gases que emite han de manejarse con cuidado porque son corrosivos y explosivos, pueden producir problemas de olores y debería evitarse su escape a la atmósfera sin combustión, puesto que el metano es uno de los principales gases de efecto invernadero.

Este tipo de proceso prácticamente no se ha utilizado en EEUU ni en Europa para el tratamiento de aguas residuales urbanas, solo para aguas industriales muy cargadas o para digestión de lodos. Sin embargo en los países cálidos en desarrollo, donde elevada temperatura del agua lo permite, está alcanzando un auge muy importante debido a sus ventajas.

Se recomienda su uso solo a partir de temperaturas de 15 ° C, ya que su rendimiento se ve muy afectado por la temperatura, siendo los climas cálidos los idóneos. Además, trabajan mejor con aguas concentradas que diluidas.

Dentro de este tipo de tratamientos los de mayor aplicación en aguas residuales urbanas serían:

- Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA), implantado sobre todo en muy pequeñas poblaciones a continuación de una fosa séptica (esto es, con un primario previo).
- Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB, por sus siglas en inglés, que se han implantado en poblaciones de todo tamaño y siempre directamente como primario.
- Reactores Anaerobios de Lecho Fluidizado (RALF) que son una variedad del anterior.



Figura 7: Reactores anaerobios y antorcha de gas en la PTAR de Onça, Belo Horizonte, Brasil

Como se ha dicho, aunque los tratamientos anaerobios son eficientes en reducción de sólidos y de materia orgánica en general requieren de un tratamiento de afino para alcanzar los límites de vertido que generalmente se exigen. Los tratamientos adicionales más comunes son el lagunaje de pulimento y los filtros percoladores.

Tratamientos Extensivos

Se trata de tratamientos con soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo de los procesos de depuración de las aguas residuales. Pueden ser tanto anaerobios, como aerobios o facultativos.

Este tipo de tratamientos presentan como principales ventajas su simplicidad y sus bajos costos de operación y mantenimiento. Como principales desventajas deben mencionarse los elevados requisitos de superficie que requieren muchos de los procesos para su implantación y la falta de capacidad de respuesta para hacer frente a variaciones importantes de las condiciones de operación.

Dentro de los tratamientos extensivos se incluirían:

- Lagunas de Estabilización, que se implantan en diferentes combinaciones de lagunas anaerobias, facultativas y de maduración.
- Humedales Artificiales, que pueden ser subsuperficiales horizontales o verticales, como principales unidades de tratamiento, o superficiales, como tratamiento de afino.
- Filtros intermitentes de arena, Lombrifiltros , infiltración-percolación y otros

Estos tratamientos, como cualquier secundario, van a mejorar los rendimientos en materia orgánica y van a completar la reducción de sólidos en suspensión. En cuanto a nutrientes no van a ser especialmente eficientes salvo el humedal superficial. En este caso y en las lagunas de maduración y sistemas de filtración, además, se produce una importante reducción de microorganismos patógenos.



Figura 8: Planta de tratamiento con fosas sépticas seguidas de humedales horizontales subsuperficiales. PTAR en Nicaragua

Tratamientos Aerobios Intensivos

Estos tratamientos son aquellos que recurren al empleo de dispositivos electromecánicos para dotar del oxígeno (aire) necesario al desarrollo de los procesos de depuración vía aerobia. Generalmente constan de un reactor donde se produce el proceso biológico de oxidación y floculación de la materia orgánica y un sedimentador secundario donde el lodo se separa del agua, si bien en alguna variante estos dos procesos se producen en la misma cuba en momentos sucesivos. La sedimentación secundaria requiere, para decantar los flóculos biológicos, una menor velocidad ascensional que los sedimentadores primarios, por lo que su superficie va a ser mayor.

Este tipo de tratamientos presentan como principal ventaja el escaso requisito de superficie para su implantación por lo que pueden construirse instalaciones que den servicio a poblaciones de varios millones de habitantes y, como desventajas a destacar, su mayor complejidad y sus mayores costos de operación y mantenimiento.

- Procesos de película fija, donde el cultivo bacteriano se desarrolla sobre un soporte fijo.
 - Filtros Percoladores. El lecho está fijo y el agua se hace pasar a través del mismo. Generalmente requieren de un bombeo para elevar el agua, aunque en terrenos con mucha pendiente se puede hacer por gravedad.
 - Contactores Biológicos Rotativos (CBR). En este caso es el lecho el que se mueve, mediante el giro en torno a un eje (biodiscos o biocilindros), sobre un tanque en el que se encuentra el agua.
- Procesos de lodos o barros activos, donde se genera un cultivo bacteriano en suspensión que debe ser aireado por métodos mecánicos o por insuflación de aire. Para mantener el cultivo en el reactor se recircula parte del lodo que decanta en el sedimentador secundario. Van a requerir de consumos energéticos más importantes que en biopelícula y resultan más complejos de operar y mantener, aunque son más versátiles y permiten adaptarse a las características ambientales y de entrada de agua.



Figura 9: Construcción de la PTAR de lodos activos de Panamá

Entre todas las tipologías de lodos activos, se pueden distinguir dos variantes principales:

- Fango activo de media carga. Que genera lodos frescos que es necesario tratar posteriormente para estabilizar
- Aireación extendida. Donde el cultivo se mantiene suficientemente para que se pueda extraer ya estabilizado.

En cualquiera de las dos variantes existen múltiples variaciones en la configuración de las cubas y los sistemas de aireación. Incluso, como se ha mencionado, los sistemas secuenciales realizarían la oxidación y decantación en la misma cuba.

Estos procesos son muy eficientes en la eliminación de la materia orgánica y sólidos y pueden ajustarse a las condiciones del agua entrante. También permiten la oxidación del amonio e incluso, los fangos activados, la reducción de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) de una manera eficaz.

Es de destacar que en los últimos años han surgido una serie de tipos de tratamiento que se encontrarían a medio camino entre los tratamientos extensivos e intensivos. Con estos sistemas se trata de reducir la complejidad constructiva y de operación de los tratamientos intensivos pero sin tener que disponer de superficies tan amplias como requieren los extensivos. Entre ellos destacarían las lagunas aireadas, por ser las más antiguas y tener cierta expansión e algunos países.

Reducción de nutrientes

La reducción de las diferentes especies de nitrógeno y del fósforo requiere de tratamientos avanzados, algunos de los cuales se consiguen de forma simultánea con algunos procesos biológicos de reducción de la materia orgánica y otros se añaden al tren de tratamiento.

Nitrificación. Una primera opción consiste simplemente en oxidar el amonio a nitrato, lo que se denomina nitrificación. En el agua residual bruta gran parte del nitrógeno se encuentra como nitrógeno orgánico pero en el proceso biológico este nitrógeno se amonifica y pasa rápidamente a la solución en forma de amonio. Por ello el efluente de la planta de tratamiento puede aportar una cantidad significativa de amonio que, como se ha mencionado, puede ser tóxico para la vida acuática. Si se oxida a nitrato, este no tiene las características tóxicas del amoniaco, aunque mantiene su capacidad de fertilizar las aguas. En general, tanto los cultivos de lodos activados como los de película fija pueden lograr la oxidación de los compuestos de nitrógeno reducido (NTK) para formar nitrato si se consigue un cultivo con suficiente edad del lodo.

Este proceso depende de manera sustancial de la temperatura, por lo que en climas cálidos la nitrificación puede alcanzarse con edades del lodo relativamente asequibles, pero donde las temperaturas sean bajas requerirá mantener el cultivo muchos días. Para oxidar los compuestos del nitrógeno, en el caso, de los lodos activados se requiere un aporte adicional importante de aire y, por tanto, mayor consumo energético. En los sistemas de biopelícula requiere de trabajar a menos carga y por tanto, una mayor dimensión de los reactores.

Si solo se realiza la nitrificación pueden generarse problemas en la calidad del agua de salida si se produce la desnitrificación en los decantadores secundarios, ya que se generarán pequeñas burbujas que dificultan la decantación del lodo.

Desnitrificación. Para lograr la reducción global del nitrógeno, además de nitrificar, posteriormente se debe someter el cultivo a condiciones en ausencia de aporte de oxígeno (anóxicas), donde las bacterias se vean forzadas a aprovechar el nitrato para su respiración. De esta forma se logra el paso del nitrato a nitrógeno gas, que escapa a la atmósfera.

La desnitrificación puede lograrse en cultivos de lodos activados intercalando cámaras anóxicas en el reactor. Tiene la ventaja de que se recupera el oxígeno que se empleó en la nitrificación y que evita los problemas en el decantador, pero requiere de reactores mayores, multicámaras y con recirculaciones internas que complican el proceso.

En las zonas cálidas, donde no se pueda evitar la nitrificación de las aguas en los lodos activados, es aconsejable prever la nitrificación para reducir el consumo y evitar problemas.

Reducción biológica de fósforo.

La reducción del fósforo se puede lograr por vía biológica mediante el sometimiento de un cultivo de lodos activados a condiciones anaerobias y aerobias. Con estas condiciones se favorece el desarrollo de un tipo de bacterias heterótrofas, conocidas como PAO (Poliphosphate Accumulating Organisms), que liberan fósforo en condiciones anaerobias y lo acumulan en mayor medida que otras bacterias en condiciones aerobias. Al purgarse los lodos se eliminaría el fosforo que ha sido acumulado por las PAO.

Esta reducción se puede conseguir de forma simultánea a la del nitrógeno y tiene la gran ventaja de su reducido costo. Sin embargo requiere de un proceso que es complejo de diseñar, construir y, sobre todo, de operar, requiriendo de un seguimiento y control estricto con diferentes recirculaciones internas. Generalmente es difícil asegurar un rendimiento elevado y se ha de complementar con procesos físico-químicos de eliminación.

Este proceso se puede ver simplificado en reactores secuenciales, pero aun así para que sea realmente efectivo deberían poder ajustarse los ciclos de proceso para adaptarse a las condiciones del agua entrante.

Reducción físico-química del fósforo.

Mediante la adición a las aguas residuales urbanas de ciertos productos químicos, se consigue la precipitación de una parte importante del fósforo presente en forma de fosfatos insolubles, que se separan posteriormente en la etapa de sedimentación. Este proceso puede realizarse junto con el tratamiento primario o el secundario para aprovechar así los sedimentadores, aunque también puede implantarse como tratamiento terciario o incluso con sistemas de flotación en lugar de sedimentación si resulta más conveniente.

Como agentes químicos para lograr esta precipitación suele recurrirse al empleo de cal y de sales metálicas de aluminio o de hierro. Aunque conlleva elevados costos de operación debido al coste de estos reactivos, sigue teniendo un importante nivel de aplicación debido a su sencillez de construcción y operación.

Reducción de nutrientes mediante tratamientos extensivos

Algunos tratamientos extensivos permiten alcanzar una reducción significativa de nutrientes. Entre ellos destacan especialmente los humedales superficiales como tratamiento de afino y los sistemas de aplicación al terreno. El problema de estos sistemas, como se ha dicho, es la elevada necesidad de superficie.

Tratamientos de Desinfección

Los tratamientos de desinfección son necesarios para reducir la presencia de organismos patógenos. Los principales tratamientos terciarios de desinfección intensivos son:

- La cloración, generalmente por adición de hipoclorito, presenta las ventajas de su fácil aplicación y el hecho de que los operadores que manejen conjuntamente abastecimiento y saneamiento, cuentan con la experiencia de su aplicación en la potabilización de las aguas. Como principal desventaja debe resaltarse el riesgo, si las aguas a desinfectar no están bien acondicionadas de que se formen compuestos tóxicos
- La radiación ultravioleta es un método físico para la desinfección de las aguas. Frente a la cloración, la radiación UV presenta la ventaja de no generar subproductos tóxicos para la

salud y el medioambiente. Como principal inconveniente cabe destacar que, en ocasiones, los patógenos pueden reparar los daños ocasionados por la radiación UV (fotorreactivación).

Para que sean realmente efectivas, tanto la Cloración como la Radiación Ultravioleta, precisan que las aguas a desinfectar presenten valores bajos de turbidez, por lo cual se precisa someter a las aguas tratadas en las PTAR a un tratamiento previo (habitualmente una filtración) antes de proceder a su desinfección. De no contarse con tratamientos de afino previos los consumos, de cloro o energético, pueden resultar muy elevados para asegurar la eficiencia de la desinfección. En el caso de la cloración, además, debería reducirse previamente también el amonio presente en el medio (nitrificación) puesto que consumiría mucho cloro en la formación de cloraminas. Además, cuanto peor calidad tenga el agua clorada, se producirá una mayor formación de compuestos tóxicos indeseables que serán vertidos al medio. Por todo ello, siempre que se prevea la desinfección de las aguas por procedimientos intensivos, debería preverse un terciario de afino para asegurar una buena calidad.

Otras alternativas para la desinfección serían algunos tratamientos extensivos como las lagunas de maduración, los humedales artificiales superficiales, la infiltración-percolación y los filtros intermitentes de arena. En este caso nuevamente el limitante sería la gran superficie requerida que los haría de muy difícil utilización en poblaciones de gran tamaño.

4.2.2 Selección de la tecnología más adecuada

En cada caso concreto deberá realizarse una selección de la tecnología más adecuada teniendo en cuenta una serie de factores, entre los que la normativa a cumplir es solo uno de ellos. Aunque puede haber circunstancias locales que introduzcan nuevas variables, generalmente los aspectos que han de tomarse en consideración en la mayor parte de las poblaciones van a ser los siguientes:

1. Condicionantes del tratamiento
 - a. Características de las aguas residuales (caudales, concentraciones y variabilidad)
 - b. Nivel de calidad exigida al efluente (normas de vertido y de reúso; sensibilidad del medio)
 - c. Variables ambientales (temperatura, altitud)
 - d. Rendimientos de los diferentes tipos de proceso y condiciones para su funcionamiento óptimo
2. Condicionantes de la construcción
 - a. Terreno donde se ubicará la PTAR
 - i. Superficie disponible
 - ii. Características topográficas
 - iii. Características geotécnicas
 - b. Disponibilidad de materiales necesarios
 - c. Disponibilidad de la tecnología y de equipos
 - d. Costos y complejidad de construcción
3. Condicionantes de la operación y mantenimiento
 - a. Producción y características de los lodos (opciones para su disposición)
 - b. Consumo energético
 - c. Complejidad de operación (capacidad del operador)
 - d. Accesibilidad a equipos de repuesto y mantenimiento especializado
 - e. Costes de operación y mantenimiento

4. Impactos medioambientales
 - a. Generación de olores y ruidos
 - b. Cercanía de la población
 - c. Cercanía de usos sensibles (instalaciones turísticas)

De todos estos factores, evidentemente, hay muchos de ellos que responden a circunstancias locales y son impredecibles, pero hay otros de los que se debería ser consciente cuando se revisa una normativa. Al menos, debería conocerse qué tipo de tratamiento va a ser necesario implantar para poder alcanzar los límites que se establecen en cada caso, qué complejidad y coste de construcción y de operación conllevan y cuáles son las capacidades de las poblaciones para asumirlos.

Rendimiento de los diferentes procesos

Como se ha podido ver a lo largo de los apartados anteriores, cada tipo de proceso va a actuar en mayor o menor medida sobre los diferentes contaminantes. Los tratamientos que puedan cumplir con los límites serán aquellos cuyo rendimiento sea suficiente para pasar de los niveles del agua residual a los de la normativa. La tabla 2 refleja los rangos típicos de rendimientos para una serie de tratamientos. La variabilidad que se refleja en esta tabla responde a las circunstancias locales respecto de las características de las aguas a tratar, las variables ambientales, el diseño y la operación adecuados.

Tabla 2 Niveles de tratamiento alcanzado según la tecnología implantada, adaptado de MARM (2010) y de MMAyA (2021).

Tecnología	Nivel de tratamiento	Rendimientos (%)					
		SS	DBO ₅	DQO	N-NH ₄ ⁺	N	P
Fosa séptica o Tanque Imhoff	1 ^{no}	50-60	20-30	20-30	-	-	-
Decantación primaria	1 ^{no}	60-65	30-35	-	-	-	-
Fosa séptica + FAFA	>1 ^{no}	60-90	40-75	40-70	-	-	-
Reactor anaerobio flujo ascendente	>1 ^{no}	50-70	70-80	60-70	-	-	-
Lagunaje	2 ^{no} *	40-80	75-85	70-80	30-70	40-80	30-60
Humedal de flujo horizontal	2 ^{no}	90-95	85-90	80-90	20-25	20-30	20-30
Lombrifiltros	2 ^{no}	90-95	90-95	85-90		35-70	50-60
Humedal de flujo vertical	2 ^{no} nitrificación	90-95	90-95	80-90	60-70	60-70	20-30
Filtro de arena	2 ^{no} nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
Infiltración-Percolación	2 ^{no} nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
Contactador Biológico Rotativo	2 ^{no} o 2 ^{no} nitrificación**	85-95	85-95	80-90		20-35	10-35
					60-80		

Tecnología	Nivel de tratamiento	Rendimientos (%)					
		SS	DBO ₅	DQO	N-NH ₄ ⁺	N	P
Filtros percoladores	2 ^{no} o 2 ^{no} nitrificación**	85-95	85-95	80-90		20-35	10-35
Aireación Prolongada	2 ^{no} nitrificación o 2 ^{no} elimina N**	85-95	85-95	80-90	60-80		20-30
Reactores Secuenciales	2 ^{no} nitrificación o 2 ^{no} elimina N**	> 90	> 90	80-90	90-95	80-85	
						80-85	55-65

* El Lagunaje no cumple estos requisitos si no es en una muestra filtrada, debido a la presencia de microalgas en el efluente.

** Según cómo se diseñe el proceso se alcanza uno u otro nivel de tratamiento.

Como se puede ver, en las plantas más convencionales de tratamiento se reducirá en mayor medida la materia orgánica, los sólidos en suspensión y las grasas y flotantes, requiriendo los demás contaminantes de procesos específicos.

Por otra parte, aunque resulta evidente, conviene destacar que, dependiendo de las concentraciones del agua residual de entrada, un mismo tratamiento puede ser suficiente o no para alcanzar los límites establecidos. Así, por ejemplo, cuando las dotaciones son bajas, las concentraciones son elevadas y los rendimientos de los tratamientos convencionales pueden no ser suficientes para alcanzar los límites de concentración establecidos, por lo que habrá que recurrir a cadenas de tratamiento más complejas.

Además de estos rendimientos, hay que tener en cuenta, como ya se ha advertido, los procesos de tratamiento que se van a requerir en la línea de lodos y que van a ser más o menos complejos dependiendo de la línea de agua adoptada.

Costos de los tratamientos

Por otra parte, los diferentes tratamientos presentan complejidades y costes muy distintos. Por ejemplo, los procesos de eliminación de nutrientes (N y P) por lodos activados van a ser complejos y muy costosos, tanto en la construcción como en la operación y mantenimiento, por lo que no van a estar al alcance de muchas poblaciones.

Pero, además, en el caso de las plantas de tratamiento presentan un efecto de economía de escala muy marcado, tanto en construcción como en operación y mantenimiento, debido a la existencia de unos costes fijos mínimos que no se pueden reducir. Por tanto, el coste per cápita para afrontar el tratamiento de aguas, sea cual sea el tipo de proceso, va a ser mucho mayor en las poblaciones pequeñas que en las mayores, cuando son estas además las que suelen tener menos recursos económicos y humanos. En la figura siguiente se muestra una curva típica de costes unitarios de construcción de plantas de tratamiento.

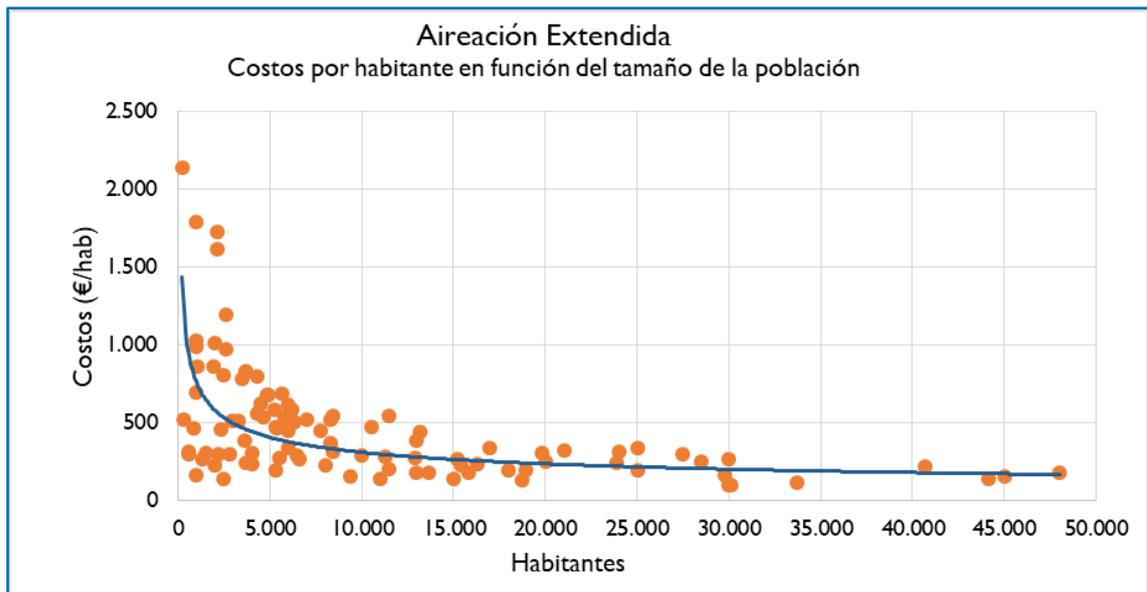


Figura 10: Curva de costes obtenida de datos reales para instalaciones de aireación extendida en España

5 TIPOLOGÍAS DE NORMAS DE VERTIDO

Existe una gran diversidad de normativas en toda la región, algunas presentan características similares pero, a la vez, todas contienen particularidades propias que las diferencian de las demás. Son muchos los factores que las distinguen y por los que se podría realizar una clasificación de las normas. En los siguientes apartados se propone una clasificación en función de las características más importantes, mostrando las diferencias existentes y las ventajas e inconvenientes de cada una.

5.1 VERTIDOS CONSIDERADOS

5.1.1 Diferenciación de vertidos ordinarios, especiales y otras disposiciones

La primera característica que presenta diferencias entre unos países y otros es el alcance de los textos normativos. En la mayor parte de las normas revisadas los vertidos industriales se regulan conjuntamente con los urbanos, con planteamientos similares, si bien la mayoría suelen presentar requisitos diferenciados para cada tipo. En otros países, por el contrario, los vertidos especiales se abordan en textos legislativos diferentes y tienen planteamientos muy distintos a los que regulan los vertidos procedentes de las poblaciones.



Figura 11 Vertido de efluente industrial tratado. El Salvador

Desde algunas administraciones responsables en la materia de diferentes países se señala que la regulación conjunta es conveniente dado que, en muchos casos, debido al escaso control de los vertidos industriales en los colectores, los vertidos urbanos se deben considerar como especiales.

Se pueden encontrar también algunos casos donde el reúso de aguas residuales se regula conjuntamente con los vertidos, puesto que se considera simplemente como un requisito de calidad particular. Un ejemplo de este tipo de norma sería, en cierta medida, el Reglamento en materia de contaminación hídrica de Bolivia (Bolivia, 1995), donde se establecen niveles de calidad para el medio en función de los usos y el reúso se podrá autorizar cuando las aguas alcancen directamente las condiciones de calidad establecidas para el medio.

Respecto a los vertidos a colectores, aunque en algunas legislaciones se pueden encontrar regulados en los mismos textos normativos que los vertidos al medio, en general suelen tener requisitos diferentes y específicos.

En principio, no hay inconveniente para regular conjuntamente, en las mismas normas, todos los tipos de vertido al medio, siempre y cuando se tenga en consideración las necesarias diferencias que deben existir en cuanto a requerimientos en los de un tipo u otro. De hecho hay muchos

aspectos de carácter general que pueden ser comunes, como el respeto a los objetivos de calidad en el medio receptor, las autorizaciones y el régimen sancionador. Si bien, los planteamientos técnicos en cuanto a las limitaciones, así como los parámetros a tener en cuenta de cada tipo de norma pueden ser tan diferentes que hagan aconsejable establecer normas independientes. Tampoco existe ningún inconveniente para que se integre con la limitación de vertidos a colectores que, incluso, podría resultar útil para asegurar una coherencia entre ambas normas. Sin embargo, lo que no parece tan adecuado es regular conjuntamente el reúso de aguas, puesto que esta actividad debe focalizarse a controlar los riesgos sanitarios y debería tener una consideración y unos planteamientos muy diferenciados.

5.1.2 Consideración de vertido urbano, vertido ordinario y vertido especial

El objeto del presente estudio es analizar en detalle las diferentes normas que regulan los vertidos de las poblaciones, lo que se ha denominado con carácter general como vertidos urbanos. Si bien dichos vertidos no son considerados equivalentes a los vertidos ordinarios por todas las normativas. De hecho, como se ha señalado, en muchos casos se asume que las grandes poblaciones han de considerarse como vertidos especiales por las mezclas con aguas residuales de origen industrial que presentan, asumiendo que no va a ser posible lograr un control efectivo de las industrias que vierten a los colectores. A modo de ejemplo, la reglamentación salvadoreña considera como vertidos ordinarios solo aquellos que están exentos de cualquier mezcla con vertidos industriales, sin incluir siquiera las actividades habituales y propias de una ciudad de tamaño medio y grande. Así, se establecen las siguientes definiciones:

- *Agua Residual de tipo Ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.*
- *Agua Residual de tipo Especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario*

Ocurre de igual forma en otras muchas normas en la región, por lo que los vertidos de las ciudades no van a poder tener un trato de vertido ordinario. Esta consideración complica sobremanera las obligaciones y el control de este tipo de vertidos, que tendrán que asegurar también el cumplimiento de todos los parámetros establecidos para los vertidos industriales.

Como ejemplo de la situación contraria, la normativa española regula los vertidos urbanos de manera específica y conforme a la directiva europea, donde se consideran aguas residuales urbanas a las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de corriente pluvial. Se estarían incluyendo, por tanto, las pequeñas instalaciones industriales y comerciales propias de una población (comercios, hostelería, lavanderías, hospitales, instalaciones deportivas, estaciones de suministro de combustible, etc.). Se responsabiliza a las administraciones titulares de las redes de saneamiento del control de los vertidos a sus colectores, incluidos las posibles industrias, que para ser admitidos deben presentar características asimilables a vertidos urbanos, de tal forma que se puedan tratar en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. En la solicitud de autorización los responsables deben declarar los vertidos industriales importantes en sus colectores y, en función de ello, se les pueden imponer requisitos de cumplimiento y control adicionales a los tipificados para los vertidos urbanos. Solo cuando las mezclas de vertidos urbanos con industriales son muy significativas, se les da el carácter de industriales.

Si existe una regulación de los vertidos a colectores y un control efectivo sobre su cumplimiento, será posible mantener las instalaciones de tratamiento típicas de un vertido urbano. Los habitantes de una población no deberían tener que soportar las obligaciones de tratamiento que corresponden a las industrias.

Además de la distinción entre vertidos ordinarios y especiales, algunas normas también establecen diferencias entre distintos tipos de vertidos urbanos. En las normas revisadas se han encontrado diferentes términos y conceptos, como son: vertidos domésticos, vertidos urbanos, vertidos ordinarios, vertidos de municipalidades, de alcantarillado sanitario, de urbanizaciones, etc.

Por ejemplo, la norma guatemalteca diferencia entre las municipalidades y las urbanizaciones no conectadas a alcantarillado municipal (desarrollos urbanísticos privados), si bien las diferencias son más de plazo de cumplimiento que de limitación.



Figura 12: PTAR en desarrollo urbanístico privado. Panamá

En la normativa nicaragüense (Nicaragua, 2017), se diferencia entre aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamiento del alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, con la singularidad de que los límites son algo más estrictos para los domésticos.

5.1.3 Magnitud mínima de vertidos regulados

En la región se pueden encontrar muchas normas que imponen limitaciones a todos los vertidos sin exclusión; en algún caso se dejan fuera a los vertidos individuales procedentes de viviendas aisladas y unas pocas normas regulan los vertidos solo a partir de un tamaño de población.

Si se tiene en cuenta el menor impacto que generan las pequeñas poblaciones en comparación con las grandes y el mayor coste relativo que requieren para el tratamiento, resulta bastante sorprendente que la mayoría de las normativas se dirijan por igual a todos los vertidos ordinarios, sin discriminar por tamaño, imponiendo a todas las poblaciones la exigencia de un tratamiento.

Ejemplos de este tipo de norma se pueden encontrar en Bolivia, Honduras, El Salvador o en Cuba para la zona terrestre (Cuba, 2012).

En el caso del reglamento de descargas guatemalteco (Guatemala, 2006) sí se especifica, al menos, que no afecta a viviendas individuales. Adicionalmente, este reglamento plantea también un sistema de evaluación de cargas para la DBO₅, que puede ser interpretado como un eximente para el caso de vertidos pequeños. Así, el artículo 19 de la norma establece como meta general un máximo de carga vertida de 3.000 kg/d y de una concentración de 200 mg/L. Para interpretar qué suponen estos umbrales en vertidos urbanos, se puede estimar una carga media de 50 g DBO₅/d por habitante, con lo que la obligación de reducir cargas equivaldría a una población de 60.000 habitantes. Si bien, no está claro en qué medida los vertidos urbanos se pueden acoger a este sistema general, puesto que las últimas modificaciones de la norma han obligado a que las poblaciones se rijan por su procedimiento específico, que les obligaría a llegar a 100 mg DBO₅/L en todos los casos.

Hay otros casos en que la norma es de aplicación solo a partir de un nivel de carga contaminante, como es la norma cubana de vertidos en la zona costera (Cuba, 2007), donde se consideran solo los vertidos que generen una carga contaminante superior, en al menos uno de los parámetros, a la indicada en la tabla 3. La tabla que se presenta en este texto recoge solo los parámetros más característicos de las aguas residuales urbanas de todos los que establece la norma cubana.

Tabla 3 Límites para considerar un vertido en la normativa cubana NC 521:2007. Adaptado de la norma por el autor.¹

Contaminante	Límite de vertido
pH	Menor de 5,5 o Mayor de 9,0
Temperatura	Superior a 40°C
Sólidos Sedimentables	5 mL/L
Carga contaminante media diaria	
Sólidos Suspendidos Totales	3 520 g/d
Aceites y Grasas	1 000 g/d
Hidrocarburos totales	250 g/d
DBO ₅	4 500 g/d
DQO	10 200 d/d
Coliformes Fecales	1,6x10 ¹² coli/d

Si se realiza la misma estimación que para el caso guatemalteco, un límite de 4.500 g DBO₅/d, equivaldría a una población de solo 90 habitantes.

En el caso del nuevo reglamento nicaragüense (Nicaragua, 2017), a pie de la tabla donde se imponen los límites de vertido a los vertidos domésticos, se especifica que se excluyen del monitoreo los sistemas de tratamientos de aguas residuales individuales de tipo doméstico de hasta 30 personas.

Como contrapunto, la normativa europea solo especifica limitaciones estrictas para las aglomeraciones de más de 2.000 habitantes equivalentes (h-e) en zonas interiores y mayores de 10.000 h-e si vierten a aguas costeras. Por debajo de estos umbrales, se requiere un “tratamiento adecuado”. Se considera que se ha alcanzado un tratamiento adecuado cuando no se generan

¹ Se ha modificado la forma de exponer los límites de la Tabla 1 de la norma NC 521:2007, dividiéndola en dos partes, puesto que hay unos parámetros limitados en la carga pero otros en concentración.

impactos significativos en el medio. El concepto de habitante equivalente se introduce en la directiva europea para equiparar diferentes poblaciones, centrándolo en lo realmente importante que es la carga contaminante vertida. Así, un h-e sería igual a una carga diaria de 60 g DBO₅/d.

Establecer diferencias por tamaños de población es un mecanismo útil para priorizar que se cumpla la norma en las zonas donde realmente es más necesario y evita imponer unas obligaciones a muchas pequeñas poblaciones que no van a poder cumplir y que pueden no ser necesarias. En los rangos de pequeñas poblaciones es quizá más recomendable evitar exigencias de carácter general e introducir las obligaciones solo allí donde sea necesario. En el apartado 5.4 se expondrán diferentes procedimientos para establecer limitaciones variables con el tamaño de la población.

5.2 PUNTO DE VISTA PARA IMPONER LAS LIMITACIONES

Las restricciones al vertido, dependiendo de las normas, se van a imponer directamente sobre las características de la descarga o, de forma indirecta, sobre la calidad del medio receptor.

Las normas que limitan directamente al vertido se denominan **normas de emisión** y generalmente lo que hacen es fijar unos umbrales que no deben superarse para una serie de parámetros, en términos de concentración o de carga. Generalmente se establece la obligación de cumplimiento de todos ellos para autorizar el vertido al medio. Normas de emisión se pueden encontrar, por ejemplo, en El Salvador, Honduras, Guatemala o Nicaragua.

Otro procedimiento para imponer limitaciones directas a los vertidos consiste en determinar el tipo de tratamiento que se debe realizar en cada caso. Por ejemplo, los límites de vertido que impone la directiva europea realmente están ligados a un nivel de tratamiento que puede ser alcanzado con procesos convencionales. En general, para las poblaciones mayores de 2.000 habitantes equivalentes se va a exigir un tratamiento secundario convencional, pero en otras (vertido al mar si se demuestra que no hay efectos significativos) se puede exigir solo un primario e, incluso, en condiciones de clima extremo (alta montaña) se permite un tratamiento menos riguroso para las poblaciones de menor tamaño, debido a que las condiciones de temperatura van a dificultar obtener buenos rendimientos. La comprobación del cumplimiento de estos niveles de tratamiento se puede hacer por dos procedimientos: por el logro de unos umbrales de concentración para una serie de contaminantes (lo que en definitiva sería equivalente a las normas que imponen límites a parámetros) pero, también y de manera alternativa, por el logro de un porcentaje de reducción respecto a la concentración inicial. La opción de establecer límites como rendimiento de reducción será también analizada en apartados posteriores bajo diferentes puntos de vista.

Por otra parte se encontrarían las normas que establecen límites u objetivos de calidad en el medio receptor. La obligación sobre el vertido en cada caso será aquella que le permita asegurar que, tras la mezcla con el agua del medio receptor, no se van a superar los objetivos de calidad establecidos para mismo. Por tanto, dependiendo de la magnitud y concentración de las aguas residuales y de los objetivos y de la capacidad de dilución del medio, las obligaciones serán distintas. Este tipo de normas se denominan en ocasiones **normas de inmisión** y sería el planteamiento, por ejemplo, de la norma básica de vertidos de Bolivia.

Conceptualmente este segundo enfoque parece más adecuado, puesto que se fundamenta en el principal objetivo que buscan las normas, que es lograr una calidad adecuada de los cuerpos de agua sin riesgo sobre los ecosistemas o sobre la salud de las personas. Sin embargo, presenta dificultades importantes para lograr una aplicación correcta, puesto que los límites al vertido han de ser

determinados en cada caso mediante un estudio específico y no solo van a depender de las características del medio receptor sino de la presencia de otros vertidos que puedan afectar a la misma zona. Además, el control del cumplimiento, tanto para la determinación de las instalaciones de tratamiento necesarias, como para el seguimiento operativo puede resultar especialmente complejo.

En algunos países se imponen los dos tipos de limitaciones, de tal forma que todos los vertidos han de cumplir con unos límites fijos pero, además, han de asegurar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos en el medio, lo que se denomina **enfoque combinado**. Este sería el caso, por ejemplo, de la Unión Europea donde, además de la Directiva de vertidos urbanos, existen otra serie de normas que limitan la calidad en el medio por posible afección a los usos y, además, la Directiva Marco del Agua obliga a establecer objetivos de calidad en todas las masas de agua para la preservación del estado ecológico.

Entre las normas latinoamericanas revisadas también hay alguna que combina ambos tipos de planteamiento, por ejemplo, la norma original paraguaya preveía una clasificación de los cuerpos de agua con niveles de inmisión diferentes en cada clase pero, además, imponía unas limitaciones generales a los vertidos. La norma cubana para aguas terrestres (Cuba, 2012) establece en general límites de emisión de vertido pero algunos parámetros deben comprobarse mediante el cumplimiento de normas de calidad en el medio (el oxígeno disuelto y los coliformes totales y fecales).

Se debe destacar que existen diferentes opciones para aproximarse a un enfoque combinado sin necesidad de tener que estudiar caso por caso lo que resulta más adecuado, como podría ser establecer límites diferentes al vertido en función del medio receptor y del tamaño de la población. De hecho, la mayor parte de las normas revisadas presentan limitaciones diferenciadas para algún tipo de masa de agua. Estos diferentes procedimientos que permiten ajustar las exigencias a las necesidades de cada caso es lo que se ha denominado en este estudio “**progresividad de las normas**” y será analizado posteriormente desde diversas perspectivas.

5.3 TIPOS DE LÍMITES IMPUESTOS AL EFLUENTE

La forma y el nivel en que quedan establecidos los límites es el elemento esencial en todas las normativas de vertidos urbanos. En este apartado se exponen las diferentes opciones por las que se pueden establecer dichos umbrales, destacando las ventajas e inconvenientes de cada sistema.

5.3.1 Concentraciones o cargas contaminantes. Valores absolutos o reducciones.

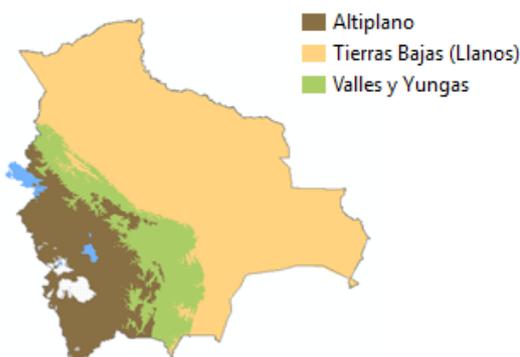
En la mayoría de las normativas de emisión el procedimiento seguido para imponer los límites consiste simplemente en fijar unos umbrales de concentración para cada parámetro que no deben superarse en el vertido. Este sistema de limitación resulta muy sencillo en su aplicación, pero impone el mismo nivel de exigencia a todas las poblaciones independientemente de la carga contaminante que viertan al medio. Además, aquellas poblaciones donde las aguas residuales se encuentren más concentradas, deberán implantar un tren de tratamiento más complejo o con más etapas de proceso para llegar a los niveles establecidos. En el box I se muestra un caso extremo en el que se evidencia en qué manera la imposición de límites en términos de concentración puede llegar a penalizar a las poblaciones pequeñas frente a las grandes.

Box I. Efecto de la limitación del vertido en diferentes poblaciones de Bolivia

La gran diferencia existente en las características de las aguas residuales vertidas por diferentes poblaciones de Bolivia evidencia en qué medida un mismo límite puede suponer esfuerzos muy diferentes.

Diferencias por pisos ecológicos

Bolivia presenta grandes contrastes entre regiones bioclimáticas, que van desde el Altiplano, a 4.000 m de altitud, con clima frío y seco, hasta los Llanos a 600 m de altitud, con clima cálido más tropical y con una zona intermedia de transición que son los Valles y Yungas.



Además de la variabilidad ambiental y en cierta medida como respuesta a la misma, las poblaciones de los diferentes pisos ecológicos presentan también características distintas, con hábitos, niveles socioeconómicos y actividades muy diferentes, que se traduce en dotaciones de abastecimiento y cargas contaminantes generadas muy distintas.

En la primera tabla se muestran las dotaciones previstas en la norma de abastecimiento (Bolivia, 2004), que refleja la variabilidad real existente. Para pequeñas poblaciones en el Altiplano la dotación es de apenas 30-50 L/(hab·d), mientras que se alcanzarían los 250-350 L/(hab·d) para el caso de grandes poblaciones en la zona de los Llanos.

L/(hab·d)	Población (habitantes)					
	<500	501 - 2.000	2.001 - 5.000	5.001 - 20.000	20.001 - 100.000	> 100.000
Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	125 - 200
Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350

Respecto a las cargas contaminantes generadas en cada población, la segunda tabla muestra el resultado de un estudio de caracterización realizado recientemente (MMAyA-AECID-BID, 2019), en donde se puede ver también una gran variación, que va desde los 20 g DBO₅/(hab·d) para pequeñas poblaciones en la zona del Altiplano, hasta los 55 g DBO₅/(hab·d) para grandes poblaciones de los Valles y Llanos.

g DBO ₅ /(hab·d)	Población (habitantes)		
Zona	1.000-2000	2.001-10.000	10.001-50.000
Altiplano	20 - 35	30 - 45	40 - 50
Valles y Llanos	30 - 45	40 - 50	45 - 55

La repercusión en las concentraciones de contaminantes

Partiendo de estas dotaciones de agua y cargas contaminantes y considerando un retorno tipo del 80%, se podrían estimar por un cálculo muy simple las características que podrían tener las aguas residuales en los casos más extremos.

- Para un habitante de una gran ciudad de los Llanos:

$$\text{Caudal } Q_{\text{Lla}} = 300L/d \times 0,8 = 240 L/d$$

$$\text{Carga } DBO_{5_Lla} = \frac{55g}{300L \times 0,8} = 0,23 g/L = 229 mg/L$$
- Para un habitante de una pequeña población del Altiplano:

$$\text{Caudal } Q_{\text{Alt}} = 50L/d \times 0,8 = 40 L/d$$

$$\text{Carga } DBO_{5_Alt} = \frac{30g}{50L \times 0,8} = 0,75 g/L = 750 mg/L$$

Como se puede ver, en el segundo caso la concentración alcanza un valor muy alto. Esto es una situación real que se ha podido contrastar mediante campañas analíticas realizadas en diferentes poblaciones del Altiplano boliviano. Los efluentes, por lo tanto, aun siendo de muy pequeño caudal y con poca carga absoluta, se encuentran muy concentrados.

La repercusión en las exigencias de la normativa

Si el límite de la norma está fijado como concentración ($DBO_5 = 80mg/L$), el rendimiento (R%) necesario para alcanzarlo en el tratamiento sería:

- Para una gran población de los Llanos:

$$R\%_{\text{Lla}} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{80}{229} \right) \right] = 65,1\%;$$

Por tanto, de los 55 g de carga contaminante que produce cada habitante, puede dejar descargar al medio 19,2 g.

- Para una población del Altiplano:

$$R\%_{\text{Alt}} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{80}{750} \right) \right] = 89,3\%;$$

En consecuencia, de los escasos 30 g que produce cada habitante, solo se pueden verter 3,2 g.

Este sencillo cálculo pone en evidencia cómo un mismo límite puede imponer esfuerzos muy diferentes a distintas poblaciones. Mientras que en una pequeña población rural del Altiplano, con un vertido de escasa entidad, tienen que reducir un 90% su carga y solo puede verter 3 g por habitante, una gran ciudad de Los Llanos solo tiene que reducir un 65% su carga y pueden verter más de 19 g por habitante ($\frac{2}{3}$ de la carga que produce un habitante en el Altiplano).

Pero, además, a esto se suma que, debido a las bajas temperaturas del invierno en el Altiplano, los diseños de las plantas de tratamiento han de ser mucho más holgados, por lo que se deben llevar a cabo grandes esfuerzos para alcanzar estos rendimientos.

Un procedimiento sencillo para equiparar esfuerzos hubiera sido establecer, como límite alternativo, alcanzar un rendimiento de reducción suficiente (70%, por ejemplo).

Por otra parte, ya se ha mencionado que, en el caso de determinados contaminantes, como los nutrientes cuando contaminan lagos o embalses, resulta más útil limitar la carga total aportada en un tiempo que no el nivel de concentración que pueda generarse en un momento puntual. En estos casos tendría sentido enfocar la norma hacia el control de cargas. Sin embargo, no tendría sentido para todos los parámetros establecer límites generales en términos absolutos la carga contaminante, puesto que las grandes poblaciones se verían en la obligación de verter en unas concentraciones muy por debajo de lo necesario para evitar impactos y en muchos casos incluso no sería posible cumplirlo.

En algún caso lo que se han establecido niveles de reducción progresiva de las cargas contaminantes vertidas, lo cual permite focalizar el control en la descarga contaminante. Sin embargo resulta más compleja de aplicación puesto que requerirá unos estudios específicos para estimar las cargas vertidas. La normativa guatemalteca aplica este sistema de cargas contaminantes para la DBO₅, además de exigir un límite expresado como concentración. Para los demás parámetros, sin embargo, establece solo límites en forma de concentración.

Sin tener que recurrir a valores máximos de carga, habría otro procedimiento de limitación que incidiría por igual sobre la carga vertida y sobre la concentración, que sería el de imponer obligaciones de rendimientos de reducción. Este sistema puede ser más justo con aquellas poblaciones cuyas aguas residuales están más concentradas y permite evitar, por ejemplo, que por medio de la dilución se libere del cumplimiento de parte de las restricciones.

Probablemente la solución ideal pasará por considerar una combinación de todos estos planteamientos que permitan en cada caso encontrar la limitación más adecuada.

5.3.2 Valores medios, valores máximos y verificación del cumplimiento

Cuando se establecen límites a las concentraciones o cargas, ya sea en normas de emisión o de inmisión, pueden concebirse de diferentes maneras. Podrán establecerse como valores medios a alcanzar en un periodo determinado, como valores que no deben superarse en ningún momento o, incluso, pueden establecerse ambas limitaciones. Además, la forma en que se establezca el sistema de verificación del cumplimiento tiene una incidencia fundamental en la rigidez del límite establecido. Por ejemplo, si se consiente que los límites establecidos se superen un porcentaje de las muestras, realmente se está estableciendo un límite que debe cumplirse un determinado percentil de las ocasiones.

Por otra parte, el tipo de muestra exigida condiciona completamente el límite establecido. Así, si la verificación debe cumplirse para cualquier muestra puntual, en lugar de para una muestras compuestas diarias, el límite será en realidad mucho más estricto. A continuación se analiza cada uno de estos sistemas:

- **Valores medios.** Los umbrales se establecen como valores promedio de los parámetros que no deben ser excedidos en las descargas de aguas residuales. Es importante que se establezca concretamente cuál es el periodo a promediar, es decir, si se trata de valores medios anuales, valores medios mensuales, etc. Esta no suele ser la forma más habitual de establecer los límites de emisión, pero sí se puede encontrar con más frecuencia en alguna de las normativas de inmisión.

En normas de emisión puede ser un procedimiento adecuado cuando se limita, por ejemplo, el vertido a lagos o embalses ya que, debido a los elevados tiempos de retención de estos sistemas, puede ser más efectivo limitar la carga contaminante de nutrientes que llega en

un año de promedio. Por ejemplo, la directiva europea cuando impone limitaciones de nutrientes a las poblaciones que pueden causar la eutrofización de algún medio, lo hace en términos de concentración media anual. Sin embargo para otro tipo de medios y parámetros puede que no sea el método más adecuado, ya que interesa evitar eventos puntuales de contaminación extrema. Entre las normas revisadas en la región, solo se consideran con carácter general límites promedio en la norma cubana vertimiento a las aguas terrestres (Cuba, 2012).

Este tipo de límite u otro de carácter no absoluto (mediana, 80 percentil, etc.) puede resultar especialmente interesante para establecer normas de inmisión u objetivos de calidad en el medio, puesto que en muchos parámetros lo que interesa es que de manera habitual se encuentren dentro de unos límites, pero no se producen efectos importantes si se superan esporádicamente o en determinadas épocas del año.

- **Valor límite máximo no superable.** Se impondrían valores máximos absolutos para las muestras. En este caso resulta de importancia trascendental, como se ha dicho, si el cumplimiento se verifica sobre muestras compuestas diarias o sobre muestras puntuales. Si se exige sobre muestras puntuales, quiere decir que los límites han de respetarse en todo momento y debido a la variabilidad intrínseca del agua residual urbana hace muy difícil su cumplimiento. La principal ventaja que presentan estas normas sería su sencillez de control. Bastaría con tomar una muestra en el momento en el que previsiblemente se vaya a alcanzar un peor resultado (momentos punta del día) para comprobar el cumplimiento, sin necesidad de tomar muestras a lo largo del día y después integrarlas conforme a los caudales circulantes.

La mayoría de las normativas de la región imponen límites máximos, aunque sobre muestras compuestas como sería el caso de Bolivia, El Salvador o Nicaragua, donde la norma incluso especifica que se trata de un valor medio diario. La norma cubana de vertimientos en la zona costera impone límites máximos sobre muestras puntuales (Cuba, 2007).

- **Valor límite máximo no superable un porcentaje de la veces.** Es un modelo similar al anterior, pero admitiendo que en ciertas ocasiones se pueda superar el nivel máximo, sin que por ello se esté afectando al cumplimiento. En estas normas se debe regular número máximo de incumplimientos permitido y el grado en que se permite. Esta información debería ir acompañada de las frecuencias de muestreo.

Por ejemplo, la norma europea establece que el límite general se tiene que cumplir en el 90% de las veces y los incumplimientos no exceder un 50% del valor límite fijado. Además, pueden no incluirse en el cómputo los resultados obtenidos en condiciones anómalas, como episodios de grandes lluvias.

En muchos de los textos normativos donde se emplea este procedimiento, la regulación de la comprobación del cumplimiento, se encuentran separada de la parte donde se establecen los límites numéricos. Sin embargo, esas disposiciones son parte intrínseca del límite y tienen una repercusión directa en cómo pueden diseñarse y operarse las instalaciones.

Los límites impuestos como valores medios o porcentajes de cumplimiento resultan más complejos de controlar, puesto que no se podrá determinar la conformidad a partir de una única muestra, sino que deberá verificarse tomando en consideración todo el periodo. Si bien se puede aplicar en forma de media móvil, de tal forma que para cada control se verifique que el año anterior hasta ese momento se ha mantenido en la limitación establecida.

- **Combinación de métodos en función del parámetro.** Otra alternativa, probablemente más adecuada, consistiría en establecer una combinación de estos métodos, adaptándose a cada parámetro y circunstancia.

Box 2. Diferencia de criterio en la verificación del cumplimiento de las normas cubanas

Cuba cuenta con dos textos normativos independientes para regular los vertidos a las aguas costeras y a las aguas terrestres (Cuba, 2007 y Cuba, 2012, respectivamente)

Los límites de vertido en el ámbito costero se establecen en términos de límites máximos absolutos que no pueden superarse en ningún momento. De esta forma, las plantas de tratamiento deberían tener capacidad para, en cualquier momento del día, en cualquier estación del año y en cualquier situación por excepcional que sea (lluvias, fiestas de la localidad, etc.), poder lograr cumplir con los límites establecidos. Este planteamiento resulta verdaderamente estricto y, para poder asegurar dicho cumplimiento en todo momento, las plantas de tratamiento deberían dimensionarse con mucha holgura, generando durante la mayor parte del tiempo un agua de mucha mejor calidad.

Por el contrario, la normativa de aguas terrestres, no solo considera la verificación del cumplimiento sobre muestras compuestas sino que, además, los límites se establecen como valores promedio. De esta forma, el límite establecido lo debe respetar el valor medio de los controles realizados. En definitiva, a igualdad de umbrales, esta norma resultaría mucho más laxa, puesto que no solo consiente que el efluente de la planta supere el límite establecido en diferentes horas del día, sino incluso durante varios días del periodo.

Incluso en un hipotético escenario en el que los umbrales establecidos en el primer caso fueran mucho más laxos que en el segundo y pudieran requerirse teóricamente instalaciones de tratamiento similares, la operación debería ser mucho más cuidadosa y controlada en el caso de los límites absolutos y probablemente lo más aconsejable sería contar con cámaras previas de laminación que eviten cambios importantes en las características del agua entrante.

Como se ha visto, aunque en algunos parámetros puede ser interesante establecer valores medios, como indicativos de cargas, en muchos otros resulta más adecuado establecer límites en forma de valores máximos que valores medios. Si lo que se pretende con este tipo de límites es prever la posibilidad de que se presenten situaciones anómalas sin que ello conlleve un incumplimiento, quizá debería realizarse por otro procedimiento.

En cualquier caso, contar con normas distintas dependiendo del medio, con planteamientos tan diferentes va a complicar el desarrollo de la ingeniería y de los operadores en el país, que deberían ser capaces de dar respuesta a dos modelos diferentes.

5.4 PROGRESIVIDAD CON EL TAMAÑO DE POBLACIÓN

Un factor importante que puede tomarse en consideración a la hora de establecer limitaciones a los vertidos es el tamaño de la población que origina dicho vertido. Como se ha dicho, la mayor parte de las normativas revisadas de la región no establecen diferenciaciones entre las poblaciones, es decir, las limitaciones establecidas en la norma son iguales para todos los casos. Se trata por tanto, de normas sencillas de aplicar, pero que no se adaptan a las circunstancias concretas de cada

tipo de población y generalmente suelen generar muchas situaciones de incumplimiento. Se encontrarían dentro de este tipo de normas la hondureña, la boliviana, la cubana y la salvadoreña, por ejemplo.

Otras normas, sin embargo, sí establecen diferenciaciones por tamaños de población. Entre las estudiadas, la antigua normativa nicaragüense (Nicaragua, 1995) distinguía entre las poblaciones mayores y menores de 75.000 habitantes para la determinación de los límites máximos permisibles, tal como se refleja en la tabla 4. Sin embargo, esta norma fue reemplazada en 2017 por el Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales (Nicaragua, 2017), donde ha desaparecido esta diferenciación por tamaños, exigiéndose para todas las poblaciones lo que antes solo se exigía para las menores e imponiendo límites a los nutrientes ($N < 45$ mg/L y $P < 15$ mg/L). Además, como se ha señalado antes, el nuevo reglamento diferencia los vertidos domésticos de los procedentes de sistemas de alcantarillado, con la particularidad de que para los domésticos se establecen límites más estrictos en nutrientes ($N < 30$ mg/L y $P < 10$ mg/L) y aceites y grasas (< 15 mg/L). Resulta singular que para unos vertidos que en principio serían de menor caudal y menos contaminantes se impongan límites más estrictos que para los de las poblaciones mayores.

Tabla 4: Decreto N° 33-95 derogado de Nicaragua. Rangos y límites máximos permisibles promedio diario para los vertidos de alcantarillado a los cuerpos receptores.

	<75.000 hab.	>75.000 hab.
pH	6-9	6-9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	100	80
Grasas y aceites (mg/L)	20	10
Sólidos sedimentables (mL/L)	1,0	1,0
DBO ₅ (mg/L)	110	90
DQO (mg/L)	220	180
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	3	3

La norma guatemalteca, en su versión original, también introducía cierta gradualidad por tamaño, al imponer un sistema de reducción de cargas contaminantes de materia orgánica (DBO) que resultaba más exigente cuanto mayor fuera la carga original de las aguas residuales. Sin embargo, las modificaciones posteriores impidieron este sistema para vertidos municipales y dejaron de contemplarse, por tanto, diferencias por tamaño. Además, para el resto de los parámetros, más allá de la DBO no se establecían diferencias en función de la carga.

En el caso de la directiva europea sobre tratamiento de aguas residuales urbanas, ya se ha comentado que toma en cuenta el tamaño de población para la consideración de los vertidos a regular pero, además, en los casos en que se establecen limitaciones a los nutrientes (zonas sensibles por eutrofización) también se introducen diferencias en función del tamaño de la población, tal como se refleja en la tabla 5.

Aunque no se haya tomado en consideración en muchas de las normas revisadas, el recurso de establecer límites diferentes según el tamaño de la población puede ser muy útil de cara a aproximarse al control real de los impactos, puesto que, en igualdad de condiciones, el impacto va a depender de la magnitud del vertido. Además, liberaría a las pequeñas poblaciones de realizar un esfuerzo tan grande como el que se requiere en una gran población y que en muchas ocasiones no van a tener recursos para afrontar.

Tabla 5: Directiva 91/271 de la Unión Europea. Requisitos para los vertidos realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización.

	>10.000 y <100.000 h-e	>100.000 h-e	Porcentaje de reducción
Fósforo total (mg/L)	2	1	80
Nitrógeno total (mg/L)	15	10	70-80

Se puede optar por nivel de concentración o nivel de reducción

Estos valores de concentración constituyen medias anuales

Los menores porcentajes en nitrógeno corresponden a zonas más frías

5.5 PROGRESIVIDAD EN FUNCIÓN DEL MEDIO RECEPTOR

Otro de los factores importantes que condicionan el posible impacto que puedan causar los vertidos, sería la capacidad de dilución y la sensibilidad del medio receptor. Dado que estas características van a ser variables, no hay razón para que los límites de vertido sean iguales en todas las situaciones. De hecho, la mayor parte de las normas revisadas, aunque no prevean una clasificación de todos los cuerpos de agua, sí presentan alguna singularidad respecto de algún medio específico.

Como ya se ha comentado, las normativas más adaptadas al medio serían las normas de inmisión. Sin embargo este tipo de normas requiere de la realización de estudios específicos en cada caso para poder determinar los límites a imponer al vertido, por lo que resultan más complejas de aplicar y de controlar.

En el caso de normativas de emisión, aunque hay países como Honduras o El Salvador donde no se realiza ninguna distinción, en las demás normas se han encontrado diferentes disposiciones que permiten adaptarse al medio en alguna medida. A continuación se muestra una clasificación de los diferentes tipos, comenzando por los casos más sencillos y terminando con los más complejos.

5.5.1 Regulación específica de cuerpos de agua singulares

Existen algunos casos en los que se ha desarrollado una normativa, con el mismo rango que la norma general, para establecer las condiciones que deben regular los vertidos que afecten a un determinado cuerpo de agua. Los dos casos encontrados entre las normas revisadas son los siguientes:

Nicaragua. Existe una norma específica para el lago Xolotlán o lago de Managua (Nicaragua, 2003) que resulta algo más laxa en términos de cumplimiento para los coliformes, aunque más estricta para la DBO que la nueva norma de carácter general (ver tabla 6). Esta norma probablemente venga condicionada, más que por los requerimientos del lago, por las obligaciones a asumir en los vertidos de la ciudad de Managua que van a parar al mismo.

Guatemala. Se estableció una norma específica para regular los vertidos de la cuenca del Lago Atitlán (Guatemala, 2011). Este lago es especialmente emblemático en el país y en los últimos años está manifestando problemas importantes de eutrofización debido a la creciente presión en su cuenca. En este caso las limitaciones impuestas tanto en los vertidos directos al lago como a la cuenca vertiente al mismo son mucho más rigurosos que los establecidos en la norma general, con unos límites especialmente rigurosos en nutrientes, tal como se puede ver en la tabla 7.

Tabla 6: Límites máximos para los permisos de descarga de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de tratamiento en el Lago Xolotlán, Nicaragua. Decreto Ejecutivo N° 77-2003

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Promedio Diario
pH	6-9
Sólidos suspendidos totales	80
Grasas y aceites (mg/L)	10
Sólidos sedimentables (mL/L)	1,0
DBO (mg/L)	90
DQO (mg/L)	180
Coliformes Fecales	500.000 por cada 100 mL

Tabla 7: Límites máximos permisibles para las descargas directas al Lago de Atitlán. Guatemala. A.G. N°12-2011

Parámetros	Dimensiones	Fecha máxima de cumplimiento	
		31/01/2011	30/06/2013
		Uno	Dos
Temperatura	Grados Celsius	TRC +/- 3°*	TRC +/- 3°*
Grasas y aceites	mg/L	25	10
Materia flotante		Ausente	Ausente
DBO	mg/L	50	30
DQO	mg/L	100	60
Sólidos suspendidos	mg/L	60	40
Nitrógeno total	mg/L	25	5
Fósforo total	mg/L	10	3
pH	Unidades pH	6-9	6-9
Coliformes fecales	NMP/100mL	1×10^3	500
Color aparente	Ud. platino cobalto	750	400

* Temperatura del medio receptor

5.5.2 Identificación de algunas tipologías de cuerpos de agua

En muchas normas se introducen obligaciones específicas para unas tipologías de agua muy especiales. En general se suelen proteger de manera más rigurosa determinados cuerpos de agua especialmente sensibles, bien por los usos que se realizan (abastecimiento, baño, etc.), bien por sus características de especial protección medioambiental o porque se pueden eutrofizar. Entre las normas revisadas se pueden destacar los siguientes ejemplos.

Nicaragua. Se diferencian los casos de las lagunas cratéricas, donde directamente está prohibido cualquier vertido (Nicaragua, 2017). Esta restricción ya se incluía en el decreto anterior derogado y se trasladó al nuevo reglamento. Esta limitación tan estricta obliga a realizar bombeos importantes para evitar que los efluentes se descarguen en estas lagunas.

Guatemala. Se establece un procedimiento específico para la reducción de las cargas de DBO en el caso de que los vertidos se produzcan en estero, que se muestra en la tabla 8 (Guatemala, 2006). Se entiende por estero la zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales.

Tabla 8: Límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales en esteros. A.G. 236-2006

Parámetro	Unid.	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
DBO	mg/L	500	300	250	150	100

Por otra parte, en el caso de las descargas hacia cuencas de lagos, lagunas o embalses naturales, además de las obligaciones de carácter general, se impone una limitación adicional sobre el fósforo total, que ha de reducirse por debajo de 5mg/L al finalizar la última etapa prevista en la reducción de contaminantes.

Unión Europea. La directiva de vertidos urbanos establece algunas condiciones diferenciadas (tamaño de población, parámetros limitados y/o nivel del límite establecido) para los vertidos que van a parar a zonas costeras menos sensibles, zonas costeras normales, zonas de transición, zonas continentales, zonas sensibles (por eutrofización u otro requerimiento) y zonas de alta montaña.

Este procedimiento de establecer condiciones especiales solo para algunos medios más sensibles, que resulten de fácil identificación, puede ser un procedimiento muy efectivo de adaptar las normas al medio sin requerir de grandes estudios. Por ejemplo, solo con diferenciar las grandes categorías de cuerpos receptores parecería lógico pensar que puede ser conveniente establecer diferentes grados de limitación a los vertidos. Las aguas costeras abiertas tendrán generalmente más capacidad de dilución y serán por tanto menos sensibles, salvo que exista algún uso restrictivo (turismo, baño). Los lagos y cuerpos lénticos, en general, serán más sensibles a la carga en nutrientes. Una clasificación de este tipo resulta bastante sencilla de realizar y solo requeriría de un estudio para delimitar las subcuencas de influencia en cada embalse, lago, estero o similar, donde se vayan a establecer las limitaciones especiales.

5.5.3 Clasificación de todos los cuerpos de agua

Estas normas serían las que presentan una mayor adaptación al medio. Entre ellas estarían las normas de inmisión, como la boliviana, pero también otras normas de emisión que establecen una clasificación completa de las aguas, para imponer luego límites de vertido diferenciados en cada clase de medio. Entre los casos revisados se encuentran los siguientes:

Cuba. Existen dos normas independientes para las descargas en aguas terrestres y aguas costeras y, en cada una de ellas, se requiere una clasificación de todos los cuerpos de agua. Los límites de emisión van a ser diferentes dependiendo del tipo de medio receptor.

En las dos normas se clasifican los cuerpos de agua tomando en cuenta sus características naturales y los usos que se realizan. Aunque se tiene en cuenta los valores ecológicos, solo consideran las zonas especialmente sensibles que se deben proteger y las incluye en las primeras categorías. En las clases “peores” no se tienen en cuenta los ecosistemas.

En el ámbito terrestre se emplean los siguientes criterios para clasificar las aguas:

- Clase (A):** Usos: captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos.
Cuerpos de aguas situados en zonas priorizadas de conservación ecológica.
- Clase (B):** Usos: riego agrícola, en especial donde existan cultivos que se consuman crudos; donde se desarrolla la acuicultura y se realizan actividades recreativas en contacto con el agua, así como cuerpos de agua que se explotan para el uso industrial en procesos que necesitan de requerimientos sobre la calidad del agua.
Sitios donde existan requerimientos menos severos para la conservación ecológica que los comprendidos en la Clase (A).
- Clase (C):** Usos: aguas de navegación, riego con aguas residuales, industrias poco exigentes con respecto a la calidad de las aguas a utilizar, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y al contenido excesivo de nutrientes y otros para metros.

Adicionalmente a la distinción por clases de uso, a efectos de la limitación de los vertidos se distingue también tres tipos de cuerpos receptores: los ríos y embalses; el suelo y zona no saturada; y la zona saturada. Por tanto, realmente se establecen límites distintos para 9 tipos de cuerpos receptores.

Tabla 9: Límites Máximos Permisibles Promedio para las Descargas de Aguas Residuales según la Clasificación del Cuerpo Receptor. Tabla 3, apartado 5, NC 27:2012

Parámetros	UM	Ríos y Embalses			Acuífero vertimiento en suelo y zona no saturada de 5 m			Acuífero vertimiento directo a la zona saturada		
		(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
pH	Unidades	6,5-8,5	6-9	6-9	6-9	6-9	6-10	6-9	6-9	6-10
Conductividad eléctrica	µS/cm	1400	2000	3500	1500	2000	4000	1500	2000	4000
Temperatura	°C	40	40	50	40	40	50	40	40	50
Grasas y aceites	mg/L	10	10	30	5	10	30	Ausente	10	20
Materia flotante	-	Ausente	Ausente	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente
Sólidos Sedimentables T	mL/L	1	2	5	1,0	3,0	5,0	0,5	1,0	5,0
DBO ₅	mg/L	30	40	60	40	60	100	30	50	100
DQO (Dicromato)	mg/L	70	90	120	90	160	250	70	140	250
Nitrógeno total (Kjd)	mg/L	5	10	20	5	10	15	5	10	15
Fósforo total mg/L	2	4	10	5	5	10	5	5	10	

En el ámbito marino los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso de la forma siguiente:

- Clase A:** Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.
- Clase B:** Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto directo con el agua.
Áreas marinas donde hay presencia de arrecifes coralinos.

- Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
Posteriormente, a efectos de limitar los vertidos, la clase C se divide en dos:
- Zonas de pesca críticas para la reproducción, cría y la alimentación
 - Otras zonas de pesca
- Clase D: Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como en la generación de energía.
- Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
- Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos.

Por tanto, existen realmente siete clases de cuerpos receptores con límites diferenciados, que unidos a los del ámbito terrestre hacen un total de 16 clases.

Paraguay. La norma original era fundamentalmente de inmisión, preveía la clasificación de los cuerpos de agua en función a los usos a los que se destinaba y establecía unos límites de vertido diferenciados en cada caso. Las clases definidas son las siguientes:

- Clase 1: Aguas destinadas:
- a) Los abastecimientos domésticos después del tratamiento simplificado;
 - b) La protección de las comunidades acuáticas
 - c) Las recreaciones de contacto primario (natación, esquí-acuático)
 - d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
 - e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.
- Clase 2: Aguas destinadas:
- a) Para abastecimiento domestico después de los tratamientos convencionales:
 - b) Para protección de las comunidades acuáticas
 - c) Para recreación de contacto primario (esquí acuático, natación)
 - d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
 - e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.
- Clase 3: Aguas destinadas:
- a) En abastecimiento doméstico, después del tratamiento especial
 - b) Para irrigación arbórea, jardín y forrajearas.
 - c) Para recreación de contacto secundario.
- Clase 4: Aguas destinadas:
- a) Para la navegación
 - b) Para la armonía paisajística
 - c) Para los usos menos exigentes

Posteriormente se establecen unos límites de calidad para cada clase de cuerpo receptor (normas de inmisión), así como unas limitaciones a los vertidos con carácter general (límites de emisión).

En el caso de Paraguay, después de un tiempo en el que no se llevó a cabo la clasificación de los cuerpos de agua, se emitió una resolución en el que se clasificaban todos los cuerpos de agua en la clase 2, salvo las nacientes, surgentes o manantiales que quedan en la clase 1 (Paraguay, 2006). El requisito más determinante al final es la limitación que con carácter general se impone a todos los vertidos.

Bolivia. La norma boliviana establece unas categorías de los cuerpos receptores en función de su calidad actual y de los usos que se pueden hacer:

- Clase “A”: Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.
- Clase “B”: Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.
- Clase “C”: Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica.
- Clase “D”: Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los caso externos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

Estas clases se relacionan con los usos, tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Clasificación de los cuerpos de agua según aptitud de uso. Anexo A, Cuadro N°1 del Reglamento en materia de contaminación hídrica de Bolivia

ORDEN	USOS	CLASE “A”	CLASE “B”	CLASE “C”	CLASE “D”
1	Para abastecimiento doméstico de agua potable después de: a) Sólo una desinfección y ningún tratamiento. b) Tratamiento solamente físico y desinfección c) Tratamiento físico - químico completo: coagulación, floculación, filtración y desinfección. d) Almacenamiento prolongado o presedimentación, seguidos de tratamiento, al igual que c).	SI	NO	NO	NO
		No necesario	SI	NO	NO
		No necesario	No necesario	SI	NO
		No necesario	No necesario	No necesario	SI
2	Para recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión.	SI	SI	SI	NO
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos.	SI	SI	SI	NO
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella.	SI	SI	NO	NO
5	Para abastecimiento industrial.	SI	SI	SI	SI
6	Para la cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.	SI	SI	SI	NO
7	Para abrevadero de animales.	NO (*)	SI	SI	NO
8	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

(SI) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes

(*) No en represas usadas para abastecimiento de agua potable.

(**) No a navegación a motor.

(***) No aplicable a acuíferos

En función de estas clases, se establecen unos niveles de calidad que deben alcanzarse en el medio (norma de inmisión).

En Bolivia la obligación de clasificar el medio receptor recae sobre el responsable de vertido, lo que ha llevado a una situación de facto en que, salvo alguna excepción, la gran mayoría de los medios están sin clasificar y se aplica una norma transitoria que impone límites emisión iguales para todos los vertidos.

La Unión Europea. Además de la Directiva de aguas residuales urbanas y de las diferentes zonas que se especifican en la misma, en la Unión Europea son de aplicación otras normas de calidad por usos que es necesario respetar. Por tanto, ha sido necesario identificar y designar una serie de cuerpos de agua que requieren una protección especial, como son: zonas de abastecimiento, zonas de baño, zonas con especies de interés pesquero en agua dulce, zonas de marisqueo y cultivos marinos, zonas sensibles a la eutrofización o zonas afectadas por contenido elevado de nitratos. Estas diferentes clasificaciones se fueron introduciendo en sucesivas directivas a lo largo de muchos años y cada una de ellas requirió de un estudio específico para identificar y clasificar las masas de agua afectadas.

Pero además, es necesario también clasificar todas las masas de agua en tipos ecológicos y definir objetivos de calidad específicos en cada tipología (indicadores biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos). La obligación, la forma y los plazos en los que se debían hacer estas clasificaciones se establecen en la Directiva Marco del Agua. La clasificación de todos los cuerpos de agua (ríos, lagos, costeras, de transición y masas de agua muy modificadas) ha requerido de complejos y laboriosos estudios a nivel nacional, que tardaron en realizarse varios años y que luego han sido revisados a nivel de cuenca para tener en cuenta singularidades específicas de cada una de ellas.

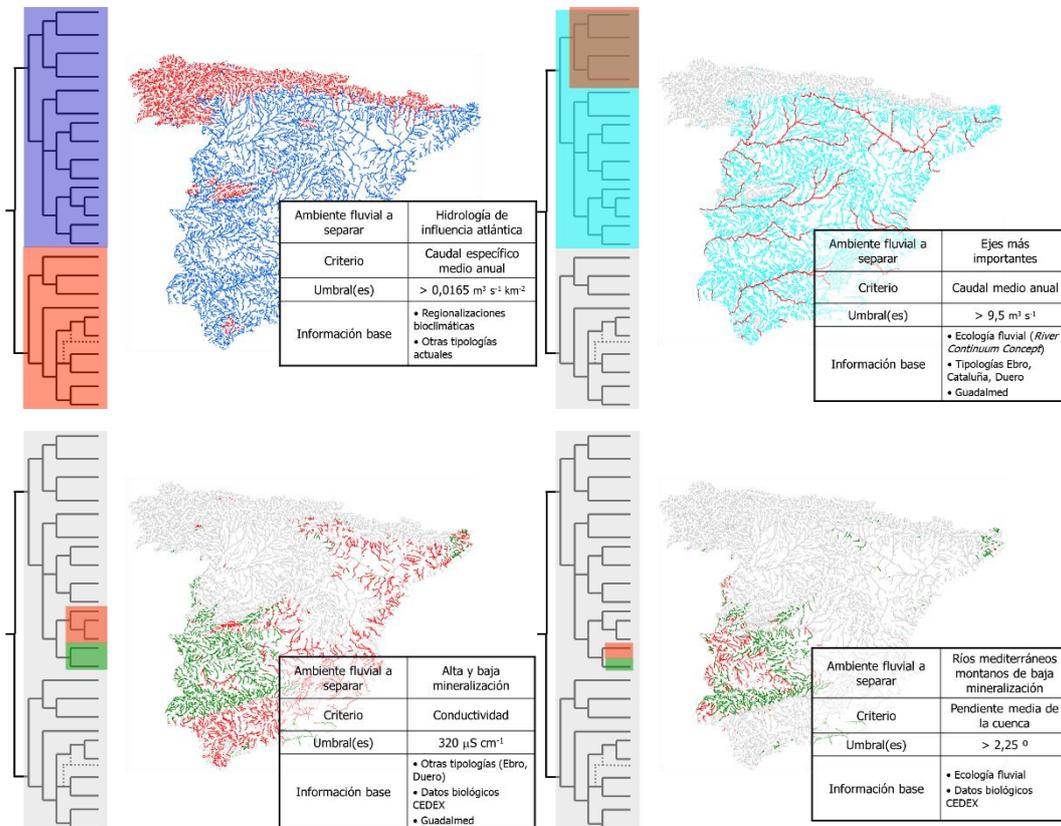


Figura 13: Ejercicio de clasificación de los tipos de ríos en España de acuerdo a la Directiva Marco del Agua.

En España los instrumentos para identificar en cada masa de agua los objetivos a alcanzar, como resultado de todos los condicionantes de uso y medioambientales, son los planes de cuenca, cuya aprobación tiene rango normativo.

La dificultad de clasificar los cuerpos de agua

Las normas que plantean una clasificación de todos los cuerpos de agua del país, al igual que sucede con las normas de inmisión, conceptualmente pueden ser muy correctas ya que permitirían adaptarse al medio, pero presenta claras complicaciones de aplicación práctica.

Este tipo de desarrollos normativos imponen la necesidad de establecer previamente la clasificación de cuerpos para poder hacer efectiva la aplicación. Sin la realización de este estudio no será posible la aplicación material de la norma, por lo que necesariamente ha de preverse un plazo realista para finalizarlo y una regulación transitoria que cubra ese plazo. Pero además, el ejercicio de clasificación de las masas de agua debiera ser muy riguroso, para aportar seguridad jurídica a las obligaciones que se impongan en cada caso, por lo que la forma en que se realice dicha clasificación también debería estar regulada, de tal forma que se evite la arbitrariedad.

Por estas razones, el estudio necesario debería ser asumido por la autoridad ambiental responsable de la protección de las aguas y nunca por particulares, que no tienen autoridad para determinar la clasificación de unos cuerpos de agua que son públicos (jurídicamente puede ser muy complejo obligar a respetar unas condiciones en el medio establecidas por un particular), que no van a poder disponer de toda la información necesaria para poder realizar la clasificación (redes de seguimiento de calidad del medio, otros vertidos al medios, estudios realizados por diferentes entidades, etc.) y que no deberían cargar con la responsabilidad y los gastos de un estudio que es claramente de responsabilidad pública, dado que puede afectar a diferentes usuarios. Además, muy probablemente aparecerían casos de contradicciones respecto a la clasificación propuesta por diferentes particulares que habría que resolver o con nuevos usuarios que van a verter en una zona clasificada por otro. Una situación distinta sería imponer a los usuarios, una vez clasificados los cuerpos de agua, la obligación de realizar el estudio necesario para determinar con qué niveles de vertido ha de emitir para no perjudicar el medio. Aun así, este estudio debería ser revisado y validado por la autoridad ambiental.

Pero, incluso en el caso de que el estudio de clasificación sea asumido por la autoridad ambiental puede ser un trabajo muy complejo y laborioso de desarrollar.

Cuando la distinción de los límites se establece solo en función de las grandes categorías de masas de agua (ríos, lagos, aguas costeras, etc.), en principio estas categorías se pueden diferenciar de una manera sencilla. Aunque, como ya se ha destacado, si se quieren proteger de una manera especial los lagos, embalses o cualquier otro cuerpo de agua, no bastaría con identificar la masa concreta sino que debería delimitarse en cada caso la cuenca donde sería necesario aplicar las restricciones, lo que requerirá de un estudio específico.

Cuando se requiere una clasificación completa de los cuerpos de agua será necesaria la realización de un trabajo metódico y laborioso para conocer la calidad de las aguas y los usos que se realizan de las mismas (los actuales y los potenciales). Debido a estas dificultades, en algunos países donde se prevén estas clasificaciones, finalmente no ha sido posible materializarlas. La experiencia en Europa ha mostrado que quizá el mejor momento para realizar o revisar estas clasificaciones es cuando se elaboran los planes de cuenca.

Se debe tener en cuenta, además, que esta clasificación debería ser actualizada cuando se requiera, de acuerdo a los cambios de uso del cuerpo receptor u otras necesidades.

Las clases “botadero”

Los criterios considerados para clasificar los cuerpos de agua en las diferentes normas revisadas en la región, en general, se basan más en la calidad actual de las aguas y en los usos que se puede hacer de las mismas, que en los ecosistemas de los medios receptores. Este tipo de clasificación, aunque puedan considerarse muy prácticas en sus planteamientos, realmente presentan un error conceptual de base.

La clasificación por calidad y usos considera que aquellos cuerpos que se encuentran en mejor estado y tienen usos más sensibles deben protegerse en mayor grado, y aquellos cuya calidad ya se encuentra degradada y que, por tanto, no son aptas para la mayoría de usos son clasificados en la peor categoría y, son objeto de menor protección.

Al categorizarlos como de peor calidad y consentir en unos vertidos más contaminantes, de alguna manera, inevitablemente se está condenando a estos cuerpos a que nunca se recuperen. Esto es lo que se podría denominar “clase botadero”. Como ya está degradado, no importa seguir contaminándolo.

Para evitar esta condena, cualquier clasificación debería contener una cierta perspectiva medioambiental en la clasificación y en los límites que se impongan a los vertidos. Aunque en los cursos bajos de los ríos la calidad natural de las aguas pueda no ser tan apropiada para los usos humanos como en los altos, no es razón para desinhibirse de su preservación.

5.6 PROGRESIVIDAD EN EL TIEMPO

Otro de los mecanismos que permite alcanzar unas normas más flexibles, que puedan adaptarse mejor a las necesidades, consiste en establecer disposiciones que introduzcan las limitaciones de una forma progresiva en el tiempo, de tal forma que se puedan tomar en consideración las capacidades reales para afrontar las infraestructuras necesarias. Esta progresividad podría introducirse de diferentes maneras como, por ejemplo, ir endureciendo los límites con el tiempo para todas las poblaciones o establecer los plazos de cumplimiento diferentes en función de la población y/o el medio receptor.

5.6.1 Aumento de las obligaciones con el tiempo

Las limitaciones progresivas en el tiempo pueden establecerse imponiendo límites cada vez más estrictos a alcanzar en etapas sucesivas. Estos límites podrían imponerse en concentraciones o en cargas contaminantes o incluso considerando ambos métodos, dependiendo del parámetro. También se podría optar por ir imponiendo un grado de tratamiento a las aguas cada vez más exigente. Por ejemplo, exigiendo en una primera etapa un tratamiento primario y en la segunda, un secundario. Todos estos tipos de limitación podrían establecerse para todos o solo para algunos tipos o tamaños de vertido. Entre las normas analizadas, se pueden observar algunos de estos mecanismos, destacando el caso de la normativa guatemalteca.

Guatemala.

El reglamento de descargas (Guatemala, 2006) introdujo, como procedimiento básico, un modelo de reducción progresiva de cargas contaminantes para la DBO, con la finalidad de flexibilizar y facilitar el cumplimiento de las metas establecidas. Así, los entes generadores existentes debían

reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descargarán a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas reflejados en la tabla II.

Tabla II Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno del sistema general. Norma guatemalteca Acuerdo Gubernativo N° 236-2006

Etapas		Uno			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración, años	5				
Carga, kg/d	$3000 \leq EG < 6000$	$6000 \leq EG < 12000$	$12000 \leq EG < 25000$	$25000 \leq EG < 50000$	$50000 \leq EG < 250000$
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapas		Dos			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince				
Duración, años	4				
Carga, kg/d	$3000 \leq EG < 5500$	$5500 \leq EG < 10000$	$10000 \leq EG < 30000$	$30000 \leq EG < 50000$	$50000 \leq EG < 125000$
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
Etapas		Tres			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5				
Carga, kg/d	$3000 \leq EG < 5000$	$5000 \leq EG < 10000$	$10000 \leq EG < 30000$	$30000 \leq EG < 65000$	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
Etapas		Cuatro			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4				
Carga, kg/d	$3000 \leq EG < 4000$		$4000 \leq EG < 7000$		
Reducción porcentual	40		60		

EG= carga del ente generador correspondiente en kilogramos por día.

De esta forma, en función de la magnitud del vertido (de la carga vertida), se imponían unas exigencias diferentes a alcanzar en una serie de plazos. Los requerimientos impuestos consisten en reducciones porcentuales de carga cada vez más exigentes hasta llegar al último plazo.

Para el resto de parámetros se establecen limitaciones también de manera progresiva pero en términos de concentraciones, tal como se refleja en la tabla 12, donde se muestran solo aquellos parámetros más típicos relacionados con los vertidos urbanos.

Además de este régimen general, existen modelos específicos de reducción de contaminantes para los casos de los vertidos de municipalidades y urbanizaciones. La norma original permitía a las poblaciones acogerse al modelo general o al particular de los vertidos ordinarios. Si bien, posteriormente, debido a que ha sido necesario ir ampliando los plazos de cumplimiento para los vertidos urbanos (que no acababan de cumplir), los vertidos ordinarios solo pueden acogerse a su modelo particular.

Tabla 12. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores con carácter general en los parámetros más típicos de los vertidos urbanos. Norma guatemalteca Acuerdo Gubernativo N° 236-2006

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/L	1500	100	50	10	10
Materia flotante		Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	mg/L	1400	100	50	25	20
Fósforo total	mg/L	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1x10 ⁸	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁵	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Los requerimientos para las **municipalidades** de acuerdo a la última modificación introducida en 2019, deberán cumplir con los límites que figuran en la tabla 13 (donde solo se han incluido los parámetros más típicos de aguas urbanas).

Tabla 13. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores para las municipalidades en los parámetros más relacionados con los vertidos urbanos. A.G. 254-2019

Parámetros	Dimensionales	Fecha máxima de cumplimiento		
		02/05/2024	02/05/2028	02/05/2032
		Etapa		
		Uno	Dos	Tres
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/L	50	10	10
Materia flotante		Ausente	Ausente	Ausente
DBO	mg/L	250	100	100
Sólidos suspendidos	mg/L	275	200	100
Nitrógeno total	mg/L	150	70	20
Fósforo total	mg/L	40	20	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1x10 ⁷	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴

Nicaragua

Otro ejemplo donde se introducen requisitos más exigentes con el tiempo se puede encontrar en la nueva normativa nicaragüense (Nicaragua, 2017), donde se plantea también un modelo de reducción pero en este caso solo para los coliformes fecales. Con este procedimiento se pretende responder de manera progresiva a la disminución de la contaminación aportada por las descargas de aguas residuales, siempre y cuando el vertido no se deposite en cuerpos de agua donde se afecte la salud humana. Se establecen los siguientes límites y periodos de tiempo que se recogen en la tabla 14.

Tabla 14: Límites máximos permisibles de Coliformes Fecales. Capítulo V, Decreto N°21-2017.

Periodo de tiempo	2017-2022	2023-2026	2027-2029
Coliformes Fecales	1×10^5	1×10^4	1×10^3

Problemática de las exigencias incrementales

Aunque desde un planteamiento conceptual teórico se pueda pensar que una reducción progresiva en el tiempo facilita la aplicación de una norma, no tiene por qué ser así en la práctica. En el caso de los vertidos industriales, donde el responsable tiene capacidad para construir y operar sus propias plantas, esta aproximación puede resultar interesante para poder ejecutar y poner en marcha unas primeras instalaciones, que alivien parte del problema, para posteriormente ir refinando el tratamiento. Sin embargo, para gran parte de las poblaciones en Latinoamérica pueden presentar una serie de problemas a la hora de aplicarlos, como son:

- En muchas ocasiones y especialmente en el caso de las poblaciones de menor tamaño, poner en marcha un proyecto para la construcción de una planta de tratamiento es una singularidad difícil de acometer y de financiar. Conseguirlo, muchas veces, es todo un logro para una población, puesto que requiere de recursos humanos y económicos externos. Plantear un modelo de reducciones progresivas, supone que las poblaciones sean capaces de encadenar una serie de proyectos casi de forma continua para ir respondiendo a las sucesivas exigencias, lo que no parece muy realista a día de hoy en la gran mayoría de las poblaciones de la región. Requeriría de un sistema de financiación y construcción de infraestructuras implantado en el país perfectamente reglado y organizado, con el que no se cuenta a día de hoy.
- Dado el gran número de etapas que se plantean y el escaso tiempo entre ellas, se estaría obligando a que, según se finalicen las obras de primera etapa, se debe comenzar el proyecto de ampliación para tener las instalaciones necesarias cuatro años después. Una situación de permanente obra, es difícil de mantener sin retrasos y, además, altera sobremanera el funcionamiento correcto de una instalación, lo que se debería evitar.
- Cuando los umbrales sucesivos de reducción se plantean desde un punto de vista teórico, no suelen encajar con los rendimientos reales que se pueden esperar de los tratamientos convencionales. Como se ha visto, unos procesos actúan sobre unos parámetros en mayor medida que sobre otros y obtienen unos determinados rendimientos. Por tanto, pretender reducir progresivamente todos los parámetros en la misma medida, no es un planteamiento que encaje con la realidad de los sistemas de tratamiento. Por ejemplo, en el momento en el que se obligue a reducir nutrientes, aunque sea solo una mínima reducción, los tratamientos necesarios van a ser también muy eficientes en sólidos y materia orgánica. Igualmente, si se exige desinfectar, la calidad para el resto de parámetros debería ser también muy buena. Además, la instalación de desinfección ha de construirse al completo aunque en las primeras etapas se exijan bajos rendimientos; será solo una cuestión de dosis de cloro. Alternativamente, si se realiza por lagunaje, lo más económico sería hacer la laguna de maduración necesaria de una vez y no una nueva laguna cada pocos años. Por tanto, en caso de plantearse una reducción por fases, resultaría mucho más conveniente establecer las exigencias en función de los tratamientos convencionales (en primera fase un

primario y en segunda fase un secundario, por ejemplo) y, aun así, probablemente no sería la mejor solución en la mayoría de los casos debido a los otros problemas.

La adaptación por fases puede ser adecuada para algunas situaciones (teniendo en cuenta población, vertidos y medios receptores), pero no para otros. En aquellas situaciones donde, por ejemplo, una población cuenta con capacidad humana y financiera suficiente como para decidir sobre sus propias obras, la población está creciendo y/o se estima un ritmo de conectividad baja y sus vertidos generan un impacto moderado, puede ser adecuado construir en primera fase un tratamiento primario y, posteriormente, cuando la carga contaminante aumente, un secundario. Sin embargo, otras grandes poblaciones que vierten sobre cursos medianos o pequeños, generan un impacto importante que no se va a solucionar hasta que se trate completamente el agua residual.

5.6.2 Plazos de cumplimiento

Otra forma de hacer una norma progresiva en el tiempo sería imponiendo fechas de cumplimiento diferentes en función de la casuística existente. De tal forma que las poblaciones de mayor tamaño o que viertan en zonas más sensibles tengan un plazo más estricto que las más pequeñas y en zonas menos sensibles. Este sería el procedimiento seguido, por ejemplo, en la directiva europea, que se fue aprobada en el año 1991 y estableció plazos sucesivos para las distintas obligaciones. Primero se habilitó un plazo para la adaptación normativa en los distintos países, la identificación de las zonas sensibles y la elaboración de planes de desarrollo y, posteriormente, se impusieron plazos de cumplimiento en función del tamaño de la población y del medio receptor, tal como se refleja en la tabla 15. De esta forma, se daba un plazo suficiente para construir cualquier instalación y se permitía un desarrollo priorizado.

Tabla 15: Plazos para el cumplimiento de las disposiciones principales de la Directiva 91/271, en función de las zonas de vertido y de los tamaños de población (en habitantes equivalentes).

Medio receptor		Tratamiento	1998	2000	2005
Zona sensible en cualquier medio		más riguroso	10.000		
Agua dulce	zona normal	Secundario		15.000	2.000 a 15.000
	alta montaña	menos riguroso		15.000	2.000 a 15.000
Estuario	zona normal	Secundario		15.000	2.000 a 15.000
	zona menos sensible	Primario		15.000 a 150.000	2.000 a 15.000
Costa	zona normal	Secundario		15.000	10.000 a 15.000
	zona menos sensible	Primario		15.000 a 150.000	10.000 a 15.000

Sin embargo, en la mayoría de las normas de la región no se contempla esta posible progresividad en cuanto a plazos de aplicación. La única que contempla esta vía y, de hecho, la convierte en el fundamento de la norma es la guatemalteca.

Como se ha detallado en el apartado anterior, en Guatemala se establecen diferentes metas en plazos determinados para alcanzar una reducción progresiva de los contaminantes, por lo que se está previendo un tiempo para el cumplimiento efectivo de cada una de las fases. Sin embargo, los plazos previstos para las poblaciones no han podido ser respetados, por lo que sucesivas modificaciones de la norma han debido ir introduciendo ampliaciones de plazo.

En esta norma se diferencia, además, entre los nuevos entes generadores, que deberán cumplir con los objetivos más estrictos desde el principio, y los entes generadores ya existentes que podrán optar por este sistema de reducción progresiva.

5.7 RESUMEN DE TIPOS DE NORMAS

En este capítulo se ha mostrado una amplia diversidad de opciones en cuanto a los procedimientos que se pueden seguir para establecer los límites a los vertidos. Cuando en un país se esté tratando de desarrollar o reformular las normativas de vertido, sería muy conveniente que se evaluaran las diferentes opciones (las que se han presentado aquí más otras que pueda haber) para encontrar aquellas que puedan aportar una mejor solución a sus circunstancias locales. A continuación se resumen las diferentes tipologías por las que se puede optar a la hora de redactar unas normativas de vertido.

Vertidos considerados

- Planteamiento similares o diferenciados para vertidos urbanos e industriales
- Dentro de los vertidos de las poblaciones diferenciar entre tipologías:
 - Viviendas individuales
 - Vertidos puramente domésticos y vertidos con mezclas asumibles (urbanos)
 - Alcantarillados públicos y desarrollos privados
 - Poblaciones con cargas industriales significativas
- Umbral mínimo de regulación
 - Viviendas individuales
 - Poblaciones a partir de un tamaño (evaluada por habitantes o carga contaminante)
 - Para todos los parámetros
 - Para algunos parámetros
 - Dependiendo del medio receptor

Perspectiva de la limitación a imponer

- Limitaciones sobre el ente generador
 - Normas de emisión
 - Tratamientos obligados
 - Combinaciones
- Limitaciones sobre el medio. Normas de inmisión
- Enfoque combinado

Tipos de límites impuestos

- Límites absolutos o relativos
 - Establecimiento de umbrales absolutos para los parámetros
 - Obligación de rendimientos de reducción
 - Combinaciones de ambos sistemas
 - En función de la casuística se aplicaría uno, otro o los dos
- Tipo de medida de la contaminación
 - Concentraciones
 - Cargas contaminantes
 - Combinaciones dependiendo del parámetro y de la situación

- Exigencia de cumplimiento
 - Muestra puntual o compuesta
 - Límite absoluto, percentil de cumplimiento o valor medio

Progresividad con el tamaño de población

- Límites iguales para todas las poblaciones
- Límites más estrictos según aumenta el tamaño de la población
 - Para todos los parámetros
 - Para algunos parámetros
 - Dependiendo de las circunstancias

Progresividad en función del medio receptor

- Iguales en todos los casos
- Variables en función del medio receptor
 - Casos singulares con normativa específica
 - Solo algunas categorías (lagos, esteros)
 - Depende de la categoría del cuerpo de agua (río, lago, aguas subterráneas, aguas costeras)
 - Clasificación de todos los cuerpos receptores
 - Clasificación por usos y calidad actual
 - Clasificación por ecotipos
 - Superposición de clasificaciones por diferentes criterios

Progresividad en el tiempo

- Iguales para todos
 - Desde el momento de la publicación
 - Plazo de aplicación igual para todos
- Límites más exigentes en función de unos plazos
- Plazos más dilatados para cumplir con las obligaciones
 - En función del tamaño de la población
 - En función del medio receptor
 - Considerando ambos factores

Adaptación a las condiciones climáticas

Adicionalmente, en algún país puede ser interesante considerar también las variaciones ambientales locales, no por lo que condicione el medio receptor, sino por lo que pueda condicionar la efectividad de los procesos de tratamiento.

- Condiciones climáticas extremas (zonas muy frías y/o de elevada altitud)

6 OTROS ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR EN LA DEFINICIÓN DE LAS NORMAS DE VERTIDO

Aunque en el capítulo anterior ya se han podido revisar múltiples cuestiones técnicas que deberían tomarse en consideración cuando se propone o revisa una norma de vertidos, existen además otra serie de aspectos que es necesario tomar en consideración y evaluar cuidadosamente para completar una propuesta de normativa. En este capítulo se van a analizar los más importantes, destacando algunos problemas e incoherencias que se han encontrado con cierta frecuencia en las normas de la región.

6.1 NIVEL DE EXIGENCIA DE LA NORMA

6.1.1 Decisión sobre el nivel de exigencia

Cuando se pretende establecer limitaciones vertido una cuestión primaria a decidir sería el nivel de exigencia que se quiere alcanzar. En principio, parece que la respuesta lógica a este dilema sería que el nivel de exigencia sería aquel que asegurara que no se producen impactos significativos. Sin embargo, como se ha visto, poder asegurar esto en todos los casos puede ser una labor complicada, por lo que se suele recurrir a soluciones de compromiso, donde hay que tomar en consideración muchos factores. Los niveles de exigencia que se establecen finalmente en las normas suelen ser el resultado del equilibrio entre las distintas posiciones de las entidades que participan en su desarrollo en cada país.

Las diferentes normativas revisadas presentan niveles de exigencia muy dispares. En la tabla 16 se comparan los límites de algunas de ellas.

Tabla 16: Comparativa de niveles de calidad exigidos por las normas de diferentes países.

Parámetro	Cuba ⁽¹⁾	Honduras ⁽²⁾	El Salvador ⁽³⁾	Bolivia ⁽⁴⁾	Guatemala ⁽⁵⁾	Nicaragua ⁽⁶⁾
DBO ₅ (mg/L)	30-40-60	50	60	80	100	110
DQO (mg/L)	70-90-120	200	150	250 ⁽⁷⁾	---	220
SST (mg/L)	---	100	60	60	100	80
P total (mg/L)	2-4-10	5	---	---	10	10
N amoniacal (mg/L)	---	20	---	4	---	---
NTK (mg/L)	5-10-20	30	---	---	---	---
N total (mg/L)	---	---	---	---	20	30
Coliformes Fecales NMP/100mL	--- ⁽⁸⁾	5x10 ³	--- ⁽⁹⁾	1x10 ³	1x10 ⁴	1x10 ³ ⁽¹⁰⁾

(1) NC 27:2012. Para ríos y embalses, dependiendo del tipo A-B-C

(2) Acuerdo N°058

(3) RTS 13.05.01:18

(4) Disposición transitoria. Decreto Supremo N° 24176

(5) A.G. N° 236-2006. Los límites establecidos en esta tabla corresponden con los límites impuestos para municipalidades que deberán ser alcanzados antes de 2032

(6) Decreto N°21-2017. Aguas de alcantarillado

(7) Aplicable a descargas de procesos mineros e industriales en genera

(8) La norma técnica de calidad del agua como medio receptor que se establezca, debe tomar de referencia un valor de 1.000 UFC/100mL

(9) En aguas superficiales terrestres se regula por norma de inmisión y solo para las clases A y B (200-1000, respectivamente para superficiales). En vertidos a zonas costeras, sin embargo, sí cuenta con límites de emisión, que varían entre 200 y 1000, dependiendo de la clasificación del medio.

(10) Para el periodo 2027-2030

Un planteamiento que en ocasiones se adopta por las autoridades ambientales consiste en proponer unos límites para todos los parámetros que, por la experiencia y el conocimiento internacional, se sabe que van a evitar cualquier tipo de impacto. Esos límites se imponen para todo tipo de vertido y así se está seguro que se protege el medioambiente y los usos en cualquier lugar y situación (nos curamos en salud). Sin embargo, este planteamiento es ajeno a la realidad del país, al conocimiento de los impactos reales que se están produciendo y a las dificultades que tienen las poblaciones para construir y operar las plantas de tratamiento que se requieren para unos límites tan exigentes. El resultado suele ser que los límites impuestos no son respetados ni siquiera por los técnicos de las administraciones centrales que construyen las plantas de tratamiento. En general, en estos casos, no se ha producido la necesaria coordinación entre las autoridades ambientales que desarrollan las normas y los responsables de la construcción y operación de las plantas de tratamiento.

En otras ocasiones se puede encontrar un planteamiento absolutamente contrario: ante el convencimiento de que una gran parte de las poblaciones no va a tener capacidad para construir y operar las plantas de tratamiento, se imponen con carácter general límites muy laxos. Este enfoque tampoco estaría tomando en consideración ni los problemas reales que se están produciendo ni las capacidades reales de todas las poblaciones. En algunos casos los límites impuestos son tan laxos que ni siquiera van a ser coherentes con las capacidades de tratamiento reales de las instalaciones, puesto que una vez que se construye una planta y debe realizar un tratamiento superior al primario, no va a ser un problema alcanzar mejores calidades que las exigidas.

Las decisiones respecto a los niveles de exigencia en cada país deberían tomarse equilibrando las necesidades de reducir los impactos reales generados por la falta de tratamiento de las aguas residuales con las capacidades reales que tiene la población para construir y mantener los diferentes tipos de planta de tratamiento. Una vez evaluados estos condicionantes, muy probablemente la opción mejor pasará por ser más exigente allí donde sea necesario y donde se pueda y más permisivo donde no sea tan necesario.

En la tabla 16 resulta evidente que las decisiones en cada país se han tomado desde perspectivas muy diferentes, puesto que existe una gran diversidad en cuanto a los parámetros a controlar y niveles a alcanzar. Probablemente las carencias y los problemas que se puedan encontrar en estos países no sean tan diferentes como para que los límites se haya establecido de forma tan dispar. Llama especialmente la atención la disparidad entre los países fronterizos de Centroamérica, puesto que idealmente los cuerpos de agua deberían tener el mismo nivel de protección a un lado y otro de la frontera por la que discurren. Por ello resulta especialmente interesante abrir espacios de reflexión a nivel internacional, como se está impulsando desde la Cooperación Española y la CODIA, donde se puedan intercambiar ideas, experiencias y planteamientos.

6.1.2 Parámetros a limitar

Entre las primeras decisiones para definir las restricciones se encontraría la selección de parámetros a limitar. Aunque muchos aspectos ya se abordaron en el capítulo 4, se incluye aquí una síntesis de las consideraciones más importantes.

Como se ha visto en apartados anteriores, en general las aguas residuales urbanas a causar un impacto negativo en todos los cuerpos receptores tanto por la carga orgánica como por los sólidos en suspensión que aportan, por lo que debería tratarse de reducir estos dos contaminantes en cualquier situación. Si bien, tomando en consideración la capacidad de dilución del medio, la limitación a imponer podría ser más o menos exigente. Esta dilución va a depender de la magnitud del vertido (tamaño de población) y de la magnitud y renovación del medio receptor.

Hay otros contaminantes, sin embargo, que van a generar un impacto significativo especialmente en un tipo de medio receptor. Este sería el caso de los nutrientes, que tendrían un efecto importante sobre las masas de agua susceptibles de eutrofizarse, o de los microorganismos patógenos que aunque siempre puedan suponer un riesgo, su impacto sería mucho mayor si el vertido está afectando a fuentes de agua para abastecimiento, a zonas de baño o a zonas de marisqueo.

Se debe recordar que los procesos convencionales reducen muy poco el nitrógeno, solo un 10-15% en el tratamiento primario y, si se aplica un secundario aerobio, puede llegar a reducirse un 30% máximo. En el caso de aplicar tratamientos anaerobios, la reducción del nitrógeno es mucho más baja. Por tanto, limitar el nitrógeno, va a requerir de tratamientos avanzados más exigentes y costosos. Algo muy similar ocurre con el fósforo, aunque en este caso se puede recurrir a procesos físico químicos que, si bien son más sencillos, conllevan un mayor coste por consumo de reactivos. Por todo ello, cualquier limitación introducida en nutrientes que obligue a prever un tratamiento específico, por baja que sea esa exigencia, va a requerir generalmente de procesos complejos y conlleva la necesidad de alcanzar niveles de calidad muy elevados de eliminación de sólidos y DBO (salvo que se realice con humedales superficiales).

De la misma forma, se debería tener en cuenta que exigir rangos muy restrictivos para los coliformes, salvo que se realice mediante lagunas u otros sistemas extensivos, conlleva desinfectar las aguas por cloro o radiación ultravioleta y, en ambos casos, se requiere previamente una calidad de agua muy buena tanto en SS como DBO₅ (tratamientos terciarios) e incluso la nitrificación, para lograr una alta eficacia, evitar problemas de altas dosis y de contaminación de las aguas por generación de compuestos indeseables.

Por tanto y dado que este tipo de plantas de tratamiento pueden ser muy sofisticadas y costosas, probablemente lo más eficiente y realista sería limitar estos parámetros solo en aquellas situaciones donde sea estrictamente necesario. En este sentido, es de destacar la modificación que realizó El Salvador de su normativa, donde los Coliformes dejaron de tener un límite general estricto (Coliformes fecales 2.000 NMP/100 mL), para exigirse solamente el reporte de información al respecto. Si bien, posteriormente, debería cumplir con la norma de calidad del medio receptor que se establezca.

6.1.3 Coherencias entre parámetros y límites

A la hora de establecer los límites para los diferentes parámetros es muy importante conocer cómo se relacionan estos entre sí y los tratamientos necesarios para reducirlos.

En el anterior apartado se destacaba cómo la imposición de límites en nutrientes o patógenos, va a suponer de manera automática una mayor exigencia de lo habitual en otros parámetros, como los SS y la DBO. En la normativa de algún país, como en Cuba u Honduras, se han introducido límites muy exigentes para el fósforo (ver tabla 16), cuyo cumplimiento conllevaría probablemente tener que reducir los SS y la DBO₅ por debajo de los 10 mg/L. Sin embargo, la limitación teórica impuesta para estos parámetros es mucho más alta, lo que resulta incoherente e, incluso, engañoso. En estas normas los verdaderos límites para los SS y la DBO no son los que figuran en la tabla, sino que serían más exigentes y vendrían determinados por la reducción del fósforo.

Con la reducción del nitrógeno se darían situaciones similares. La reducción del N a niveles por debajo de 20 mg/L, como prevé por ejemplo la norma guatemalteca, requeriría de procesos de nitrificación-desnitrificación, que conllevan tratamientos avanzados con altas eficiencias en la remoción de DBO y SS. Sin embargo se está exigiendo una concentración muy laxa para estos dos

parámetros (100 mg/L). La norma nicaragüense también prevé la reducción de nitrógeno, si bien no en tal grado (hasta 30 mg/L) y podría alcanzarse con un tratamiento secundario convencional, si la entrada no es muy concentrada. En cualquier caso, también en esta norma la necesidad de implantar un tratamiento secundario, determinada por la exigencia del nitrógeno, es incoherente con el nivel tan laxo exigido para la DBO (110 mg/L).

Incluso en el caso de que solo se exigiera la nitrificación (limitación del NTK o del N amoniacal), como sucede en Bolivia, Cuba y, en menor grado, en Honduras, el tratamiento a implantar ha de ser del tipo de secundario (procesos biológicos intensivos con alta edad del lodo), lo que generalmente va a producir aguas de buena calidad en SS y DBO. Una exigencia de 4 mg/L de N amoniacal y 80 mg/L de DBO₅ podría entenderse que se imponga con carácter general, para todo tipo de vertidos, pero no resulta coherente desde la perspectiva de un agua residual urbana.

Otra importante relación que no se puede ignorar entre los parámetros típicos del agua residual de las poblaciones es la que se produce entre la DQO y la DBO y su evolución a lo largo del tratamiento. Como se expuso en el apartado 4.1.3, la DQO va a ser siempre mayor que la DBO porque esta medida tan solo incluye la materia oxidable por procesos biológicos. En las aguas residuales urbanas, una parte de la materia oxidable será particulada (decantable) y otra no decantable, formada por materia coloidal y disuelta. Un proceso físico de tratamiento, como la sedimentación primaria, retira solo materia en suspensión y afectaría tanto a la DBO como a la DQO. Sin embargo, cuando se somete a un tratamiento secundario, la materia oxidable que se verá fundamentalmente afectada será aquella que se oxida por procesos biológicos, la DBO, pudiendo llegar a reducirse en más de un 90%. La materia oxidable no biodegradable no se verá significativamente afectada y, por tanto, la DQO solo se verá reducida en la parte correspondiente a la DBO. En consecuencia, la relación DBO/DQO en el efluente de la planta se habrá modificado muy significativamente respecto a las aguas brutas, pudiéndose situar en torno a 0,2. La figura 14 trata de ilustrar este proceso de una manera simplificada.

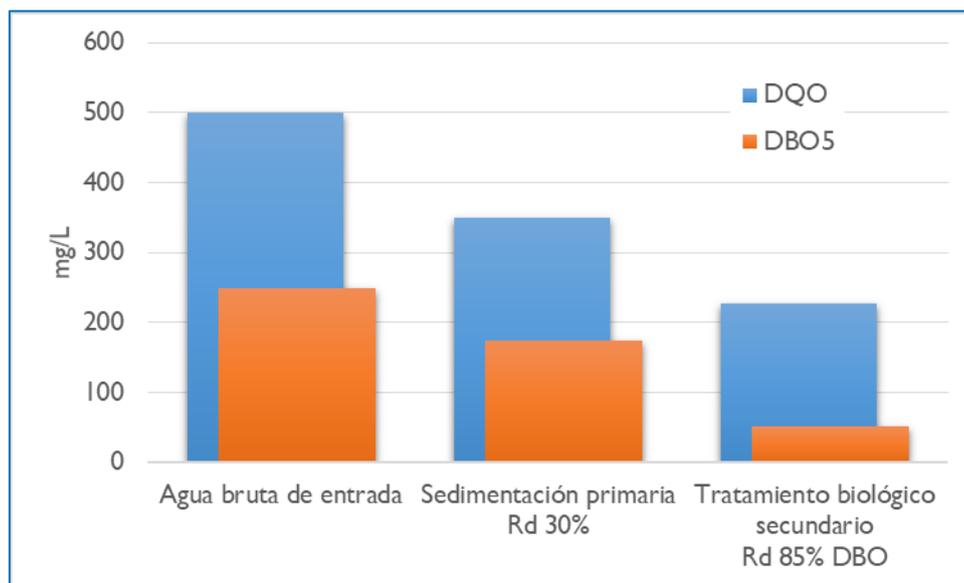


Figura 14: Evolución de DQO y DBO₅ en una línea de tratamiento convencional

Un ejemplo de norma que ha tenido en consideración esta variación sería la directiva europea donde los límites impuestos para un tratamiento secundario son 25 mg/L de DBO₅ y 125 mg/L de DQO. Sin embargo en las normativas de la región se pueden encontrar algunos ejemplos donde no se ha tenido en cuenta esta variación, tal como se puede ver en la tabla 16. Así por ejemplo, cuando

El Salvador impone un límite de 160 mg/L para la DQO y de 60 mg/L para la DBO₅, probablemente va a ser la DQO el parámetro condicionante del tratamiento en gran parte de los casos. En Cuba se da una situación más extrema, puesto que los valores exigidos para las clases de mejor calidad (por debajo de 70 mg/L de DQO) serían muy difíciles de alcanzar incluso con tratamientos terciarios y, desde luego, no se podrían lograr con ningún tratamiento convencional.

Las reducciones que se pueden alcanzar con las diferentes líneas de tratamiento para cada parámetro se pueden ver en la tabla 2 del apartado 4.2.2.

La relación entre los SS y la DBO en las aguas residuales va a ser muy variable dado que depende muchos condicionantes, entre los que destacan si el sistema de saneamiento es unitario o separativo o si las calles están o no asfaltadas. Generalmente en el tratamiento primario es esperable que se produzca una reducción más significativa de los sólidos (66% o incluso mayor si la concentración es elevada) que de la DBO (33%). Sin embargo, en el tratamiento secundario lo que más se reducirá es la materia orgánica, igualándose al final de proceso las reducciones que se pueden alcanzar para ambos parámetros. Por tanto, como valor orientativo los límites de estos dos parámetros suelen establecer con valores muy similares. No resultan muy coherentes en este sentido limitaciones como la hondureña, donde se limita a 50 mg/L la DBO₅ y a 100 mg/L los SS. En aguas residuales típicas urbanas no se podría alcanzar ese nivel de DBO sin un nivel al menos equivalente de sólidos, puesto que estos contienen también mucha materia orgánica.

Los límites más estrictos entre todas las normas revisadas se han encontrado en el Acuerdo Gubernativo N° 12-2011, se aprueba el Reglamento de descargas de aguas residuales en la cuenca del lago de Atitlán, en Guatemala que se resumen en la tabla 7 del apartado 5.5.1 (Guatemala, 2011). Las limitaciones impuestas para vertidos directos al lago, con una DQO de 60 mg/L y un N total de 5 mg/L, serían prácticamente imposible de alcanzar en tratamientos avanzados convencionales y, desde luego, son incoherentes con la exigencia de 30 mg/L para la DBO y 40 mg/L para los SS, puesto que implicarían ir prácticamente a cero en estos parámetros.

6.1.4 Coherencia con los tratamientos convencionales

En definitiva, todos los problemas e incoherencias que se han ido poniendo de manifiesto en este capítulo tienen mucho que ver con dos factores: o bien, se han impuesto los límites con carácter general, no de manera específica para los vertidos urbanos o bien, aun siendo específica de los vertidos urbanos, no se han tenido en cuenta los rendimientos que habitualmente se pueden obtener por los tratamientos más habituales.

Por ello, teniendo en cuenta las singularidades propias de las aguas residuales urbanas, las relaciones que presentan entre los parámetros y las evoluciones tan características que siguen en los diferentes tipos de tratamiento, quizá la forma más adecuada de regular sus vertidos sería de manera independiente a los vertidos industriales. Además, en la definición de los límites deberían tomarse en consideración los rendimientos que realmente se pueden alcanzar con los diferentes tratamientos convencionales. De esta forma se evitarían las incoherencias que se han descrito en los apartados anteriores y se aseguraría que las limitaciones impuestas pueden alcanzarse; en definitiva, las normas serían más realistas desde la perspectiva de los vertidos urbanos.

Adicionalmente, las normativas deberían contemplar singularidades de algunos tipos de tratamiento, sobre todo si estos pueden resultar especialmente interesantes en la región. Por ejemplo, si el tratamiento de las aguas residuales se realiza por lagunaje, los umbrales de cumplimiento para SS y para la DBO van a ser prácticamente imposibles de cumplir por la propia naturaleza de este tipo de

tratamiento. La gran proliferación de microalgas que se produce hace inevitable que el contenido en estos parámetros sea elevado en la salida. Sin embargo, no es esta carga la que se quiere evitar cuando se imponen límites al vertido, sino la carga orgánica y fecal que proviene de las poblaciones. Por ello, se debería contemplar una eximente cuando se empleen lagunas facultativas o de maduración, permitiendo que la comprobación se realice sobre muestras filtradas. En este sentido, la directiva europea prevé que la comprobación del cumplimiento en los vertidos de lagunas se pueda hacer sobre muestras filtradas, si bien limita los SS a un máximo de 150 mg/L en las muestras sin filtrar.



Figura 15: Presencia de microalgas en una laguna tratamiento de aguas residuales. PTAR de Linde-Paracaya. Bolivia

Una práctica muy interesante que se puede encontrar en algunas normativas de lodos y de reutilización de diferentes países consiste en identificar, dentro del propio texto legislativo, una serie de tratamientos con los que se podrían alcanzar los niveles de calidad exigidos en las normas. Este ejercicio, de alguna manera, obliga a casar los límites impuestos con la realidad de lo que la ingeniería convencional disponible puede lograr, haciendo las normas más realistas y evidenciando además el esfuerzo al que se verán sometidas las poblaciones.

6.2 LA COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO

6.2.1 Aspectos técnicos a definir para un control efectivo

La comprobación del cumplimiento de la norma establecida es un aspecto fundamental que deber quedar completamente regulado. Al respecto se deberían tipificar todos los requerimientos en relación con:

- Tipos de control y entidades responsables de realizarlo
 - Autocontrol por la propia entidad generadora del vertido (con entidades autorizadas)
 - Inspecciones por las autoridades competentes
- Criterios sobre la información necesaria para controlar
 - Tipo de muestras
 - En muestra compuesta definir criterios para componerla.
 - Frecuencia de muestreo
 - Fija o en función de la magnitud del vertido (población, caudal, etc.)
- Regulación de la toma de muestras, conservación, transporte y análisis
 - Aspectos técnicos sobre el procedimiento de toma de muestra, transporte y análisis
 - Aspectos de seguridad jurídica (Cadena de custodia y Trazabilidad de las muestras)
- Criterios de cumplimiento y gestión de incumplimientos
 - Requisitos básicos
 - Requisitos adicionales en caso de fallo de alguna muestra
 - Valores máximos para aceptar un fallo
 - Muestreos y requerimientos adicionales.
- Instalaciones exigidas a los entes generadores del vertido para poder realizar la toma de muestras.
- Sistema de validación de la instalación, en su caso. Algunas normativas establecen la obligación de que, una vez construidas las instalaciones y puesta en marcha la instalación, se realice un estudio de caracterización completa y sea remitida a la autoridad que otorgó la autorización.
- Entes con capacidad para realizar el control (empresas colaboradoras)
 - Acreditación de los laboratorios para la toma de muestra y análisis
 - Procedimiento para designar empresas colaboradoras

Todos estos aspectos son tratados en mayor o menor grado en las normas revisadas. En algunos casos se establecen normas adicionales independientes para regular todos los aspectos que tienen que ver con la toma de muestras, conservación, transporte y analítica, así como para establecer la cadena de custodia. Entre las normativas de los diferentes países se han encontrado algunos ejemplos donde estas cuestiones están muy desarrolladas, como puede ser el caso de El Salvador.

No es objeto de esta revisión analizar todos los aspectos de la regulación sino solo aquellos que, de alguna manera, más van a condicionar el desarrollo del tratamiento de aguas en el país. Por ello, de todas las cuestiones incluidas en la relación anterior, solo se realizan unas reflexiones sobre los que condicionan más directamente los límites impuestos.

6.2.2 La verificación del cumplimiento

En el apartado 5.3.2 ya se mencionó que la forma en que se verifica el cumplimiento supone una parte sustancial de la definición del límite en sí; cabe aquí, sin embargo, recordar estas cuestiones y destacar algunos aspectos que resultan esenciales:

- La forma en que se establece el cumplimiento se debería fijar tanto en normas de emisión como de inmisión.
- Si los umbrales máximos establecidos son para muestras puntuales o para muestras compuestas se va a tratar de límites muy diferentes, resultando mucho más estricto en el primer caso.
 - Si el límite se establece sobre muestra compuesta, lo que se realmente se está limitando es el valor medio diario. Por tanto, se admitiría que parte del tiempo la descarga supere el umbral, mientras quede compensada con la parte que se descarga por debajo.
 - Si el límite es para cada muestra puntual se está exigiendo que el peor valor del día esté por debajo del umbral. Por tanto, este límite resulta mucho más estricto.
 - En el caso de tratamientos extensivos con elevados tiempos de retención, como el lagunaje, la salida de la planta de tratamiento va a ser mucho más estable y probablemente no tenga unas consecuencias tan importantes. Sin embargo, si los procesos de tratamiento son intensivos, un control sobre muestra puntual requerirá de una instalación más holgada y más cara.
- Dependiendo de la normativa, se pueden admitir diferentes tipos de muestras compuestas, o bien los volúmenes tomados en cada espacio de tiempo se mezclan proporcionalmente a los caudales circulantes o se combinan volúmenes iguales. Los resultados que van a ofrecer estos dos tipos de muestra no son equivalentes.

Generalmente en los momentos punta de caudal se producen también los momentos altos de concentración, tanto a la entrada como a la salida de la planta (ver figura 2 en el apartado 4.1.2) y, por lo tanto, si se realiza una mezcla con volúmenes iguales, el producto tendrá concentraciones menores que un mezcla ponderada con los caudales circulantes. En el caso en que el tipo de restricción impuesta sea de reducción porcentual de contaminantes podría ser igual de válida cualquier tipo de muestra, pero si se establecen limitaciones a la concentración, lo más preciso sería que fueran proporcionales al caudal, de tal forma que lo que se valore sea realmente la concentración media diaria del agua que se ha vertido.

- Como se vio en los primeros capítulos, las características de las aguas residuales urbanas pueden ser muy variables y, por tanto, aunque las instalaciones de tratamiento estén dimensionadas con holgura, va a ser muy difícil asegurar que de forma continua, en el 100% de los momentos se cumple con el límite impuesto. Un sistema de verificación del cumplimiento que consiente un cierto porcentaje de muestras no conformes al año, será menos rígido que un sistema que no permite ningún incumplimiento, pero estará respondiendo a una variabilidad que va a ser muy difícil de evitar.

Gestión de incumplimientos

Cuando se admite un cierto número de incumplimientos en el control ordinario, estos fallos no tienen por qué quedar exentos de regulación. Por el contrario, resulta conveniente establecer diferentes condiciones adicionales, como pueden ser las siguientes:

- Establecer límites al nivel de fallo que se puede admitir. Por ejemplo, la directiva europea admite un número muestras no conformes con los límites de concentración impuestos, pero las que incumplen no deberán desviarse en más del 100 % del valor paramétrico, salvo en sólidos en suspensión, donde se podrán aceptar desviaciones de hasta un 150 %. Cuando el límite se refiere a medias anuales, no se admiten fallos.
- Es común también en normas de inmisión definir dos umbrales, un valor menos estricto que no puede ser superado como valor medio o debe respetarse un determinado percentil de las veces (el 75% o el 90%) y un límite más holgado que no puede superarse nunca. En el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente de Bolivia, la norma de inmisión establece para los coliformes dos límites en cada clase de cuerpo receptor, un máximo absoluto y otro, más estricto (5 veces menor), que debe respetarse el 80% de las muestras.
- En ocasiones, cuando en una muestra se detecta un valor superior al límite, se admita o no y sea o no debido a circunstancias excepcionales, se impone la obligación de tomar nuevos datos o de aumentar la frecuencia del control. En el Reglamento de Bolivia, por ejemplo, se especifica que en el caso de que uno o más parámetros excedan los límites establecidos, se procederá a la toma de una segunda muestra en similares condiciones. En caso de que los resultados reiteren lo encontrado en el primer análisis, se inspeccionará la planta de tratamiento a fin de definir la posible causa de tales resultados.

Podría darse la circunstancia de que, cuando se vaya a inspeccionar una instalación o en alguno de los días muestreados en el control ordinario, se esté produciendo una circunstancia excepcional que justifique que no se pueda alcanzar el nivel límite. Por tanto, sería adecuado que las normativas consideraran esta posibilidad y la regularan adecuadamente. Por ejemplo, en la directiva europea de vertidos urbanos se ha previsto no tomar en consideración los valores extremos cuando éstos sean consecuencia de situaciones inusuales, como las ocasionadas por lluvias intensas.

Después de este análisis se hace más evidente que todos los aspectos que se establezcan en relación a la verificación del cumplimiento forman parte del límite en sí mismo y, por tanto, la definición de estas cuestiones no debería ser un paso posterior sino que deberían ser planteadas cuando se están estableciendo las limitaciones. El conjunto del límite paramétrico y del procedimiento para comprobar su cumplimiento es lo que establece la exigencia real.

6.2.3 Las carencias para realizar un control efectivo

Finalmente, de cara al control se debe poner de manifiesto que todo esto no se puede realizar sin que existan unos recursos suficientes con los que realizar este control y ello pasa porque estén cubiertas las siguientes necesidades:

- Debería existir un departamento de la administración con autoridad suficiente para realizar un control efectivo y aplicar un régimen sancionador.
- La administración responsable debería estar suficientemente dotada en recursos humanos y económicos para realizar el control.
- El país debería contar con suficientes laboratorios de calidad de aguas, acreditados en los parámetros que se limitan y con presencia en las diferentes regiones.

La disponibilidad de medios se podría suplir en parte desde la normativa si se regula adecuadamente el autocontrol por parte de los entes responsables del vertido, lo cual les trasladaría una parte

importante del coste. Si bien este control ha de depender de empresas colaboradoras acreditadas y debería complementarse con el control y supervisión por parte de la administración.

Respecto a la disponibilidad de laboratorios acreditados, en diferentes países de la región existen carencias importantes al menos para contar con laboratorios en todas las regiones, lo que impide realizar un control adecuado, sobre todo en las poblaciones más remotas. Las normas de vertido limitan los parámetros que internacionalmente se consideran más adecuados para lograr un control adecuado de la contaminación, pero un parámetro tan básico como la DBO podría llegar a ser casi imposible de medir, debido a la dificultad para poder respetar los requisitos de la toma de muestras, la conservación y los tiempos de análisis que requiere.

Si se prevé que la escasez de recursos o la falta de disponibilidad de laboratorios acreditados es un problema que se pueda presentar de forma generalizada o que pueda ser importante en determinadas regiones y sectores poblacionales, podría tomarse en consideración en la redacción de las normas y prever una adaptación para que resulte posible un control mínimo, aunque no sea tan eficaz. Así por ejemplo, se podría controlar DQO y SS, en valores absolutos y sus reducciones, como indicadores de que se está realizando un tratamiento efectivo de las aguas, sin controlar la DBO. Alternativamente, en los casos donde no se pueda hacer un control efectivo (o incluso que se puedan llegar a establecer una exención del control), como en poblaciones pequeñas aisladas, se podría exigir unos dimensionamientos más holgados en los tratamientos (lagunas con determinado tiempo de retención en poblaciones pequeñas) o alguna otra medida que disminuyera el riesgo de incumplimiento.

Este tipo de consideraciones podrían introducirse transitoriamente, hasta que se cuente con los recursos necesarios, o se podrían establecer de forma permanente para determinadas tipologías de población o, incluso, de forma opcional para que las administraciones responsables del control puedan optar por cualquier método en cada caso (de esta manera las obligaciones afectarían por igual a todos, pero son las administraciones las que deciden en cada caso y en cada momento si es suficiente con un control “simplificado”).

6.3 ESTUDIOS NECESARIOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS

Existen algunas normas que, para poder ser aplicadas de una manera efectiva, requieren de la realización de unos estudios previos. La complejidad de estos estudios y la capacidad material para llevarlos a cabo de una manera adecuada, pueden condicionar completamente la aplicación de una norma.

En apartados anteriores ya se ha puesto de manifiesto la problemática que supone depender de una clasificación de los cuerpos receptores, por las dificultades de llevar a cabo un estudio riguroso y la necesidad de contar con el mismo para poder aplicar la norma. También se ha mencionado la dificultad inherente a las normas de inmisión, donde en cada caso hay que estudiar las condiciones del medio receptor (generalmente en caudales de estiaje) para poder determinar las limitaciones del vertido que, además, deberían irse actualizando a medida que la población crece. Pero, además de estos, se pueden encontrar en algunas normas otro tipo de estudios, consistente en la caracterización completa previa de los vertidos.

Este requerimiento se introduce con el convencimiento de que se trata de la mejor forma de conocer todo lo que contiene un vertido. Este sería el caso, por ejemplo, de la norma de El Salvador. Si bien, aunque una caracterización exhaustiva sería una garantía, puede presentar diferentes problemas para los vertidos urbanos, como son:

- En muchas poblaciones, cuando se solicita la autorización de vertido, ni siquiera se cuenta con la red de saneamiento, puesto que se construirá a la vez que la planta, por lo que resulta imposible hacer a priori una caracterización.
- La caracterización de todo tipo de parámetros en un vertido de un efluente urbano puede resultar excesivamente costoso e innecesario, si no hay nada que lo aconseje. Para pequeñas poblaciones puede suponer un coste inasumible, por lo que las mismas deberían estar exentas y su caracterización limitarse a estimar parámetros básicos de caudales y cargas y a identificar los posibles aportes de aguas residuales industriales a partir de las actividades que tengan asentadas dentro de la población.
- Se debe recordar que para caracterizar adecuadamente un vertido urbano, debido a sus variaciones normales, no basta con una muestra de un día, sino que deberían organizarse campañas de al menos una semana de duración y en diferentes épocas del año. Por tanto, si se pretende alcanzar una caracterización que realmente pueda asegurar el conocimiento de las condiciones de vertido, no es algo que se pueda alcanzar ni fácilmente ni en un tiempo prudente y tendrá un costo importante. Como esto no suele ser asumible, deberían establecerse las condiciones mínimas de lo que se considera una caracterización adecuada.
- Una caracterización adecuada por otra parte, requiere de la disponibilidad de laboratorios acreditados que puedan realizarlo.

En general, si se impone la caracterización de las aguas como un requisito previo para la autorización de vertidos urbanos puede generarse más un problema de aplicación práctica que un beneficio, cuando realmente no sería necesaria si se han impuesto límites de concentración a los parámetros típicos. Solo deberían exigirse en aquellos casos donde se identifiquen aportes industriales importantes y para aquellos parámetros que no son propios de los vertidos ordinarios.

En algunos países, la obligación de conocer las características de su vertido se traslada al ente generador, pero sin establecer criterios rígidos respecto a la caracterización que se debe hacer. Este sería el planteamiento, por ejemplo, de la norma cubana o de la española. El planteamiento en España es que solo se autoriza lo que se declara en la solicitud de autorización y todos los contaminantes que se viertan sin haber sido declarados suponen un vertido no autorizado, con las consecuencias que esto conlleva. Las poblaciones están obligadas a declarar las industrias cuyos efluentes descargan en su red y en función de las mismas se limitan y se comprueba el cumplimiento de parámetros adicionales a los típicos de vertidos urbanos. En Cuba se establece que los responsables de las descargas de residuales a los cuerpos receptores, tienen la obligación de realizar su caracterización, mediante los análisis y mediciones correspondientes, con la finalidad de determinar si los parámetros cumplen con la norma de todo tipo de parámetros. En El Salvador se aclara que en el caso de presentarse mezcla de aguas residuales especiales de diferentes actividades, o mezcla de aguas residuales especiales con aguas residuales de tipo ordinario, debe reportar todos los parámetros básicos más los parámetros específicos correspondientes a cada actividad.

Además de los casos en los que se exige la caracterización de las aguas como un ejercicio de conocimiento, existe un caso singular donde dicha caracterización es incluso un paso necesario para poder aplicar la norma, puesto que los límites a imponer se basa en dicha caracterización. Este sería el caso del sistema general de cargas de la norma Guatemalteca, donde el modelo de límites impuestos a la DBO se basa en la caracterización inicial de los vertidos. En este caso, el requisito es especialmente importante, puesto que la ausencia de la caracterización inicial impide una aplicación material de la normativa. A pesar de ello, muchas poblaciones no han sido capaces de presentar su caracterización en los plazos establecidos, siendo necesario introducir sucesivos aplazamientos en su aplicación.

Sea como fuere, cuando se solicite una caracterización previa y especialmente en aquellos casos en los que es necesaria para marcar las obligaciones, han de tenerse en cuenta una serie de aspectos prácticos de su aplicación para poblaciones que deberían regularse:

- Definir adecuadamente la entidad a caracterizar. Pudiera ser que una población contase con diferentes puntos de vertido. La separación de las cargas contaminantes en diferentes puntos no debería ser un eximente para tener requisitos menos rigurosos.
- Las poblaciones evolucionan a lo largo del tiempo, en unos casos crecen o incorporan nuevas industrias y en otros decrecen. En cualquiera de los dos casos debería articularse un mecanismo que permitiera revisar la caracterización para asignar la población al rango de cumplimiento que le corresponde.

Algunas normas prevén que la caracterización se realice periódicamente cada, por ejemplo, cinco años, lo que puede volver a ser una carga innecesaria que, además, muy probablemente no se cumpla por la mayor parte de las poblaciones. La responsabilidad sobre la actualización de estas caracterizaciones debería trasladarse sobre el ente generador y solo si se prevé un cambio de situación a lo que incumplimientos se refiere.

6.4 PLAZOS DE APLICACIÓN

En muchas de las normas revisadas no se establece un margen efectivo para poder aplicarla. De hecho, la mayoría no solo tiene los mismos plazos para todos los vertidos, sino que las normas suelen ser de obligado cumplimiento desde el momento de su publicación, dejando de esta manera a la mayoría de las poblaciones en una situación, cuando menos, de “alegalidad”, ya que no hay margen material para que las instalaciones ya presentes se adapten a la nueva normativa.

Las normas nuevas o la revisión de las normas, si las mismas se hacen más estrictas, deberían prever un plazo de adaptación. Además debería diferenciarse entre las poblaciones que ya están cumpliendo con la norma que existiera antes de la modificación de las que no cumplían o de las nuevas. Si ya hay unas poblaciones acordes con la legalidad vigente deberían tener un plazo más prolongado de adaptación, que les permitiera amortizar sus instalaciones.

Por otra parte, si la norma contempla algún tipo de diferenciación en función de las características del medio receptor o del tamaño de población, es necesario prever un tiempo de adaptación para aquellas poblaciones que cambien de situación, bien porque su medio receptor se ha declarado de protección especial o porque la población haya crecido superando un nivel determinado. A este respecto, por ejemplo, la directiva europea de vertidos da un plazo de 7 años para adaptar la instalación si se produce una nueva declaración de zona sensible y se ve obligada, por ejemplo, a reducir nutrientes.

7 REVISIÓN DE LAS NORMATIVAS DE VERTIDO

7.1 NECESIDAD DE REVISIÓN DE LAS NORMAS

Con frecuencia, muchos técnicos y responsables de la región plantean la necesidad de acometer la revisión de las normativas de vertidos de sus países, puesto que la experiencia ha demostrado que no son eficaces. En el taller virtual sobre normativas de vertido que se celebró durante los días 21 a 23 de junio de 2021, con la participación de técnicos en la materia provenientes de 15 países diferentes de la región y de España y representantes de diferentes organismos internacionales, se evidenciaron ampliamente estas inquietudes. Durante el mismo se pudo debatir ampliamente sobre múltiples aspectos que tienen que ver con las normas y se plantearon una serie de encuestas con objeto de recabar la opinión de los expertos en la materia. Algunas de las cuestiones se plantearon en directo y otras se solicitaron a través de cuestionarios personalizados, lo que permitía discernir si diferentes grupos profesionales tenían perspectivas distintas sobre determinados aspectos.

Se preguntó a los expertos presentes sobre cómo consideraban que era el grado de aplicación de la normativa de vertidos en sus países de origen, ofreciendo tres alternativas de respuesta. Los resultados de esta cuestión fueron los siguientes:

- La norma resulta imposible de aplicar en muchas ocasiones 57%
- La norma se aplica correctamente, pero con algunas dificultades 42%
- La norma se aplica correctamente y con facilidad 1%

De manera complementaria se preguntó si consideraban que era necesario realizar una revisión de la norma, a lo que el 100% respondió afirmativamente aunque en diferente grado. El 63% opinaba que sería necesaria una revisión sustancial y el 37% restante solo en algunos aspectos concretos. Las respuestas recibidas por escrito, que permiten diferenciar por grupo profesional, fueron las siguientes.

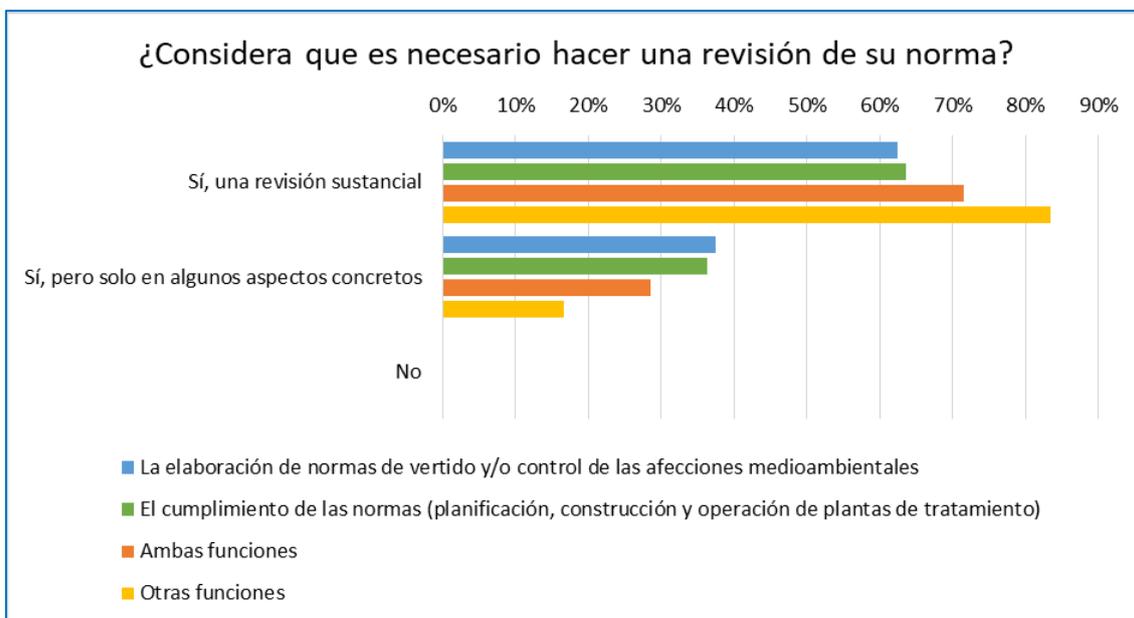


Figura 16: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Considera que es necesario hacer una revisión de su norma?

Es de destacar que, entre los profesionales asistentes, tanto quienes elaboran las normas como quienes desempeñan funciones más relacionadas con la aplicación de las mismas, consideran que actualmente su normativa presenta carencias o problemáticas que es necesario resolver. Incluso esta visión está más decantada cuando se trata de técnicos con responsabilidades en las dos funciones o de carácter más universitario o de consultor internacional. De alguna manera, cuanto más general es la visión, más parece que se vea necesaria la revisión de las normas.

7.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA REVISIÓN DE LAS NORMAS DE VERTIDOS

A la hora de proponer una normativa determinada, es importante analizar cuidadosamente cuáles van a ser los desafíos que conlleva su aplicación. Estos desafíos pueden ser variados y la capacidad real para poder abordarlos va a determinar el éxito de aplicación de una normativa. Por ello, si en un país determinado se decide revisar o reformar las limitaciones impuestas a los vertidos urbanos, sería conveniente tener en cuenta al menos los aspectos que se relacionan a continuación:

- Conocimientos básicos generales sobre los parámetros contaminantes típicos de las aguas residuales urbanas, su magnitud, las relaciones que presentan entre ellos, los impactos que generan en cada situación y la complejidad y coste para su determinación.
- La situación de la calidad de las aguas en el país. Principales problemas existentes. Afecciones a zonas especialmente sensibles desde una perspectiva ambiental y de los usos.
- Caracterización de las aguas residuales de las diferentes tipologías de población existentes en el país.
- Conocimientos básicos sobre las tecnologías de tratamiento necesarias, sus costes y complejidad de construcción y de operación. Los rendimientos que alcanzan. La evolución de los diferentes parámetros en los diferentes tratamientos.
- Situación actual en los servicios de abastecimiento, saneamiento y tratamiento de aguas residuales de las poblaciones. Principales carencias y problemas en su desarrollo y en su mantenimiento. Capacidades reales de desarrollo de los servicios. Estimación realista de hasta dónde se puede llegar y cuándo.
- Conocimiento sobre diferentes opciones de procedimiento y limitación para conformar las normas de vertido, que permiten adaptarse a las condiciones de cada país.
- Estudio de las causas por las que se están generando incumplimientos de la norma en la actualidad.
- Coherencia con otras normas sectoriales con las que interactúa.
- Situación de las normas de protección del medio en otros países del ámbito geográfico más cercano, especialmente si se comparten cuerpos de agua transfronterizos.

Parte de la información que debería tomarse en consideración, como puede ser los problemas existentes, la situación actual de los servicios o la caracterización de las aguas residuales de las poblaciones del país, requiere de la realización de estudios específicos y son coincidentes con parte de los estudios que deberían realizarse para el desarrollo de un plan sectorial. Por ello, el mejor momento de acometer la revisión de una norma de vertidos será cuando se haya elaborado un plan y se conozcan las capacidades reales para llevar a cabo el desarrollo de los servicios de saneamiento y tratamiento de aguas. De esta forma se aseguraría que las exigencias incluidas en la norma son metas que realmente se pueden llegar a alcanzar por todas las poblaciones.

Otras cuestiones, como el conocimiento básico de los contaminantes y sus efectos, los tratamientos disponibles o las diferentes opciones para establecer las limitaciones en la normativa, ya han sido ampliamente analizadas en los capítulos anteriores de este texto, por lo que en este capítulo solo se van a incluir una serie de recomendaciones sobre algunos análisis específicos que convendría abordar cuando se afronta la revisión de una norma de vertidos.

7.3 ESTUDIO DE FACTORES QUE AFECTAN AL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS

El fin de las normas de vertido es proteger el medio y, por tanto, deberían estar planteadas de tal forma que su aplicación llevara a lograr este fin de la mejor forma en que pueda lograrse. A la hora de revisar una norma, si se pretende lograr un instrumento realista y eficaz, sería importante poder identificar cuáles son las principales barreras que están imposibilitando el cumplimiento de la norma actual. Los factores que influyen en un bajo nivel de cumplimiento pueden ser muy variados y van a depender tanto de la norma establecida como de las circunstancias específicas de cada país. Probablemente, los incumplimientos no se deban a una razón única sino a una combinación de diferentes causas, entre las cuales y sin ánimo de ser exhaustivo, se podrían encontrar las siguientes:

- Incapacidad material por parte de determinadas poblaciones de acometer, por sus propios medios, la construcción y el mantenimiento de las instalaciones que se requieren.
 - Estas carencias pueden ser tanto de recursos económicos como de recursos humanos capacitados.
 - Puede haber casos incluso donde las plantas están construidas pero no haya recursos para mantenerlas
- Desidia en el cumplimiento de las normas. Que puede producirse a su vez por diferentes factores.
 - No existe una concienciación adecuada de la población ni de las autoridades locales
 - No existe un control eficiente de las autoridades medioambientales responsables.
- Falta de recursos materiales para realizar un control efectivo
 - Falta de recursos humanos capacitados y de recursos económicos en las administraciones responsables
 - Falta de autoridad para imponer un régimen sancionador o ausencia de un régimen sancionador efectivo
 - Falta de laboratorios con capacidad suficiente
- Problemática de aplicación de las normas debido a sus propias características
 - Normas complejas de interpretación.
 - Normas demasiado estrictas, que requerirían de tratamientos complejos y costosos. Si no para todos los casos, al menos para las pequeñas poblaciones.
 - Normas demasiado laxas que no resuelven el problema de contaminación.
 - Necesidad de realizar estudios previos complejos que no se realizan.
 - Necesidad de estudios específicos en cada caso que no es posible abordar con rigor
 - Procedimientos de aplicación complejos o alejados de la realidad, desde la perspectiva de la práctica habitual en la ejecución de los proyectos (normas de cargas progresivas)

Algunos de los factores incluidos en la relación anterior están directamente asociados a la forma en que se articula la norma y ya han sido analizados en este estudio, pero otros, en principio, podrían considerarse que son ajenos al texto normativo, puesto que son debidos a carencias dentro del país

que deberían ser subsanadas por otros medios. Sin embargo, incluso en lo que se refiere a estas circunstancias, la normativa no debería ignorar su existencia y debería tratar de adaptarse para que su aplicación y cumplimiento fuera el mejor posible.

Durante el Taller de normativa se solicitó opinión sobre los principales problemas para el cumplimiento efectivo de la normativa. En la figura siguiente se reflejan las respuestas globales a esta respuesta.

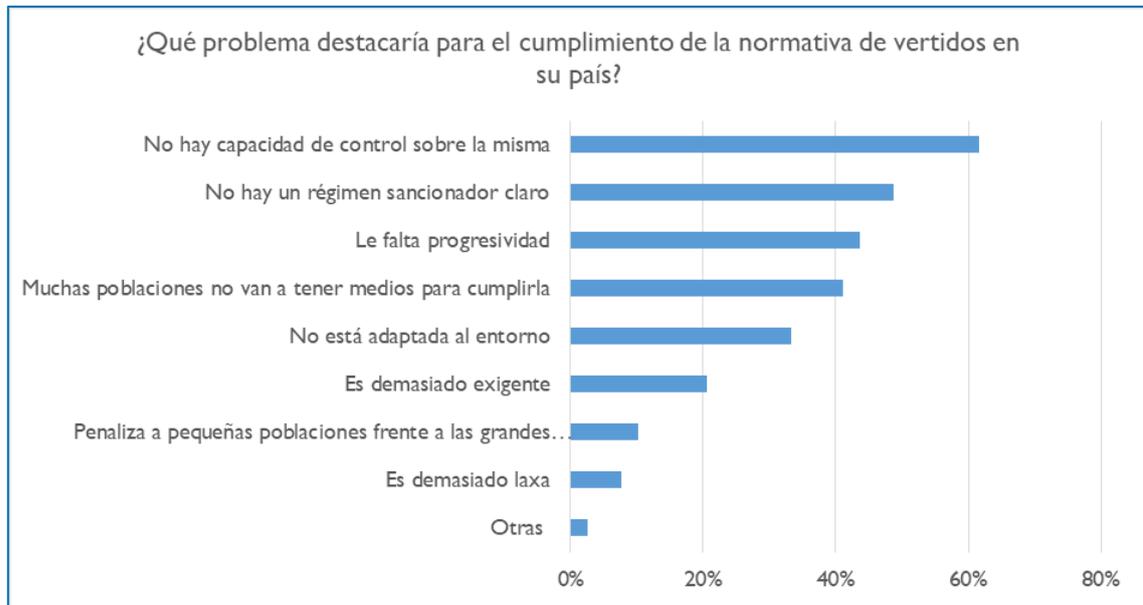


Figura 17: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Qué problema destacaría para el cumplimiento de la normativa de vertidos en su país?

Como se puede ver, más de la mitad de los expertos que contestaron a la encuesta daba mucha importancia a la reducida capacidad de controlar y sancionar existente. En segundo lugar se destacaban los problemas de escasa capacidad de adaptación a las poblaciones y al entorno y de progresividad en general.

Carencias en control

La definición de un régimen sancionador claro, donde la administración responsable tenga autoridad suficiente para imponer multas por incumplimientos es un elemento básico para facilitar el control y procurar el cumplimiento. Las autoridades deberían tener capacidad para expedientar a las poblaciones que incumplan, acordando con ellas cronogramas realistas para la construcción del tratamiento y sancionando en caso de incumplimiento. Sin embargo, en muchos países no se prevén estos instrumentos o no es posible dotar de tal autoridad a las administraciones ambientales, por lo que cualquier sanción que se pretenda imponer ha de pasar necesariamente por un proceso judicial, lo que suele complicar la efectividad del control.

Por otra parte, la dotación de medios para asegurar el control efectivo por parte de las administraciones responsables no es algo que se pueda regular en la norma sino que, en general, va a depender de la prioridad con que en cada país se considere esta actividad. Dado que el control de vertidos puede resultar muy costoso, en algunos países, como España o Costa Rica, se ha previsto la imposición de una tasa o canon para el control de vertidos. Estos cánones suelen calcularse en función del caudal y/o de los contaminantes vertidos y se cobran por las autoridades

hídricas a todos los responsables de vertido que, en el caso de las poblaciones, se trasladaría a los usuarios mediante las tarifas. No son cuantías elevadas y se pueden atender sin problema por los núcleos de población, pero en su conjunto permiten mantener los sistemas de control de vertidos de las administraciones. Entre los países donde se ha revisado la normativa es de destacar que en El Salvador se encuentra actualmente en debate un proyecto de Ley de Aguas que prevé la imposición de un canon de vertido.

Incapacidad de hacer frente a las instalaciones necesarias

Probablemente, cuando se trate de vertidos industriales, la publicación de una norma, con su correspondiente régimen sancionador, constituye en sí mismo el instrumento determinante y permitiría llegar a un cumplimiento en unos plazos relativamente cortos. Si en algún caso la situación de la industria fuera tan precaria que no permitiera la asunción de los costes del tratamiento de sus aguas, será cuestión de tiempo pero probablemente se acabará cerrando la instalación.

Sin embargo, en el caso de los vertidos de las poblaciones, el planteamiento no puede ser tan simple. Muchos núcleos de población no van a tener ni los recursos ni las capacidades necesarias para construir y mantener las instalaciones de tratamiento que necesitan, pero sus vertidos no se pueden clausurar. Por muy estricto que se pretendiera ser con el control, este problema no sería reconducible solo con la exigencia de cumplimiento, por muy severas que fueran las sanciones.

Cada país debería contar con un plan de desarrollo sectorial que le permita alcanzar una cobertura completa en un periodo de tiempo realista. Este plan debería articular las medidas necesarias para que las poblaciones con menos recursos puedan dotarse de unos servicios sostenibles. La normativa debería ser consciente de esta situación y aportar un instrumento eficaz para proteger el medio pero, a la vez, entendiendo que el desarrollo necesario requiere de otros factores adicionales a la voluntad de las poblaciones. Sus requerimientos deberían estar en sintonía con una planificación del desarrollo, priorizando la solución de las situaciones más problemáticas. Por ello es fundamental que, cuando en un país se revisen las normas de vertido, se conforme un grupo de trabajo amplio donde intervengan expertos de todo el sector y no exclusivamente las autoridades ambientales.

Durante el taller de normativas se preguntó a los asistentes sobre los aspectos que consideraban más críticos para la elección de un tratamiento. La opción más destacada en el grupo profesional de los reguladores fue el de las características del agua a tratar, significativamente por delante del coste, mientras que en el resto de los grupos se valora igual o en mayor grado el coste del mantenimiento y operación como factor crítico. Probablemente para un regulador la prioridad es alcanzar el límite establecido, pero para el resto de grupos la prioridad va a ser que la planta que se construya se pueda mantener.

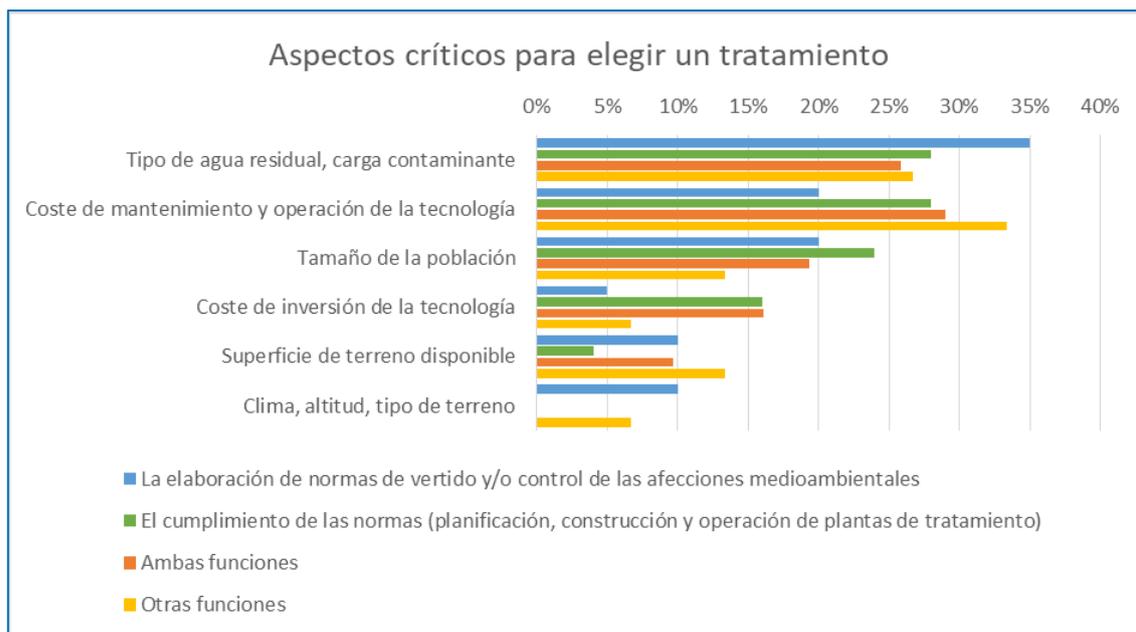


Figura 18: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Qué aspectos son críticos a la hora de elegir un tratamiento?

7.4 INTERRELACIÓN CON OTRAS NORMATIVAS

Las normativas de vertido no se deberían abordar de forma aislada, puesto que presentan claras interrelaciones con otras normas del sector que deberían tomarse en consideración. Por tanto, cuando se pretenda actualizar una normativa, convendría identificar si hasta ese momento existe algún tipo de carencia en las materias reguladas o si se están produciendo incoherencias o solapes con otras normas; se debería evaluar en qué medida esos problemas están afectando a los objetivos de las normas de vertido y, si es posible, proceder a solventarlos.

Coherencia entre las diferentes normas de vertido al medio

En algunos países existen diferentes normas de vertido dependiendo del medio donde se vierte. En esta revisión se ha comentado especialmente el caso cubano, donde existen normativas que presentan diferencias sustanciales para el ámbito terrestre y para el costero. Cuando se establecen normas separadas en función del medio deberían revisarse conjuntamente para asegurar que mantienen una coherencia en sus limitaciones.

También se han podido situaciones más singulares, donde unas masas de agua determinadas son objeto de una regulación específica. En el caso de Guatemala se otorga una protección especial al lago de Atitlán, justificada por la singularidad del mismo y para tratar de frenar su contaminación. En Nicaragua el planteamiento fue el contrario, se reglamentan de manera específica los vertidos del lago donde van a parar las descargas de la ciudad de Managua, haciéndolos menos exigentes que el caso general.

Si bien parece lógico dotar a determinadas tipologías de masa de agua de una protección especial, resulta un poco más singular es que esta protección se reserve solo para una de ellas. En Guatemala existen varios lagos importantes y aunque no se trate de sistemas endorreicos como la cuenca del Atitlán, quizá hubiera sido más coherente dotar a todos ellos de una protección especial, aunque se introdujeran singularidades en función de la tipología del lago y el grado de afección.



Figura 19: Lago Atitlán. Guatemala

En el caso del lago de Managua no parece muy lógico que la ciudad de mayor tamaño, la que mayores recursos puede tener y la que mayor carga contaminante va a generar, tenga que hacer un menor esfuerzo que el resto de las poblaciones.

Relación con las normas de vertidos industriales

Se debería asegurar una coherencia entre las exigencias que se imponen a las poblaciones y a las industrias. En alguno de los países donde se ha revisado la normativa las limitaciones para los vertidos industriales son más laxas que para los vertidos de las poblaciones. No parece lógico que se esté exigiendo mucho más esfuerzo para la reducción de la contaminación a las poblaciones, cuyos vertidos son inevitables, que a las industrias, cuyos vertidos se generan como consecuencia de una actividad lucrativa. Un esfuerzo que, además, en muchos casos puede resultar inútil si los vertidos de la población coinciden en el mismo medio receptor con los de una industria.

Relación con vertidos a colectores

La efectividad en el control sobre los vertidos industriales que se puedan producir a la red de colectores va a condicionar completamente las características de las aguas residuales de las poblaciones y, de esta manera, las obligaciones que deben cumplir. Debido a la carencia real que se produce en este control, en muchos países de la región las aguas residuales de las grandes ciudades se consideran como vertidos especiales y no ordinarios.

Los vertidos industriales pueden afectar muy negativamente a los procesos biológicos de tratamiento de las plantas convencionales y pueden requerir de tratamientos específicos y más costosos para cumplir con las características exigidas al vertido. Además pueden contaminar los lodos generados, que no podrán llevarse a agricultura, lo que probablemente sea la opción menos costosa.

Si no se realiza un buen control, se están trasladando a las poblaciones unas responsabilidades que deberían ser asumidas íntegramente por el industrial que genera la contaminación. Los vecinos de

una población no deberían soportar el coste del tratamiento y las posibles consecuencias generadas por un vertido industrial que se produzca en su red de alcantarillado.

Para poder considerar a los vertidos urbanos como vertidos ordinarios, resulta fundamental contar con una regulación estricta de vertidos a colectores. Además, los responsables de los alcantarillados deben ser responsables del vertido que hacen al medio pero, a la vez, deberían tener la autoridad suficiente para hacer cumplir las normas de vertido a sus colectores. Para ello tendrían que estar dotados de la autoridad y medios suficientes para poder hacer un control efectivo y para imponer un régimen sancionador adecuado. De esta forma se asegura que pueden trasladar la responsabilidad y los costes derivados de los contaminantes industriales a quien los genera.

Relación con la regulación de la gestión de pluviales

En una gran parte de las poblaciones de Latinoamérica los sistemas de saneamiento van a ser separativos, de tal forma que la red de saneamiento se diseña solo para las aguas residuales y no para el drenaje pluvial. Sin embargo, la realidad es que esta separación de caudales normalmente no es estricta. Por el contrario, en momentos de lluvia son frecuentes los problemas en los sistemas de saneamiento que se ven incapaces de recoger y tratar todas las aguas que reciben, generándose desbordamientos y alivios de agua sin tratar. La entrada en la red de aguas pluviales se produce por la existencia de conexiones cruzadas, así como por la rotura y robo de las tapas en los pozos de registro o por subidas del nivel freático. En algunas poblaciones incluso se cuenta con sistemas de saneamiento de aguas residuales pero no con sistemas eficientes de drenaje pluvial, por lo que las conexiones son inevitables.

Como consecuencia, en muchas poblaciones las normas de vertido resultan eficientes y se van a cumplir solo en la época seca, pero no se respetan en los momentos de lluvia. Contar con una adecuada regulación de pluviales, así como de un control sobre las posibles conexiones erradas va a ser fundamental para poder reducir este problema.

Regulación de otras actividades complementarias

Cuando en un país se desarrolla el tratamiento de aguas residuales en todas las poblaciones, se genera un problema debido a la cantidad de lodo producido diariamente que requiere ser dispuesto de manera ordenada y segura. Por tanto, no se puede ignorar que el desarrollo del tratamiento de aguas residuales (regulado por las normas de vertido) va a requerir necesariamente la regulación de los lodos generados en las plantas, donde se establezcan las condiciones que deben cumplir para poder ser llevados a cada uno de los destinos posibles. En definitiva, no se entiende una norma de vertidos sin una norma de lodos que complete la regulación necesaria.

Otra actividad que se puede ver impulsada con el desarrollo del tratamiento es el reúso de las aguas, que también debería regularse para contar con un marco jurídico que aporte seguridad y control a esta práctica. Además, esta regulación debería partir de la de vertidos.

En diferentes países de la región se carece de una normativa mínima que permita regular estas actividades, por lo que si se va a renovar la norma de vertidos sería un buen momento para desarrollarlas, asegurando así una coherencia entre todas ellas.

Finalmente destacar la necesidad de contar con una regulación sobre los laboratorios que puedan atender las necesidades de control analítico de todas las normas sectoriales.

Sistema tarifario

Con frecuencia, los sistemas tarifarios de muchas poblaciones se diseñaron para atender solamente las necesidades del servicio de abastecimiento; no toman en consideración las necesidades del saneamiento ni del tratamiento de las aguas, ni siquiera cuando estos servicios se encuentran ya implantados y en operación. Si no existe una regulación adecuada, cuando se construye el saneamiento y tratamiento de las aguas residuales con frecuencia hay cierta reticencia a incrementar las tarifas para cubrir sus necesidades. Bien es cierto que ya, en algunas ocasiones, las tarifas ni siquiera son suficientes para cubrir los costos del abastecimiento. De esta forma se está condenando la sostenibilidad del saneamiento y tratamiento y sus instalaciones probablemente se deteriorarán muy rápidamente.

La regulación del sistema tarifario, de existir, debería contemplar todos los servicios necesarios del ciclo urbano del agua, desde el abastecimiento hasta el tratamiento de las aguas y disposición de lodos. De otra forma, a pesar de que se construyan las instalaciones para cumplir con la normativa de vertidos, no se podrá alcanzar el rendimiento adecuado ni asegurar este cumplimiento por mucho tiempo.

7.5 COORDINACIÓN INTERNACIONAL

Otro aspecto a considerar cuando se elabora una norma orientada a la protección de las aguas debería ser la coherencia con los países fronterizos en el nivel de protección que se da a los cuerpos de agua compartidos. El medio ambiente no está sometido a las fronteras y la gestión adecuada de los recursos hídricos transfronterizos precisaría de un enfoque integral entre los países que comparten cuencas hidrográficas. Sin embargo, en general, estas cuestiones no han sido tomadas muy en cuenta en la región a la hora de definir las normas. Como ya se pudo ver en el apartado 6.1.1 y en la tabla 16 se producen importantes diferencias en cuanto a la limitación de los vertidos incluso entre países que comparten cuencas y masas de agua.

La gestión de las masas de agua y de las cuencas transfronterizas de forma consensuada entre los países de la región sería evidentemente la mejor solución para asegurar la protección adecuada de las mismas. Durante el taller de normativa se consultó a los asistentes sobre esta cuestión, respondiendo afirmativamente el 100%. Por tanto, su planteamiento efectivo no es un dilema técnico sino que va depender exclusivamente de la voluntad política de los gobiernos.

Muy probablemente sería completamente iluso pensar que como primer paso se pudieran proponer y adoptar normativas comunes para todos los países de una región. Sin embargo, se podrían ir planteando otras iniciativas menos ambiciosas que permitan colaborar, debatir e ir aproximando posturas a nivel internacional. Durante el taller de normativa se preguntó a los asistentes sobre acciones o instrumentos que podrían ser útiles para ir avanzando en un entendimiento común en la región. Las respuestas a esta cuestión se muestran en la figura 20.

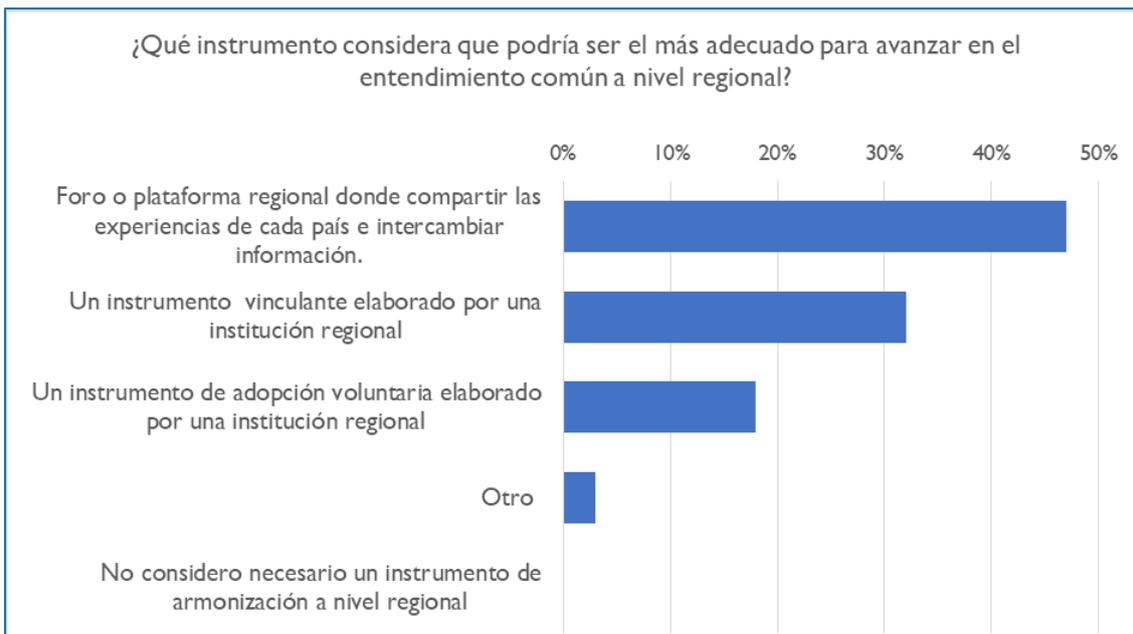


Figura 20: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Qué instrumento considera que podría ser el más adecuado para avanzar en el entendimiento común a nivel regional?

Se debe destacar que en los debates del taller, la cuestión de la coordinación internacional fue enfatizada de manera singular por los técnicos de diferentes países y que, como conclusión del mismo, se acordó empezar a conformar una plataforma de debate permanente sobre las cuestiones de la normativa sectorial relacionada con los vertidos, así como un repositorio donde se pueda intercambiar las normas y toda la documentación de interés al respecto. Se acordó solicitar el amparo y apoyo de la CODIA para establecer los medios necesarios que permitan materializar estas iniciativas, sin descartar que en el futuro se pueda consolidar un red regional sobre estas materias.

7.6 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Formación de equipos multidisciplinarios

Por su complejidad, implicaciones, aplicabilidad real, dificultades inherentes a la norma o a las poblaciones, etc. el ejercicio de elaborar revisar una norma de vertidos no es una tarea sencilla. Todas las limitaciones que se pretenda establecer han de sopesarse y analizarse detalladamente en todas sus implicaciones. Por ello sería muy aconsejable que en la elaboración de las normas no intervengan solo los técnicos y juristas de los departamentos ministeriales que tienen competencia en la protección de las aguas sino también expertos en tratamiento de aguas y responsables de la financiación ejecución y operación de las plantas de tratamiento en todo tamaño de población.

Los procedimientos seguidos para la revisión de las normas en los diferentes países son muy distintos. En algunos casos los textos básicos de las normas son propuestos por algunos técnicos del departamento ministerial responsable del medio ambiente hídrico, sin apenas consultar con otras entidades. En otros países, sin embargo se trata de procesos muy protocolizados donde intervienen instituciones especializadas en el desarrollo normativo y se cuenta con la participación

de todas las instituciones sectoriales en su desarrollo e incluso con otras entidades y particulares. En general, cuantos más puntos de vista se puedan tener en consideración, más ajustado podrá ser el resultado a las necesidades y a las posibilidades reales que existen en el país.



Figura 21: Taller de actualización de la normativa de vertidos celebrado en Cuba. Varadero 11- 14 de noviembre de 2019

Coherencia con el plan de desarrollo sectorial

Como se ha destacado en diferentes partes de este documento, allí donde el desarrollo sectorial en tratamiento de aguas es escaso, una normativa por sí sola no va a ser la solución a los problemas de contaminación, por muy estricta que se haga y aunque se disponga de todos los medios necesarios para perseguir su cumplimiento. El desarrollo de los servicios de saneamiento y, sobre todo, de tratamiento de las aguas residuales en las poblaciones, son cuestiones que dependen de muchos factores para materializarse.

La normativa no debería ignorar esta realidad, aportando un instrumento que permitiera, además de limitar las descargas, ir desarrollando el sector de una forma priorizada y realista. Para ello, incluso, podría introducir la obligación de plantear un plan de actuaciones a nivel nacional y/o regional para asegurar que las dificultades del desarrollo no se transforman en una excusa que ampare una desidia sobre el cumplimiento.

Cuando en el taller de normativa se preguntó a los expertos si consideraban que la norma en su país era un apoyo o un obstáculo para el desarrollo óptimo, más del 60% opinó que las normas actuales podrían ser un obstáculo, al menos en ciertos aspectos.

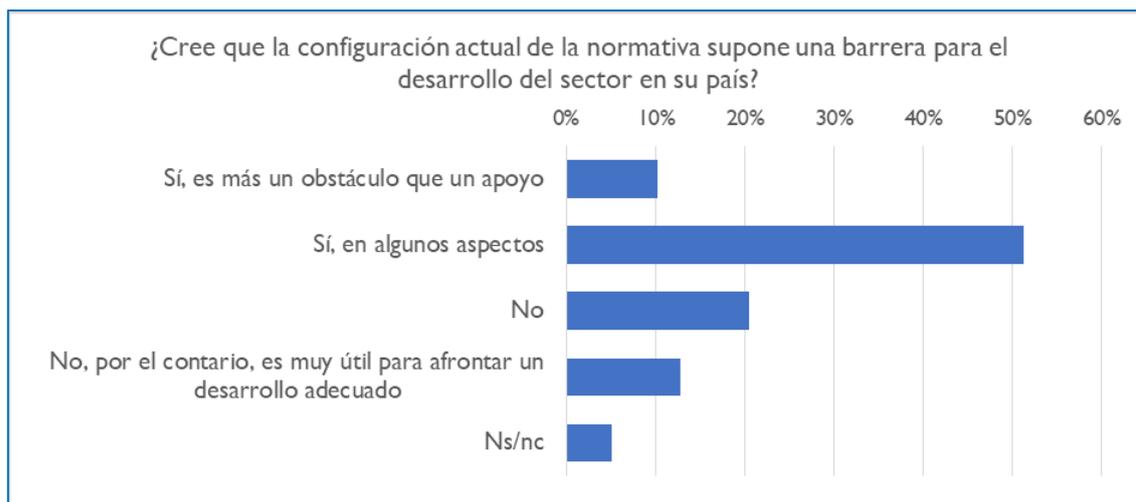


Figura 22: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Cree que la configuración actual de la normativa supone una barrera para el desarrollo del sector en su país?

Estudio de las diferentes opciones de limitación

La normativa ideal sería aquella que impulsara de la forma más eficaz posible la solución de los problemas de contaminación generados por la población y ello pasa por analizar cuidadosamente las situaciones existentes en el país.

Las normativas extranjeras, adoptadas en países desarrollados, pueden ser una referencia muy útil, sobre todo cuando detrás de las mismas hay una experiencia y unos estudios que justifican los límites adoptados. Sin embargo, lo que es posible asumir sin mayores problemas en un determinado país, puede no serlo en otro, al menos hasta que se alcance un nivel de desarrollo sectorial suficiente en tratamiento de aguas. Además, cuando se toma como referencia la normativa de otro país, es fundamental no considerar exclusivamente el texto normativo, sino que debería tratarse de conocer también los posibles problemas que se hayan presentado al tratar de aplicar esa norma en su país de origen. Probablemente resulten más útiles para el desarrollo de la norma propia, las lecciones aprendidas en otros países que su texto normativo.

En este estudio se han mostrado múltiples procedimientos para establecer las limitaciones dentro de una normativa. Cualquiera de ellos podría resultar útil dependiendo de la situación a regular. Sería, por tanto, muy conveniente que el equipo conformado para la revisión de las normas tuviera conocimiento de las diferentes opciones, con especial dedicación a aquellos sistemas que permiten una progresividad o una adaptación a las circunstancias.

En el taller de noviembre se consultó a los expertos sobre los aspectos que se modificarían en la normativa de sus países, aportando varias opciones y solicitando un máximo de tres respuestas. La figura 23 muestra los resultados por grupos de profesionales. Resulta muy interesante destacar algunas conclusiones de carácter general sobre de estas respuestas, como que el 90% de los encuestados pensaba que era necesario introducir una mayor progresividad en la norma, ya fuera específicamente por población o por medio o con carácter general. Incluso, dentro del grupo profesional más relacionado con la aplicación de la norma, la conveniencia de adaptar la norma a las singularidades de los casos fue destacada por el 100% de los que respondieron.

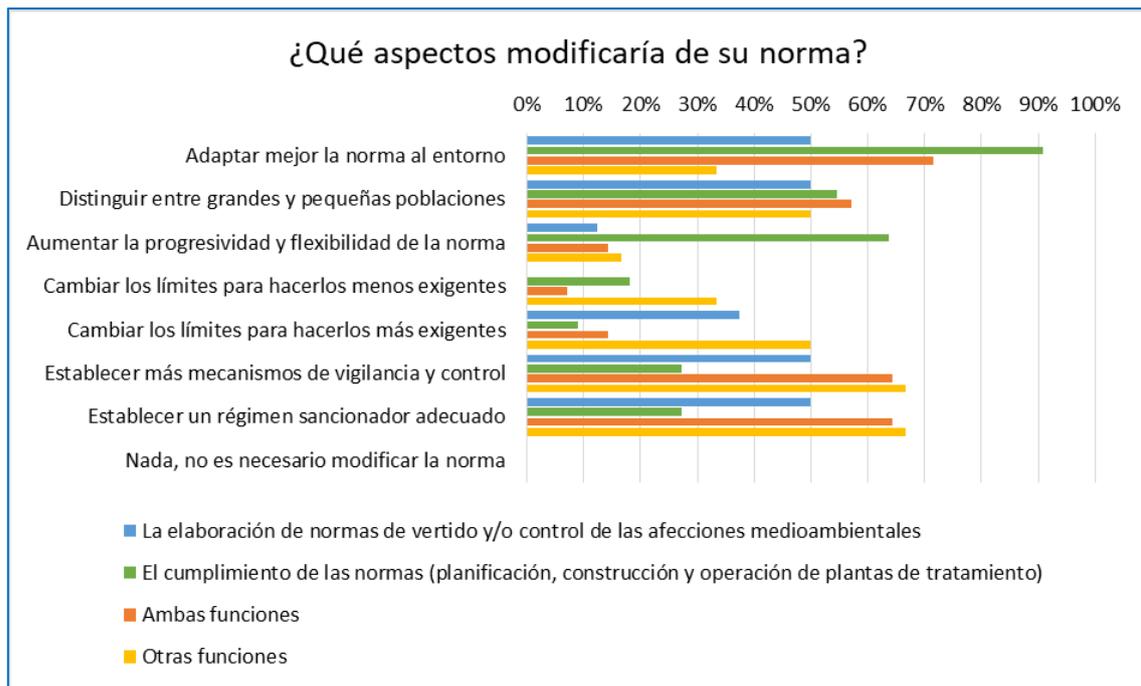


Figura 23: Respuesta de los asistentes al Taller de Normativa a la cuestión: ¿Qué aspectos modificaría de su norma?

La necesidad de modificar los valores límite existentes no se destacó como un problema importante y las respuestas en este sentido estuvieron repartidas entre hacerlas más o menos exigentes, dependiendo en general del país de origen. Si bien es interesante destacar que ningún responsable de elaborar normas consideraba que fuera necesario hacerlas más laxas, mientras que más del 30% pensaba que debía hacerse más estricta.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Latinoamérica se pueden encontrar numerosos ejemplos donde las carencias en saneamiento y en el tratamiento de las aguas residuales de las poblaciones están generando riesgos sobre la salud, impactos medioambientales y limitaciones al desarrollo económico, condicionando la calidad de vida en general. Las normas de vertido constituyen un instrumento fundamental para la protección de las aguas, determinando las infraestructuras de tratamiento que es necesario construir y operar en cada población para aliviar los posibles impactos que puedan generar sus aguas residuales.

Sin embargo, la identificación de los tratamientos necesarios no constituye por sí misma la solución al problema. Para evitar los impactos, las plantas de tratamiento deben ser construidas y mantenidas, pero esto puede suponer un reto que muchas poblaciones en la región no van a poder superar con sus propios medios. Para alcanzar las soluciones adecuadas, por tanto, se deberían articular los mecanismos de financiación y de gestión adecuados, que permitan la construcción de las instalaciones necesarias y su sostenibilidad en el tiempo. Además, nunca va a ser posible construir todas las instalaciones a la vez, por lo que debería preverse un desarrollo priorizado donde se comience por solventar los problemas más importantes. En definitiva, una normativa de vertido debería plantearse en consonancia con un plan de desarrollo sectorial.

Desde la perspectiva del que redacta una norma podría caerse en la tentación de recurrir a soluciones muy simples: plantear límites muy estrictos que aseguren la protección de las aguas en todas las situaciones o, por el contrario, normas muy laxas que puedan adoptarse por todas las poblaciones. Sin embargo, estas soluciones probablemente generen un nivel muy alto de incumplimientos, en el primer caso, o no solucionen realmente muchos de los problemas existentes, en el segundo.

En general y teniendo en cuenta la situación de la que se parte en muchos países, una normativa que sea capaz de adaptarse a las diferentes situaciones para proponer en cada caso la restricción más adecuada sería una solución mucho mejor. Pero en este caso puede existir también un inconveniente que dificulte su aplicación práctica y es que, la dimensión y complejidad de los estudios que deben realizarse de manera previa, pueden superar las capacidades y recursos de las administraciones responsables.

Por todo ello, el planteamiento quizá más efectivo sería tratar de hacer una norma que permita adaptarse a las diferentes situaciones y capacidades, pero definiendo para ello casos tipo a partir de criterios de población (tamaño y/o características) y de sensibilidad del medio receptor (tamaño/capacidad dilución, protección medioambiental y usos afectados). De este modo su aplicación práctica resultará más sencilla pero seguirá manteniendo un carácter adaptativo.

Además, una normativa no debería ser ciega al desarrollo que de una forma realista es posible asumir en un país, por lo que debería prever unos plazos de cumplimiento progresivos, priorizando los problemas más importantes y evitando, con ello, generar situaciones de “alegalidad” para unas poblaciones que no tienen en sus manos la solución material a sus carencias. Con ello no se está diciendo que se deba ignorar a las pequeñas poblaciones en todos los casos. Allí donde haya problemas importantes, su solución debería acometerse cuanto antes, aunque a la vez haya que dotar a la población con los recursos para ello (lo que debería prever un plan de desarrollo).

A lo largo de este estudio se han mostrado muchos procedimientos que pueden resultar de utilidad para plantear esta progresividad en las normas y que podrían tomarse en consideración cuando se afronta un ejercicio de revisión. También se han analizado las singularidades de las aguas residuales urbanas y los rendimientos que se pueden alcanzar con los procesos de tratamiento más típicos, así

como las dificultades para acometer las obras necesarias y para mantener el tratamiento en un funcionamiento adecuado. Se han destacado diferentes problemas en el establecimiento de límites, tanto en lo que respecta a los parámetros seleccionados, como a los valores impuestos y los procedimientos de control. Todo ello debería tomarse en consideración también a la hora de establecer los límites, para que las normas resulten coherentes con la realidad.

Pero, además, cuando se aborde la revisión deberían tomarse en consideración otras cuestiones que contextualicen la norma de vertidos adecuadamente, como son: el conocimiento de la situación del saneamiento y tratamiento en el país y las dificultades para su desarrollo; el resto de normas sectoriales, de tal forma que el esfuerzo que se exija a las poblaciones esté en correspondencia con el que se impone a los particulares e industrias y en el contexto internacional.

Para todo ello, para la revisión de las normas resulta fundamental generar un debate con diferentes actores sectoriales, asegurando que son tenidos en cuenta todos los aspectos importantes antes de tomar las decisiones sobre las limitaciones a imponer. Además, idealmente, cada país debería contar con un conocimiento básico sobre las características de las aguas residuales de sus poblaciones, diferenciando entre las tipologías más comunes de núcleo.

Finalmente, puesto que idealmente debería existir una coordinación internacional que asegurase un nivel de protección similar en los cuerpos de agua transfronterizos, sería muy útil aumentar los encuentros y el debate internacional sobre estos aspectos, con objeto de ir aproximando posturas a nivel regional.

9 REFERENCIAS

1. Bolivia (1995). Decreto Supremo N° 24176. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.
2. Bolivia (2004). Norma Boliviana NB 689. Norma técnica de Instalaciones de agua – Diseño para sistemas de agua potable.
3. Cuba (2007). Norma cubana obligatoria NC 521: 2007 Vertimientos de aguas residuales en los límites de la zona costera del territorio nacional y de las aguas marinas jurisdiccionales
4. Cuba (2012). Norma cubana obligatoria. NC 27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado – Especificaciones.
5. El Salvador (2009). Acuerdo 249 que aprueba Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor
6. El Salvador (2018). Decreto N°40. Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.
7. El Salvador (2019) Acuerdo No. 130.- Reglamento Técnico Salvadoreño: Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales.
8. El Salvador (2019) Decreto No. 29.- Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales.
9. España (1986). Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas
10. España (1995). Real Decreto-ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
11. España (1996). Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
12. García Cantón, Ángel; Catalinas, Marta; Alonso, M. Estrella y Gallego, Pedro (2007). CEDEX. Guía técnica para la caracterización de las actuaciones a considerar en planes hidrológicos y estudios de viabilidad
13. Guatemala (2006). Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.
14. Guatemala (2011). Acuerdo Gubernativo No 12-2011. Reglamento de descargas de aguas residuales en la cuenca del lago de Atitlán.
15. Henze, M. & Comeau, Y. (2008). Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. Cap 3. Wastewater Characterization .pp 35-52 IWA Publishing, London, UK
16. Honduras (1996). Acuerdo N°058. Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario
17. Honduras (2021). Acuerdo Ejecutivo N° 003-2020. Reglamento Nacional de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales
18. MARM (2010) Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, CEDEX y CENTA.
19. MMAyA-AECID-BID (2019). Estimación de las cargas contaminantes unitarias por pisos ecológicos en Bolivia.
20. MMAyA (2021). Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales. Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia, CENTA y CEDEX
21. Metcalf & Eddy (2014). Wastewater Engineering. Treatment and Resource Recovery, Fifth Edition.
22. Nicaragua (1995). Decreto No. 33-95 Disposiciones para el control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domesticas, Industriales y Agropecuarias.

23. Nicaragua (2003). Decreto Ejecutivo N°77-2003 De establecimiento de las disposiciones que regulan las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de tratamiento en el lago Xolotlán
24. Nicaragua (2017). Decreto No. 21-2017. Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales.
25. Paraguay (2002). Resolución N°222/02, Por la cual se establece el Padrón de Calidad de las Aguas en el Territorio Nacional
26. Paraguay (2006). Resolución 255/06 (SEAM, 2006), Por la cual se establece la clasificación de las aguas de la República del Paraguay
27. Río, I. del. (2017) “El proceso de planificación. Planes de saneamiento y depuración”. II Curso Iberoamericano de Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras. Madrid. CEDEX.
28. Trapote Jaume, A (2011). Depuración de aguas residuales urbanas Capítulo I.Las aguas residuales
29. Unión Europea (1991). Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
30. Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

ANEXO I: RESUMEN DE LAS NORMATIVAS DE DIFERENTES PAÍSES DE LA REGIÓN

En este anexo se presenta un breve resumen por países de las normativas analizadas desde la perspectiva de los vertidos de poblaciones de tipo urbano o asimilable.

CONTENIDOS DEL ANEXO I

I.1 BOLIVIA	90
I.2 CUBA	94
I.2.1 VERTIDO EN AGUAS TERRESTRES	94
I.2.2 VERTIDO EN AGUAS COSTERAS	96
I.3 EL SALVADOR	98
I.3.1 REGLAMENTO GENERAL DEROGADO	98
I.3.2 REGLAMENTO GENERAL VIGENTE	99
I.4 GUATEMALA	103
I.4.1 REGLAMENTO GENERAL	103
I.4.2 NORMA ESPECIFICA DEL LAGO ATITLÁN	109
I.5 HONDURAS	111
I.6 NICARAGUA	113
I.6.1 REGLAMENTO GENERAL DEROGADO	113
I.6.2 REGLAMENTO GENERAL VIGENTE	114
I.6.3 REGLAMENTO ESPECÍFICO DEL LAGO XOLOTLÁN	116
I.7 PARAGUAY	118
I.8 UNIÓN EUROPEA	122

I.1 BOLIVIA

Norma principal	
Decreto Supremo N° 24176	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente

En Bolivia la norma fundamental que introduce limitaciones a los vertidos es el Reglamento en materia de contaminación hídrica de la Ley del Medio Ambiente N° 1333, **Decreto Supremo N° 24176** (Bolivia, 1995).

Esta norma se basa en el enfoque de preservar la calidad en el medio receptor e introduce unos límites que se deben cumplir en los cuerpos de agua dependiendo de la clase a la que pertenezcan.

La clasificación de los cuerpos de agua se establece en función de los usos que se pretende realizar de los mismos. Esta clasificación en relación con su aptitud de uso, obedece fundamentalmente a los tratamientos necesarios para su potabilización.

CLASE "A" Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE "B" Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE "C" Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE "D" Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

Adicionalmente la norma aporta un cuadro de referencia donde se relacionan las clases con la aptitud para diferentes usos.

Tabla A1.1: Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso. Cuadro N°1 del anexo A del Reglamento en materia de contaminación hídrica de la Ley del Medio Ambiente N° 1333.

ORDEN	USOS	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
I	Para abastecimiento doméstico de agua potable después de:	SI	NO	NO	NO
	a) Sólo una desinfección y ningún tratamiento.				
	b) Tratamiento solamente físico y desinfección	No necesario	SI	NO	NO
	c) Tratamiento físico - químico completo: coagulación, floculación, filtración y desinfección.	No necesario	No necesario	SI	NO
	d) Almacenamiento prolongado o presedimentación, seguidos de tratamiento, al igual que c).	No necesario	No necesario	No necesario	SI

ORDEN	USOS	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
2	Para recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión.	SI	SI	SI	NO
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos.	SI	SI	SI	NO
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella.	SI	SI	NO	NO
5	Para abastecimiento industrial.	SI	SI	SI	SI
6	Para la cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.	SI	SI	SI	NO
7	Para abrevadero de animales.	NO (*)	SI	SI	NO
8	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

(SI) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes

(*) No en represas usadas para abastecimiento de agua potable.

(**) No a navegación a motor.

(***) No aplicable a acuíferos

Los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de agua que se pueda utilizar como cuerpos receptores, son los siguientes:

Tabla A1.2: Valores máximos admisibles de los parámetros más característicos de aguas residuales urbanas, establecidos en el CUADRO No A-I del Reglamento en materia de contaminación hídrica de la Ley del Medio Ambiente N° 1333.

PARÁMETROS	UNIDAD	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
DBO	mg/L	<2	<5	<20	<30
DQO	mg/L	<5	<10	<40	<60
Nitrógeno total	mg N/L	5	12	12	12
Amoniaco ²	mg NH ₃ /L	0,05	1	2	4
Nitrato	mg NO ₃ /L	20	50	50	50
Fosfato Total	mg Ortofosfato/L	0,4	0,5	1	1
Coliformes fecales	NMP/100ml	<50 y <5 en 80% de muestras	<1.000 y <200 en 80% de muestras	<5.000 y <1.000 en 80% de muestras	<50.000 y <5.000 en 80% de muestras

Los valores máximos establecidos en la clasificación de aguas de los cuerpos receptores del Cuadro N°A-I no podrán ser excedidos en ningún caso con las descargas de aguas residuales crudas o tratadas, una vez diluidas en las aguas del cuerpo receptor, con excepción de aquellos parámetros que durante la clasificación hayan excedido los valores del Cuadro N°A-I.

Como norma general, la mezcla de agua producto de una descarga y de un río debe regirse por la ecuación de balance de masas. Para cualquier parámetro de calidad, el valor total de la mezcla debe ser siempre menor que el establecido para la clase del río que corresponda.

² En la norma aparece el término "amoníaco" pero los elevados valores previstos parecería más lógico que se tratara de amonio, medido como NH₄

$$P_{xf} = \frac{P_{xi}Q_i + P_{xr}Q_r}{Q_i + Q_r}$$

Donde:

- P_{xf} = parámetro de mezcla
- P_{xi} = parámetro de la descarga
- P_{xr} = parámetro del río, en el punto sin impacto
- Q_i = caudal de la descarga
- Q_r = caudal del río

Existen dos excepciones:

- En caso de arroyos, dichas aguas residuales crudas o tratadas deberán satisfacer los límites permisibles establecidos en el presente reglamento para el cuerpo receptor respectivo ³
- Para la recarga directa o inyección de aguas residuales crudas o tratadas en acuíferos, estas aguas deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos para la clase del acuífero.

El caudal de captación de agua y el caudal de descarga de aguas residuales crudas o tratadas deberán ser, como promedio diario, menores al 20% del caudal mínimo diario del río, con un periodo de retorno de 5 años.

Las descargas de aguas residuales crudas o tratadas que excedieren el 20% del caudal mínimo de un río, podrán excepcionalmente y previo estudio justificado ser autorizadas por el Prefecto⁴, siempre que:

- a) No causen problemas de erosión, perjuicios al curso del cuerpo receptor y/o daños a terceros;
- b) El cuerpo receptor, luego de la descarga y un razonable proceso de mezcla, mantenga los parámetros que su clase establece.

En ningún caso se permitirá descargas instantáneas de gran volumen de aguas residuales crudas o tratadas, a ríos. Estas deberán estar reguladas de manera tal que su caudal máximo, en todo momento, será menor o igual a 1/3 (un tercio) del caudal del río o cuerpo receptor.

La tabla anterior es también de aplicación para el reúso. Las aguas a reutilizar deben satisfacer las condiciones de calidad establecidas para la clase asociada al uso que se pretenda realizar.

En la práctica, la autoridad ambiental competente no ha realizado todavía la clasificación de los cuerpos de agua⁵, por lo que en la actualidad las limitaciones a los vertidos se establecen de acuerdo a una disposición transitoria: Las actividades obras y proyectos existentes a la fecha de promulgación

³ Es de destacar que la norma no define lo que se debe entender por “arroyo”.

⁴ Con la nueva constitución, el 4 de abril de 2010 fueron reemplazadas las prefecturas de todos los departamentos bolivianos por los gobiernos departamentales. Los gobiernos departamentales son encabezados por gobernadores.

⁵ Los gobiernos municipales deben proponer a la autoridad departamental la clasificación de los cuerpos de agua en función a su aptitud de uso; la autoridad departamental debe proponer al Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (actual Ministerio de Medio Ambiente y Agua) la clasificación de los cuerpos de agua y la clasificación, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con la políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por le MDSMA

del presente reglamento, en tanto no se cuente con la Clase del respectivo cuerpo de agua, se regirán por los parámetros y sus respectivos valores límite incluidos en el Anexo A2.

Tabla A1.3: Límites permisibles para descargas líquidas, establecidos en el Anexo A - 2 del Reglamento en materia de contaminación hídrica de la Ley del Medio Ambiente N° 1333, para los parámetros característicos de aguas residuales urbanas.

Parámetros	Unidad	Diario	Mensual
DBO ₅	mg/L	80	
DQO	mg/L	250*	
Sólidos en suspensión	mg/L	60	
Amonio	mg N/L	4	2
Coliformes fecales	NMP/100mL	1.000	

*Aplicable a descargas de procesos mineros e industriales en general

Comentarios:

De esta tabla se puede destacar que se incluyen límites a los sólidos en suspensión en los vertidos, que no se incluían para la clasificación de los cuerpos de agua, lo que parece adecuado.

Los límites de vertido para coliformes y amonio son los mismos que en la clase C, lo que puede ser bastante restrictivo si se compara con lo que se ha establecido para otros parámetros y va a requerir de tratamientos con nitrificación y desinfección.

La DBO₅ por el contrario tiene un límite que dobla el de la clase D. Teniendo en cuenta las restricciones respecto al caudal vertido en relación con el caudal circulante, parecería más lógico haber impuesto unos límites más laxos a amonio y coliformes que, además, son más difíciles de alcanzar.

I.2 CUBA

Normas principales	
NC 27:2012	Vertimiento de Aguas Residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado
NC 521:2007	Vertimiento de Aguas Residuales a la Zona Costera y aguas marinas

I.2.1 Vertido en aguas terrestres

En Cuba, la norma de vertidos es la Norma Cubana Obligatoria, **NC 27:2012**, Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones (Norma Cubana Obligatoria, 2012)

Lo primero que sorprende en esta norma es que es una norma con copyright, que no puede ser reproducida o utilizada sin permiso de la Oficina Nacional de Normalización.

El procedimiento seguido consiste en clasificar cualitativamente los cuerpos de agua según su uso en tres tipos:

- **Clase (A):** Ríos, embalses y zonas hidrogeológicas que se utilizan para la captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos. La clasificación comprende a los cuerpos de aguas situados en zonas priorizadas de conservación ecológica.
- **Clase (B):** Ríos, embalses y zonas hidrogeológicas donde se captan aguas para el riego agrícola en especial donde existan cultivos que se consuman crudos, se desarrolla la acuicultura y se realizan actividades recreativas en contacto con el agua, así como cuerpos de agua que se explotan para el uso industrial en procesos que necesitan de requerimientos sobre la calidad del agua. La clasificación comprende los sitios donde existan requerimientos menos severos para la conservación ecológica que los comprendidos en la Clase (A).
- **Clase (C):** Ríos, embalses, zonas hidrogeológicas de menor valor desde el punto de vista del uso como: aguas de navegación, riego con aguas residuales, industrias poco exigentes con respecto a la calidad de las aguas a utilizar, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y al contenido excesivo de nutrientes y otros parámetros.

En este caso, en lugar de establecerse normas de calidad en el medio, se establecen límites de vertido para cada caso. El límite máximo permisible **promedio** para las concentraciones en la descarga se da en la tabla 3 de esta norma (tabla A1.4 de este Anexo).

Estos valores corresponden a muestras compuestas proporcionales al caudal de descargas efectuados en días representativos de la generación de las aguas residuales.

Tabla A1.4: Límites Máximos Permisibles Promedio para las Descargas de Aguas Residuales según la Clasificación del Cuerpo Receptor. Tabla 3, apartado 5, NC 27:2012

Parámetros	UM	Ríos y Embalses			Acuífero vertimiento en suelo y zona no saturada de 5 m			Acuífero vertimiento directo a la zona saturada		
		(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
pH	Unidades	6,5-8,5	6-9	6-9	6-9	6-9	6-10	6-9	6-9	6-10
Conductividad eléctrica	µS/cm	1400	2000	3500	1500	2000	4000	1500	2000	4000

Parámetros	UM	Ríos y Embalses			Acuífero vertimiento en suelo y zona no saturada de 5 m			Acuífero vertimiento directo a la zona saturada		
		(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
Temperatura	°C	40	40	50	40	40	50	40	40	50
Grasas y aceites	mg/L	10	10	30	5	10	30	Ausente	10	20
Materia flotante	-	Ausente	Ausente	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente
Sólidos Sedimentables Totales	mL/L	1	2	5	1,0	3,0	5,0	0,5	1,0	5,0
DBO ₅	mg/L	30	40	60	40	60	100	30	50	100
DQO (Dicromato)	mg/L	70	90	120	90	160	250	70	140	250
Nitrógeno total (Kjd)	mg/L	5	10	20	5	10	15	5	10	15
Fósforo total mg/L	2	4	10	5	5	10	5	5	10	

El organismo rector debe calcular las cargas vertidas. Las cargas totales vertidas pueden ser consideradas como atenuante o agravante en el dictamen final de las condiciones en que se apruebe el vertido.

Comentarios:

Los valores propuestos en esta tabla merecen algún comentario. En primer lugar destaca que se emplee como límite valores medios, lo cual no es muy habitual en las normativas, y en todo caso, se debería por lo menos especificar a qué periodo se refiere para el cálculo de dicho promedio.

Destaca también, que se establezca como parámetro los sólidos sedimentables totales, en lugar de los sólidos en suspensión, que es un indicador mucho más útil. La relación DQO/DBO no parece tener mucha lógica desde el punto de vista del tratamiento de las aguas residuales. Imponer límites de DQO de 70 mg/L, implica de facto establecer límites mucho mayores para la DBO. Respecto de los nutrientes, se establece una limitación para el nitrógeno total demasiado estricta, ya que valores por debajo de 25 mg/L implican un tratamiento con nitrificación lo cual puede ser altamente costoso. En este sentido la limitación del fósforo es aún más restrictiva disparando los costes de tratamiento antes de verter.

Adicionalmente se imponen dos normas de calidad en el medio:

- Oxígeno disuelto. Las aguas residuales no podrán producir su disminución por debajo de los siguientes valores
 - A: 4 mg/L
 - B: 3 mg/L
 - C: 2 mg/L
- Coliformes totales y fecales. Las aguas residuales no podrán producir un aumento de la **media geométrica**⁶ del NMP por encima de los siguientes valores

⁶ Recordando: Media geométrica es la raíz n-ésima del producto de "n" números. Es siempre menor o igual que la media aritmética. Es menos sensible a los valores extremos. Si un valor es cero, la media geométrica es cero

Tabla A1.5: Indicadores de contaminación fecal máxima admisible en los cuerpos receptores según su clasificación cualitativa. Tabla 4, apartado 5, NC 27:2012

Categoría del cuerpo receptor	NMP/100 mL Coliformes totales (CT)	NMP/100 mL Coliformes fecales (CF)	Relación CT/CF %
A (superficial)	1000	200	20%
A (subterráneo)	100	20	20%
B (superficial)	5000	1000	20%
B (subterráneo)	250	50	20%
C (superficial)	(1)	(1)	(1)
C (subterráneo)	(1)	(1)	(1)

(1) El límite lo fijará el organismo rector de las aguas terrestres atendiendo al uso, necesidad de conservación y posible riesgo para la salud.

En los casos en que se compruebe que las descargas afecten directa o indirectamente a actividades acuícolas se aplicará la NC 25.

1.2.2 Vertido en aguas costeras

Por otra parte, la regulación para el vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas, se establece en la Norma Cubana Obligatoria **NC 521:2007**.

En el ámbito marino los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso de la forma siguiente:

- **Clase A:** Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas
- **Clase B:** Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en las que personas entran en contacto directo con el agua. Áreas marinas donde hay presencia de arrecifes coralinos
- **Clase C:** Áreas marinas donde se desarrolla la pesca
- **Clase D:** Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como en la generación de energía
- **Clase E:** Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo-portuaria
- **Clase F:** Áreas marinas para la navegación y otros usos

En este caso, no se establecen niveles medios máximos sino límites máximos permisibles, que son los que se recogen en la tabla A1.6.

Tabla A1.6: Límites Máximos Permisibles para las Descargas de Aguas Residuales a la Zona Costera y a los Cuerpos Receptores Marinos (Parámetros Básicos). Tabla 2, apartado 4, NC 521:2007

Parámetro	UM	A	B	C ⁽²⁾	D	E	F
pH	U	5,5-9,0	NP	5,5-9,0	5,0-10,0	5,5-9,0	5,0-10,0
Temperatura ⁽¹⁾	°C	40	NP	40	40	40	40
Aceites y grasas	mg/l	15	NP	15-50	50	30	50
Hidrocarburos Totales	mg/l	5	NP	5-10	20	10	20
Materia Flotante	--	Ausente	NP	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	mL/L	5	NP	5-15	15	10	15
Sólidos Suspendidos Totales ⁽³⁾	mg/l	30	NP	30-150	150	75	150

Parámetro	UM	A	B	C ⁽²⁾	D	E	F
DBOs	mg/l	30	NP	30-150	150	75	150
DQO	mg/l	75	NP	75-300	300	190	300
Nitrógeno Total (Kjeldahl + Nitrato)	mg/l	10	NP	20	40	20	40
Fósforo Total	mg/l	5	NP	7	10	5	10
Coniformes fecales ⁽⁴⁾	NMP/100 mL	200	NP	200-400	1000	1000	SR

(1) En cualquier caso no podrá incrementar el tenor natural del cuerpo receptor marino.

(2) Cuando se dan dos valores, el primero se corresponde con las zonas de pesca críticas para la reproducción, cría y la alimentación. El segundo valor se corresponde para otras zonas de pesca.

(3) No incluye a las algas de las lagunas de oxidación.

(4) Media geométrica.

NP: No se permite vertimiento.

SR: Sin restricción.

Comentarios:

Destaca que en este caso se reporten como valores límites máximos permisibles en lugar de valores medios como en el caso de la NC 27:2012.

No se entiende porqué aparece la zona B, si realmente está prohibido verter en esa zona, tendría más sentido ponerlo como una disposición y omitirlo de la tabla.

Respecto a los valores interpuestos, el pH puede resultar muy bajo en algunos casos (5 o 5.5) y muy alto en otros (10). Es importante neutralizar las aguas antes de verter.

Los comentarios realizados en la NC 27:2012, respecto a Sólidos Sedimentables, Relación DQO/DBO, NTK y PT, serían aplicables también en este caso.

Y finalmente, los valores de coliformes fecales resultan excesivamente exigentes, implicando la obligación de prever una desinfección

I.3 EL SALVADOR

Normas principales	
Decreto No. 29	Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales
RTS 13.05.01:18	Reglamento Técnico Salvadoreño. Aguas. Aguas Residuales. Parámetros de calidad para descarga y manejo de lodos residuales
Decreto N°40	Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.
DEROGADO <i>Acuerdo 249 que aprueba Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09</i>	Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor

Se debe destacar que existe un Anteproyecto de Ley General de Aguas en discusión que contempla la necesidad de establecer una norma de calidad de vertidos en la que se determinarán los parámetros pertinentes, tomando como referencia y propósito la recuperación y conservación de la biodiversidad y la vida acuática; así como su aptitud para el contacto humano, usos recreativos y riego.

Asimismo cabe señalar también que para regular la calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario no existe normativa estatal, pero la Administración de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) cuenta con una norma técnica de 2004, que se ha asumido como norma general.

I.3.1 Reglamento general derogado

La Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, establecía anteriormente las características que se deben presentar en el agua residual.

Esta norma distinguía entre aguas residuales de carácter ordinario como el agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares y aguas residuales de tipo especial como el agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.

Primeramente se regulaban una serie de parámetros para los que se establecían límites diferentes según si es de tipo ordinario o del tipo de industria (DQO, DBO, Sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y aceites y grasas) y luego otros parámetros, que denominaba complementarios, para los que se establecen límites iguales en todos los casos. En general los límites impuestos a las industrias eran bastante más laxos que los de los vertidos ordinarios.

Los valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario, para descargar a un cuerpo receptor establecidos en esta norma, son los siguientes:

Tabla A1.7: El Salvador. Norma salvadoreña obligatoria derogada NSO 13.49.01:09. Límites de descarga de aguas residuales de tipo ordinario a un cuerpo receptor. Adaptada de las tablas 1 y 3 de la norma.

Parámetros de aguas residuales de tipo ordinario	
DQO	150 mg/L
DBO ₅	60 mg/L
Sólidos Sedimentables	1 mL/L
Sólidos Suspendidos Totales	60 mg/L
Aceites y grasas	20 mg/L
Parámetros complementarios	
Fósforo Total	15 mg/L
Nitrógeno Total	50 mg/L
Coliformes Fecales	2.000 NMP/100 mL
Coliformes Totales	10.000 NMP/100 mL

Comentarios:

El límite tan estricto que establecía para coliformes fecales necesariamente obligaba a la adopción de tratamientos de desinfección muy potentes que encarecerán los tratamientos de depuración a implantar.

En cuanto a los valores máximos establecidos para el Nitrógeno y el Fósforo no resultaban problemáticos en general, dado que se encontraban en niveles de agua urbana sin tratamiento.

I.3.2 Reglamento general vigente

El Decreto No. 29 y el Reglamento RTS 13.05.01:18, aprobados recientemente, son los que en la actualidad regulan los vertidos en El Salvador, y vienen a sustituir, respectivamente, al Decreto N° 39 (Reglamento Especial de Aguas residuales) y a la NSO 13.49.01:09 (Norma Salvadoreña Obligatoria. Aguas. Aguas Residuales descargadas a un Cuerpo Receptor).

El **Reglamento Especial**, (República de El Salvador, 2019), se encarga de regular aspectos generales como definiciones, responsabilidades, nombra los parámetros que se han de medir en las aguas residuales, etc.

También establece algunas disposiciones acerca del reúso de las aguas tratadas y sobre la gestión, seguimiento y disposición de lodos; sobre los permisos ambientales e informes operacionales.

La muestreos de calidad de agua en el medio receptor se realizarán al menos una vez al año, en época seca o estiaje, en los primeros cinco años de vigencia del presente reglamento; aguas arriba y aguas debajo de la descarga.

El **RTS 13.05.01:18**, (Organismo Salvadoreño de Reglamentación técnica, 2018), establece los límites permisibles de aguas residuales de tipo ordinario para descargar en el cuerpo receptor.

Estos límites de concentraciones de contaminantes son iguales para todo tipo de medio receptor, por lo que las restricciones se aplican igual para todos los casos.

Tabla A1.8: EL Salvador. Límites permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor. Tabla 2, RTS 13.05.01:18.

Parámetro	Unidad	Límite Permissible
DQO	mg/L	150
DBO	mg/L	60
SST	mg/L	60
SS	mL/L	1
Aceites y Grasas	mg/L	20
pH	Unidades de pH	6.0 – 9.0
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Reportar
Caudal	m ³ /día	Reportar
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Reportar

Comentarios

En la revisión de los límites entre una norma y la anterior, destaca que los coliformes se han caído como un parámetro limitado con carácter general. Los nutrientes tampoco se contemplan, si bien estos no imponían un esfuerzo especial en los límites en los que se contemplaban en la norma anterior.

Aunque no exista un límite establecido para el efluente ordinario respecto a coliformes, se debe tener en cuenta que además de las limitaciones directas, se deberá cumplir con las disposiciones y límites permisibles establecidos en el Reglamento Especial de Normas técnicas de Calidad Ambiental, **Decreto N°40**. Aunque este Reglamento realmente no establece las normas en el medio, si no unas indicaciones y condiciones de cómo deben establecerse tales normas, impone algunos límites sobre los que fundamentar las normas técnicas de calidad del agua que se establezcan, que serían los que se reflejan en la tabla xxA1.9.

Tabla A1.9: El Salvador. Parámetros y límites para fundamentar la norma técnica de calidad del agua como medio receptor. Artículo 19 del Acuerdo 40.

PARÁMETRO	LÍMITE
Coliformes Totales	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000 UFC por 100 mL de muestra analizada
Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 mL de muestra analizada
Oxígeno disuelto	Igual o mayor de 5 mg/L
PH	Debe mantenerse en un rango de 6,5 a 7,5 unidades o no alterar en 0,5 unidades de PH el valor ambiental natural.
Turbiedad	No deberá incrementarse más de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor
Toxicidad	No debe exceder de 0,05 mg/L de plaguicidas órgano clorados

En consecuencia, los coliformes no estarían quedando fuera de regulación sino que deberían cumplir con la norma técnica de calidad.

Respecto a los nutrientes, aunque el reglamento RTS 13.05.01:18 no los incluye en la tabla de limitaciones del vertido ordinario, es interesante destacar que sí se definen en la tabla de limitaciones de carácter general para los vertidos especiales. Entre los límites establecidos para los parámetros específicos se pueden destacar los siguientes por ser contaminantes también típicos de las aguas ordinarias:

Tabla A1.10: El Salvador. Límites permisibles de parámetros específicos de calidad de aguas de tipo especial para vertido a un medio receptor. Tabla 4, RTS 13.05.01:18.

Parámetro	Unidad	Límite permisible
Fosfatos	mg/L	40
Fósforo total	mg/L	15
Nitratos	mg N/L	30
Nitrógeno total	mg N/L	50
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	20
Sulfuros	mg/L	25
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	5

Si bien el reglamento especifica que esta tabla solo es de aplicación para una relación de actividades industriales que se incluye en un anexo, también dice que en aguas residuales mixtas se deben reportar todos los parámetros correspondientes y hace responsable al dueño o administrador del alcantarillado que genere el vertido del cumplimiento de todas las exigencias del reglamento.

Comentario

Sea como fuera, teniendo en cuenta los valores característicos de las aguas residuales urbanas, estos límites no parecen difíciles de lograr, salvo el nitrógeno amoniacal, que supondrá la necesidad de realizar una nitrificación.

Los sulfuros también podrían llegar a ser un problema si el agua de abastecimiento contuviera mucho sulfato en disolución y el proceso de tratamiento fuera anaerobio, puesto que ese sulfato pasaría a sulfuro y podría llegar a superar el nivel.

El control de los vertidos se establece en el Reglamento Especial de Aguas Residuales. Decreto N° 39. La frecuencia mínima de muestreo y análisis, según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, se realizará según se establece a continuación:

Tabla A1.11: Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo ordinario establecida en el Reglamento especial de aguas residuales de El Salvador.

Parámetros	Caudal (m ³ /día)		
	< 50	50-100	> 100
PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

Los análisis de aguas residuales deberán practicarse en muestras compuestas. Estas garantizarán la caracterización del efluente.

Comentarios:

Como puede observarse en la tabla, los coliformes fecales solamente se deben reportar, no estableciéndose ningún límite en concreto. Esto puede ser lógico desde el punto de vista de que una limitación estricta de los coliformes puede implicar la aplicación de tratamientos costosos de las aguas residuales.

Del mismo modo, tampoco se establecen limitaciones para el nitrógeno ni el fósforo, en ningún momento. Es importante establecer ciertas limitaciones de estos nutrientes, sobre todo en zonas sensibles o con alto riesgo de eutrofización que se deben tener en cuenta.

Respecto de la DBO y DQO los límites establecidos parecen asequibles de alcanzar. Si bien es necesario reflexionar sobre su relación. En un agua residual bruta el ratio DQO/DBO suele estar en torno a 1,2-2, y si se considera que la aplicación de un tratamiento secundario va a reducir esencialmente la DBO (puede llegar hasta el 90% de reducción, mientras que la DQO se reduce hasta un 75%), el efluente resultante presentará un ratio DQO/DBO mucho mayor, pudiendo llegar hasta 5. En la norma salvadoreña este ratio se sitúa en 2,5.

Otro aspecto que merece ser destacado de la norma de vertidos salvadoreña, aunque no sea objeto de este estudio, es que para las descargas de agua residual de tipo especial al medio receptor se fijan límites permisibles de DQO, DBO, SST, Aceites y grasas, PH y Temperatura, en función de 35 tipos de actividades industriales. De forma general los límites impuestos son demasiado laxos.

El RTS, regula a su vez, las frecuencias de muestreo de las aguas residuales de tipo ordinario, según se recoge en la tabla siguiente.

Tabla A1.12: Frecuencia de muestreo de aguas residuales de tipo ordinario. Tabla 9, RTS 13.05.01:18

Parámetro	Entrada	Salida	Caudal del efluente m ³ /día	
			≤50	>50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	X	X	Semestral	Trimestral
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	X	X	Semestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	X	X	Semestral	Trimestral
Sólidos Sedimentables (SS)		X	Trimestral	Semanal
Aceites y Grasas		X	Semestral	Trimestral
Potencial de Hidrógeno (pH)		X	Trimestral	Semanal
Coliformes fecales		X	Semestral	Trimestral
Caudal (Q)		X	Diario	Diario
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)		X	Semestral	Trimestral

I.4 GUATEMALA

Normas principales	
A.G. N° 236-2006	Reglamento de las Descargas y Reúso de aguas Residuales y de la Disposición de Lodos
A.G. N° 129-2015 A.G. N° 110-2016 A.G. N° 138-2017 A.G. N° 304-2017 A.G. N° 058-2019 A.G. N° 254-2019	Modificaciones de A.G. N° 236-2006
A.G. N° 12-2011	Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la cuenca del lago Atitlán

I.4.1 Reglamento General

La norma general guatemalteca tiene un enfoque basado en la reducción progresiva de contaminantes a lo largo del tiempo, y en lo que respecta a la DBO se establece en una forma particular de reducciones de cargas contaminantes.

Además, la norma establece una diferencia entre los nuevos vertidos y los existentes, de tal forma que los nuevos deben acatar los límites más estrictos desde el inicio, mientras que la progresividad se establece para los ya existentes.

El Acuerdo Gubernativo N°236-2006 (MARN, 2006), ha sido modificado en numerosas ocasiones, fundamentalmente con el objeto de prorrogar los plazos de cumplimiento para los vertidos de las municipalidades.

En la versión original de la norma se preveían **dos procedimientos** a seguir, uno general para cualquier tipo de vertido y otro específico para los vertidos de carácter ordinario (municipales y de urbanizaciones) y los vertidos ordinarios podían acogerse, a conveniencia, al procedimiento general o al específico. Tras la modificación introducida por el **AG 138-2017**, esto ya no es posible y solo pueden seguir el procedimiento específico, lo cual es lógico dado que las prórrogas de tiempo solo se establecieron para los vertidos urbanos.

Además, a partir de 2017 se le ha dado un tratamiento diferenciado a las municipalidades de las urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público. En el caso de las primeras se ha continuado prorrogando plazos pero no así para las urbanizaciones.

Sistema general

Establece una diferenciación entre la DBO, donde se imponen restricciones tanto en función de las concentraciones como de las cargas contaminantes vertidas, y el resto de parámetros, donde se limitan solo las concentraciones.

Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Tabla A1.13: Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno. A.G 236-2006.

Etapa		Uno			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración, años	5				
Carga, kg/d	3000 ≤ EG < 6000	6000 ≤ EG < 12000	12000 ≤ EG < 25000	25000 ≤ EG < 50000	50000 ≤ EG < 250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
Etapa		Dos			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince				
Duración, años	4				
Carga, kg/d	3000 ≤ EG < 5500	5500 ≤ EG < 10000	10000 ≤ EG < 30000	30000 ≤ EG < 50000	50000 ≤ EG < 125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
Etapa		Tres			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5				
Carga, kg/d	3000 ≤ EG < 5000	5000 ≤ EG < 10000	10000 ≤ EG < 30000	30000 ≤ EG < 65000	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
Etapa		Cuatro			
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4				
Carga, kg/d	3000 ≤ EG < 4000		4000 ≤ EG < 7000		
Reducción porcentual	40		60		

EG= carga del ente generador correspondiente en kilogramos por día.

Para otros parámetros se establecen limitaciones a las concentraciones en función de la fecha, tal como se refleja en la tabla A1.14.

Estas condiciones se imponen para los vertidos existentes. Los nuevos vertidos deben cumplir directamente con los límites del último plazo.

Tabla A1.14: Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. A.G. 236-2006.

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/L	1500	100	50	10	10
Materia flotante		Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	mg/L	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	mg/L	1400	100	50	25	20
Fósforo total	mg/L	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	NMP/100mL	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	mg/L	1	0,5	0,1	0,1	0,1
Cadmio	mg/L	1	0,4	0,1	0,1	0,1
Cianuro total	mg/L	6	3	1	1	1
Cobre	mg/L	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	mg/L	1	0,5	0,1	0,1	0,1
Mercurio	mg/L	0,1	0,1	0,02	0,02	0,01
Níquel	mg/L	6	4	2	2	2
Plomo	mg/L	4	1	0,4	0,4	0,4
Zinc	mg/L	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Comentarios:

La máxima reducción de DBO impuesta en los casos de mayor carga es del 99%. Se seguirá el modelo de reducción hasta que se alcancen los 3.000 kg/d de DBO, con una concentración máxima de 200 mg/L, o una concentración de DBO igual o menor que 100 mg/L.

Como se puede ver, el modelo de reducción de cargas se impone solo a vertidos que superen los 3.000 kg/d de DBO. Por tanto, si estimamos que en un vertido urbano se producen del orden de 50g/ (hab·d), la obligación de reducir las cargas solo sería de aplicación a las poblaciones mayores de 60.000 habitantes.

Sin embargo, también se establece que los entes generadores existentes que registren cargas menores o iguales a 3.000 kg/d, pero que registren valores mayores a 200 mg/L en el parámetro de calidad asociado, procederán a efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes correspondientes a la primera columna del lado izquierdo correspondiente a los rangos, en el modelo de reducción progresiva de cargas. Por tanto, esto afectaría a cualquier vertido urbano, pero solo hasta alcanzar los 200 mg/L. Estos límites podrían interpretarse como una exigencia para vertidos pequeños.

Comparativamente con otras normas, la guatemalteca resulta muy laxa. Se debe tener en cuenta que se consiente verter una concentración de 100 mg/L de DBO si la carga es mayor de 3.000 kg/d y con 200 mg/L si la carga es menor.

Si bien la DBO debe reducirse solo para vertidos superiores a 3000 kg/d, el resto de parámetros son exigibles para todos los vertidos independientemente de su tamaño.

Si se analizan estos valores desde la perspectiva del tratamiento de los vertidos urbanos, el nitrógeno tendría un límite complicado de cumplir a partir de 2020 pero el fósforo no sería problema ni en el último plazo.

Los sólidos en suspensión son muy laxos. Los coliformes fecales, en cambio, son muy estrictos, debiendo incluirse una desinfección a partir de 2020.

Además, existiría una incoherencia entre los valores de concentración tan elevados consentidos para la DBO y la desinfección necesaria para alcanzar los valores e coliformes.

Vertidos a Esteros

Por otro lado, para el caso de vertidos en un estero⁷ se exige un mayor rendimiento en la DBO.

Tabla A1.15: Guatemala. Límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales en esteros. A.G. 236-2006

Parámetro	Unid.	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
DBO	mg/L	500	300	250	150	100

En este caso, el Reglamento especifica claramente que no es aplicable la meta general, por lo que debe llegarse al límite de 100 mg DBO/L, independientemente de la carga vertida.

Para los entes generadores nuevos, como siempre, se deberán aplicar los límites más estrictos directamente.

Además la norma establece que en caso de descargas hacia cuencas de lagos, lagunas o embalses naturales, tendrán obligación de cumplir con 5 mg/L de fósforo total al finalizar la cuarta etapa. Para los entes generadores nuevos, como siempre, se deberán aplicar los límites más estrictos directamente.

En la redacción original, el sistema específico para aguas residuales municipales y de urbanizaciones se establecía en el **artículo 24**, que permite unos plazos mayores aunque unos límites de concentración de DBO menores. Este artículo ha sido modificado en diversas ocasiones, y en concreto a partir de 2017, se anuló la posibilidad de acogerse a los dos sistemas y se diferenció entre las urbanizaciones y las municipalidades. Posteriormente solo se han continuado modificando los plazos para estas últimas, debido a la imposibilidad de estas para cumplir con las exigencias de la norma.

Además, en la redacción original se establecía que todas las municipalidades debían tener en operación, al menos sistemas de tratamiento primario al cumplirse el dos de mayo del dos mil

⁷ Estero: la zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales

quince. Aquellas que recibieran en el alcantarillado público descargas de aguas residuales de tipo especial, que contengan compuestos que no puedan ser tratados en un sistema de tratamiento primario, no estarán sujetas a los límites máximos permisibles de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total y fósforo total en la etapa uno del cuadro.

Sistema de reducción de contaminación para urbanizaciones

En la situación actual, el artículo 24 establece las siguientes condiciones para las urbanizaciones:

Tabla A1.16: Guatemala. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de las urbanizaciones. A.G. 138-2017

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/2019	02/05/2023	02/05/2027	02/05/2031
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/L	100	50	10	10	10
Materia flotante		Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
DBO	mg/L	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	mg/L	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	mg/L	150	150	70	20	20
Fósforo total	mg/L	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 1x10 ⁸	< 1x10 ⁷	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	mg/L	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cadmio	mg/L	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cianuro total	mg/L	6	1	1	1	1
Cobre	mg/L	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	mg/L	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mercurio	mg/L	0,1	0,02	0,02	0,02	0,01
Níquel	mg/L	6	2	2	2	2
Plomo	mg/L	4	0,4	0,4	0,4	0,4
Zinc	mg/L	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Comentarios:

Aunque al igual que en el sistema general se plantean 4 etapas, en este caso a partir de la tercera ya se exigen los límites más estrictos.

Existe aparentemente una contradicción entre los 100 mg/L para la DBO que se exigen en este caso con los 200 mg/L que se permiten en el sistema general.

En lo que respecta a los valores de los nutrientes, se prevén concentraciones iniciales que están muy por encima de lo que es habitual y, mientras que para el fósforo los límites son muy laxos en todo momento, para el nitrógeno resulta muy estricto a partir de 2027.

Sistema específico para municipalidades:

Los requerimientos para las **municipalidades** aparecen regulados en el artículo 24.bis, y de acuerdo a la última modificación (A.G. 254-2019), deberán cumplir con los siguientes límites:

Tabla A1.17: Guatemala. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores para las municipalidades en los parámetros más relacionados con los vertidos urbanos. A.G. 254-2019

Parámetros	Dimensionales	Fecha máxima de cumplimiento		
		02/05/2024	02/05/2028	02/05/2032
		Etapa		
		Uno	Dos	Tres
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	mg/L	50	10	10
Materia flotante		Ausente	Ausente	Ausente
DBO	mg/L	250	100	100
Sólidos suspendidos	mg/L	275	200	100
Nitrógeno total	mg/L	150	70	20
Fósforo total	mg/L	40	20	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	NMP/100mL	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cadmio	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cianuro total	mg/L	1	1	1
Cobre	mg/L	3	3	3
Cromo hexavalente	mg/L	0,1	0,1	0,1
Mercurio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Níquel	mg/L	2	2	2
Plomo	mg/L	0,4	0,4	0,4
Zinc	mg/L	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1000	750	500

Las nuevas modificaciones dan mucha importancia a la posibilidad de que las municipalidades puedan contar con diferentes puntos de descarga y se entra a detallar requisitos específicos para las posibles descargas.

La identificación de las mismas se solicita específicamente en los Estudios técnicos que deberían haberse finalizado antes del 30 de mayo de 2019 y se establecen las siguientes limitaciones:

- El 2/05/2023, todas las municipalidades deberán tener en operación sistemas de tratamiento completos⁸, por lo menos, para las dos descargas principales que en el inventario se reporten sin tratamiento y que concentren la mayor carga de DBO. Los efluentes ya tratados deben de cumplir con los límites máximos permisibles de la etapa uno.
- Para completar el tratamiento de las descargas restantes consignadas en el inventario, deberán tener en operación sistemas de tratamiento según los siguientes porcentajes:
 - (c.1) El 3/05/2027, en operación sistemas de tratamiento para el sesenta por ciento (60 %) del total de las descargas⁹.

⁸ No se entiende qué se entiende por sistema de tratamiento completo, puesto que no sería necesario más que para cumplir los requisitos de la etapa I.

⁹ No está claro si este porcentaje se refiere al 60% de la carga o del número de descargas

- (c.2) El 2/05/2031, en operación sistemas de tratamiento para el restante cuarenta por ciento (40%) del total de las descargas.

Además, se entiende que con el objeto de marcar los pasos y poder hacer un seguimiento más estrecho a las municipalidades, se establecen otras obligaciones correspondientes a hitos necesarios para desarrollar estas acciones:

- Para la presentación de los instrumentos ambientales y con base en lo establecido en los párrafos anteriores, las municipalidades deberán de cumplir con lo siguiente:
 - b) El 31/10/2025, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal (c.1).
 - c) El 30/10/2029, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal (c.2).
- El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá de supervisar el cumplimiento progresivo de estas disposiciones y en caso de incumplimiento plantear las acciones legales que correspondan.

I.4.2 Norma específica del Lago Atitlán

En el caso de Guatemala, debido a la mala situación del Lago de Atitlán, se tomó la decisión de dictar disposiciones específicas para su cuenca, que prevengan la contaminación y permitan garantizar la utilización y el aprovechamiento de dicha cuenca. Así, por el Acuerdo Gubernativo N° 12-2011, se aprueba el Reglamento de descargas de aguas residuales en la cuenca del lago de Atitlán (MARN, 2011).

Se establece una diferenciación para la limitación de los vertidos que van directamente al lago y los vertidos que se producen en la cuenca.

Los entes generadores que descarguen aguas residuales al lago de Atitlán, deben cumplir con los límites máximos permisibles de los parámetros que se indican a continuación:

Tabla A1.18: Guatemala. Límites máximos permisibles para las descargas directas al Lago de Atitlán. A.G. N°12-2011

Parámetros	Dimensiones	Fecha máxima de cumplimiento	
		31/01/2011	30/06/2013
		Uno	Dos
Temperatura	Grados Celsius	TRC +/- 3°*	TRC +/- 3°*
Grasas y aceites	mg/L	25	10
Materia flotante		Ausente	Ausente
DBO	mg/L	50	30
DQO	mg/L	100	60
Sólidos suspendidos	mg/L	60	40
Nitrógeno total	mg/L	25	5
Fósforo total	mg/L	10	3
pH	Unidades pH	6-9	6-9
Coliformes fecales	NMP/100mL	1x10 ³	500
Color aparente	Ud. platino cobalto	750	400

* Temperatura del medio receptor

Comentarios:

Estos límites resultan muchísimo más estrictos que los impuestos en el Reglamento general. Se imponen especialmente límites muy severos para los nutrientes, lo cual es lógico, dado que esta norma surgió del deterioro por eutrofización del lago. Sin embargo, alcanzar estos límites de concentración para las pequeñas poblaciones puede ser muy difícil.

Además los plazos son aún más estrictos, teniendo en cuenta que esta norma es de febrero de 2011 y se están imponiendo límites para agosto del mismo año, lo cual resulta inabordable.

A diferencia del reglamento general, también se incluye la DQO.

Además, el reglamento establece especificaciones para cuando las descargas se realicen en ríos, riachuelos, quebradas o zanjones de la cuenca del lago de Atitlán (art. 12) y al subsuelo (art. 13)

Los límites impuestos son ligeramente más altos que en el caso de las descargas directas, pero siguen siendo más estrictos que en el Reglamento general.

I.5 HONDURAS

Norma principal	
Acuerdo N°058	Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario
Acuerdo Ejecutivo N° 003-2020	Reglamento Nacional de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales

Acuerdo N°058

La norma que regula los vertidos en Honduras, el Acuerdo N°058, fue aprobada en 1996 y es una norma muy sencilla. Solo presenta unas limitaciones generales a los vertidos al medio, sin realizar distinciones de situaciones singulares.

En ella se establecen una serie de normas de calidad para la descarga de aguas residuales en cuerpos receptores.

Tabla A1.19: Honduras. Normas de Calidad para Descarga de Aguas Residuales en Cuerpos Receptores. Adaptada de la Tabla I del Acuerdo N°058.

PARÁMETRO	VALOR PERMISIBLE
Temperatura	< 25.00 Grados Centígrados
Color	<200 UC
pH	6,00 a 9,00
Volumen Descargado	< 10% del caudal o volumen promedio del cuerpo receptor
PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
Sólidos Sedimentables	1.00 mL/L/h
Sólidos Suspendidos	100 mg/L
Materia Flotante y Espuma	AUSENTE
DBO	50 mg/L
DQO	200.00 mg/L
Grasas y Aceites	10 mg/L
Nitrógeno Total Kjeldalh	30.00 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	20.00 mg/L
Fósforo Total	5.00 mg/L
Sulfuros	0.25 mg/L
Coliformes fecales	5000/100 mL

Adicionalmente se dispone que, cuando los usuarios aun cumpliendo con las normas de descarga produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para su uso asignado, las Entidades Reguladoras podrán exigirles valores más restrictivos en la descarga.

Comentarios:

Los límites establecidos para la DBO y DQO parecen bastante razonables, ya que la relación DQO/DBO es de 4, y teniendo en cuenta por ejemplo la normativa europea que establece una DBO de 25 y DQO de 125, parece un límite adecuado.

El nitrógeno total tampoco supone un límite demasiado complicado de alcanzar. Sin embargo, el Fosforo total sí puede resultar restrictivo y por tanto puede repercutir a su vez en el límite de la DBO, implicando la necesidad de aplicar tratamientos costosos. Debería limitarse a estos niveles en las zonas en que haya un mayor riesgo de eutrofización y no en todas las zonas por igual.

Los coliformes fecales son a su vez, bastante restrictivos, demandando un tratamiento de desinfección para alcanzar esas concentraciones.

Además, el Acuerdo recoge las normas de calidad para descargas de aguas residuales al alcantarillado, donde no se establecen valores límite para la DBO o DQO entre otros. Sin embargo, se estipula que cada organismo operador del alcantarillado sanitario definirá los valores de parámetros no incluidos (DBO, DQO, grasas y aceites y volumen máximo de descarga, entre otros) para que la descarga final al cuerpo receptor cumpla con lo establecido anteriormente.

Acuerdo Ejecutivo N° 003-2020

El Reglamento Nacional de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales, recientemente aprobado (publicado en mayo de 2021,) tiene entre sus objetivos establecer los procedimientos y mecanismos de control requeridos para el registro y autorización de las descargas y establecer un programa de monitoreo y control de los efluente producidos por los Entes Regulados, aspectos estos muy deficientemente tratados en las normas anteriores.

Es de destacar que en este reglamento se establece una clasificación de las emisiones de aguas residuales basándose en su fuente y composición, dividiéndolas en:

- Aguas residuales domésticas, son aquellas normalmente producidas en las actividades diarias domésticas, que incluyen a las aguas negras de sistemas sanitarios y las aguas grises de lavabos, duchas, lavatrastos y lavarropas
- Aguas residuales institucionales o comerciales, aquellas generadas por las fuentes indicadas como ser edificios de oficinas, tiendas, centros comerciales, hoteles restaurantes y demás fuentes similares (de composición similar a las domésticas)
- Aguas residuales industriales y agroindustriales
- Aguas residuales agropecuarias y acuícolas
- Aguas residuales especiales, Categoría A
- Aguas residuales especiales, Categoría B

I.6 NICARAGUA

Normas principales	
Decreto N° 21-2017	Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de Aguas Residuales
D. Ejecutivo N°77-2003	De establecimiento de las disposiciones que regulan las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de tratamiento en el lago Xolotlán
DEROGADO Decreto N° 33-95	Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias.

I.6.1 Reglamento General derogado

En Nicaragua hasta 2017 los límites de vertido estaban regulados por el Decreto N° 33-95. Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias.

En este Decreto, el Capítulo VI regulaba las descargas de aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamientos de los alcantarillados a cuerpos receptores y establecía una diferenciación entre las poblaciones mayores y menores de 75.000 habitantes, fijando límites diferentes para la mayor parte de los parámetros característicos, salvo los coliformes.

Los parámetros de calidad de vertido deberán cumplir con los rangos y límites máximos permisibles expresados a continuación:

Tabla A1.20: Nicaragua. Límites máximos permisibles para los parámetros de calidad de vertido líquido provenientes de los sistemas de tratamientos de los alcantarillados que sean descargados directa o indirectamente a los cuerpos receptores. Decreto derogado N° 33-95.

	<75.000 hab.	>75.000 hab.
pH	6-9	6-9
Sólidos suspendidos Totales (mg/L)	100	80
Grasas y Aceites (mg/L)	20	10
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1,0	1,0
DBO ₅ (mg/L)	110	90
DQO (mg/L)	220	180
Sustancias Activas al azul de metileno (mg/L)	3	3

Los Coliformes fecales, medidos como número más probable, no debían exceder de 1.000 por cada 100 mL en el 80% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5.000 por cada 100 mL.

Respecto a los cuerpos receptores existe la prohibición general de la descarga directa o indirecta de aguas residuales tratadas o no tratadas de origen doméstico, industrial y agropecuario a los ecosistemas de lagos volcánicos.

I.6.2 Reglamento General vigente

La norma actual que regula los vertidos en Nicaragua es el Decreto N°21-2017 (Diario Oficial de la República de Nicaragua, 2017) que deroga la anterior norma (Decreto N°33-95).

En este reglamento se establece una serie de restricciones respecto a los vertidos domésticos, industriales, agroindustriales, comerciales y de servicios, que no podrán introducir al cuerpo receptor efluentes que modifiquen y alteren las características de calidad de agua para los diferentes usos a que se destinen. Asimismo, se prohíbe la descarga directa o indirecta de aguas residuales tratadas o no tratadas de cualquier índole a los ecosistemas de lagos volcánicos o lagunas cratéricas.

Los artículos del 14 al 18 y el capítulo IV (art.22 y 23) regulan las descargas a las Redes de Alcantarillado Sanitario

Los vertidos provenientes de Sistemas de tratamiento a Cuerpos receptores se regulan en el **Capítulo V**.

En primer lugar, fija que el límite máximo de Coliformes Fecales se regirá por medio del principio de Gradualidad, con el objetivo de lograr la aplicación de la Mejor Tecnología de Práctica disponible, para responder de manera progresiva a la disminución de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales, siempre y cuando el vertido no se deposite a cuerpos de agua donde se afecte la salud humana (manteniendo los rangos establecidos por el Ministerio de Salud). Se establecen los siguientes límites y periodos de tiempo:

Tabla A1.21: Nicaragua. Límites máximos permisibles de Coliformes Fecales. Capítulo V, Decreto N°21-2017.

Periodo de tiempo	2017-2022	2023-2026	2027-2029
Coliformes Fecales	1×10^5	1×10^4	1×10^3

En caso de realizar el reúso de los vertidos tratados, se regirá por lo establecido en la **NTON 05-027-05** Norma Técnica Ambiental para Regular los sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reúso.

Como puede observarse, en este caso se ha optado por una solución de reducir progresivamente en el tiempo las concentraciones de coliformes fecales en un orden de magnitud.

A continuación se establecen los rangos y valores máximos permisibles para los vertidos de las aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamiento del Alcantarillado Sanitario a los cuerpos receptores

Tabla A1.22: Nicaragua. Rangos y valores máximos permisibles para la descarga de Aguas Residuales provenientes del Alcantarillado Sanitario. Capítulo V, Decreto N°21-2017.

Parámetro	Rangos y Valores Máximos Permisibles
pH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	100
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1
Aceites y Grasas Totales (mg/L)	20
DBO ₅ (mg/L)	110
DQO (mg/L)	220

Parámetro	Rangos y Valores Máximos Permisibles
Nitrógeno Total (mg/L)	45
Fósforo Total(mg/L)	15

Establece, asimismo, una diferenciación para los vertidos provenientes de sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico, con los siguientes límites:

Tabla AI.23: Nicaragua. Rangos y valores límite para vertidos provenientes de Sistemas de tratamiento de Aguas residuales de tipo doméstico. Decreto N°21-2017

Parámetro	Rangos y Valores Máximos Permisibles
pH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	80
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1
Materia flotante	Ausente
DBO ₅ (mg/L)	110
DQO (mg/L)	220
Nitrógeno Total (mg/L)	30
Fósforo Total(mg/L)	10
Aceites y Grasas Totales (mg/L)	15

Esta tabla contienen una nota al pie en la que se especifica que se excluyen del monitoreo los sistemas de tratamientos de aguas residuales individuales de tipo doméstico de hasta treinta (30) personas. Por tanto, se estaría estableciendo de esta manera un umbral mínimo donde sería de aplicación la norma de vertido.

Por otro lado, destaca que el reglamento establezca también varias distinciones, implantando los rangos y límites máximos permisibles para:

- Vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Hospitales
- Vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Laboratorios de Ensayos, de Producción y de Investigación
- Vertidos de Aguas Residuales no domésticas, provenientes de las Estaciones de Servicio de Automotor, Terminales marítimas de almacenamiento de combustible

Tabla AI.24: Nicaragua. Rangos y Valores Máximos Permisibles para vertidos provenientes de sistemas de tratamiento de hospitales, laboratorios y otros. D. N°21.2017

Parámetros	Hospitales	Laboratorios de ensayos, de producción y de investigación	Estaciones de Servicio de Automotor
PH	6-9	6-9	6-9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	50	100	50
Sólidos Sedimentables totales (ml/L)	1	10	1
Grasas y aceites (mg/L)	20	10	50
DBO ₅ (mg/L)	60	60	110
DQO	120	120	200

Aunque no sea objeto de este estudio, también es importante mencionar que el capítulo VI, recoge las disposiciones acerca de los vertidos provenientes de la industria a cuerpos receptores, estableciendo más de 30 tipologías de actividades industriales diferentes con sus respectivas limitaciones. A esto hay que añadir, además, la distinción que se realiza para las actividades agroindustriales (capítulo VII).

Comentarios:

Resulta interesante plantear una reducción progresiva de los coliformes fecales, y además las metas que se plantean son asequibles. Quizá sería interesante plantear un modelo similar para otro tipo de parámetros.

Destaca que se hayan especificado tantos tipos de vertidos en función de su origen (provenientes de distintos sistemas de tratamiento).

En el caso de vertidos provenientes de sistemas de tratamiento de alcantarillado sanitario y los de tipo doméstico no se observan grandes diferencias, aunque los segundos son un poco más restrictivos. Dentro de estos, debe revisarse la relación DQO/DBO, ya que presenta un ratio de 2, cuando lo recomendable sería un ratio más elevado.

En el caso de vertidos provenientes de hospitales de laboratorios de ensayo los valores de la DBO y la DQO se reducen notablemente.

1.6.3 Reglamento específico del Lago Xolotlán

El **Decreto Ejecutivo N°77-2003** (Diario Oficial de la República de Nicaragua, 2003) establece las disposiciones que regulan las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de tratamiento del lago Xolotlán.

En este decreto se establecen los siguientes límites:

Tabla A1.25: Nicaragua. Límites y frecuencias máximos para los permisos de descarga de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de tratamiento en el Lago Xolotlán. Decreto Ejecutivo N° 77-2003

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Promedio Diario	Frecuencia Muestreo y tipo de muestras
pH	6-9	Mensual en época lluviosa
Sólidos suspendidos totales	80	Cada dos meses en época seca
Grasas y aceites (mg/L)	10	
Sólidos sedimentables (mL/L)	1,0	
DBO (mg/L)	90	
DQO (mg/L)	180	
Coliformes Fecales	500.000 por cada 100 mL	El tipo de muestra: Muestra compuesta

Los valores de los parámetros de las descargas residuales domésticas se obtendrán del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de 12 muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal, medido en el sitio y en el momento del muestreo, con un intervalo entre 1-2 horas entre muestras.

Comentarios:

Como puede observarse los límites impuestos en este caso, son más estrictos que los establecidos en el reglamento general para vertidos de agua de tipo doméstico.

Falta introducir los parámetros de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Esto resulta sorprendente, ya que los ecosistemas como el lago Managua presentan un elevado riesgo de eutrofización, por lo que es importante establecer una limitación para dichos parámetros.

Respecto a los coliformes fecales los valores son bastante elevados, y no se observa un plan de reducción progresiva en el tiempo.

I.7 PARAGUAY

<i>Norma principal</i>	
Resolución N°222/02	Por la cual se establece el Padrón de Calidad de las Aguas en el Territorio Nacional
Resolución 255/06 (SEAM, 2006),	Por la cual se establece la clasificación de las aguas de la República del Paraguay

En Paraguay, la **Resolución N° 222/02** (SEAM, 2002) por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional es la norma que regula los vertidos. Su planteamiento es similar al de la norma boliviana, dado que propone una clasificación general de los cuerpos de agua según sus usos preponderantes y se establece unas condiciones y límites de calidad a alcanzar diferentes en cada clase. Al igual que en Bolivia tampoco se ha realizado finalmente la clasificación de los cuerpos de agua y ha debido recurrirse a una solución de compromiso.

Las cuatro clases del territorio nacional son:

Clase 1- Aguas destinadas:

- a) Los abastecimientos domésticos después del tratamiento simplificado;
- b) La protección de las comunidades acuáticas
- c) Las recreaciones de contacto primario (natación, esquí-acuático)
- d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
- e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.

Clase 2- Aguas destinadas:

- a) Para abastecimiento domestico después de los tratamientos convencionales:
- b) Para protección de las comunidades acuáticas
- c) Para recreación de contacto primario (esquí acuático, natación)
- d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
- e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.

Clase 3- Aguas destinadas

- a) En abastecimiento doméstico, después del tratamiento especial¹⁰
- b) Para irrigación arbórea, jardín y forrajearas.
- c) Para recreación de contacto secundario

Clase 4- Aguas destinadas

- a) Para la navegación

¹⁰ Los niveles de tratamiento para abasteciendo público son:

- I. Tratamiento simplificado: cloración y/o filtración
- II. Tratamiento convencional: coagulación, decantación, filtración o cloración.
- III. Tratamiento especial: tratamiento convencional + ozonización, aplicación de carbón activado y otros procesos para poder garantizar la calidad de las aguas para abastecimiento público.

- b) Para la armonía paisajística
- c) Para los usos menos exigentes

La norma establece condiciones y límites para cada una de las clases pero, como ya se ha dicho, trascurrido un tiempo sin realizarse la clasificación de las aguas, **la Resolución 255/06** (SEAM, 2006), por la cual se establece la clasificación de las aguas de la República del Paraguay, clasifica todas las aguas en la clase 2, con la salvedad de mantener en la clase 1 a las nacientes, surgentes o manantiales de los cursos de agua que no presentan grave deterioro en el ecosistema al cual pertenece o bien se encuentren conservadas ya sea por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas o por Reservas Naturales Privadas, declaradas por el SEAM. En consecuencia, no tiene sentido aquí más que especificar las condiciones que afectan a las dos primeras clases.

Aunque de acuerdo al artículo 15, en las aguas de **clase 1** no serán tolerados lanzamiento de aguas residuales de origen doméstico e industriales, a continuación se recogen los condicionantes establecidos para la misma, puesto que parte de ellos son de aplicación también en la **clase 2**.

Para agua de **Clase 1** se establecen siguientes límites y/o condiciones:

- a)-e) Materias flotantes; aceites y grasas; sustancias que comuniquen sabor y olor; colorantes artificiales y sustancias que formen depósitos objetables: virtualmente ausentes
- f) Coliformes:
Para el uso de recreación de contacto primario, se tendrá en cuenta lo establecido en el Art. 6.¹¹
Las aguas utilizadas para la irrigación de hortalizas o plantas fructíferas que se manejan en el suelo y que son consumidas crudas, sin remoción de las cáscaras o la película, no deben ser poluidas por excrementos humanos, atendiendo a la necesidad de una inspección sanitaria periódica.
Para los demás usos, no deberán ser excedidos en el límite de 200 coliformes fecales por 100 mL en el 80% o más de, por lo menos, 5 muestras mensuales recolectando en cualquier mes.
- g) DBO: hasta 3 mg/L
- h) OD: en cualquier muestra, no inferior a 6 mg/l
- i) Turbidez: hasta 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT)
- j) Color: hasta 15 mgPt/L
- k) Ph: 6,0-9,0
- l) Sustancias potencialmente perjudiciales (tenores máximos permisibles):

¹¹ Art. 6° Las aguas destinadas a usos de recreación de contacto primario, serán encuadradas y tendrán su condición avaladas en Excelentes, Muy Buena, Satisfactoria, No apta de la siguiente forma.

- a) Excelente: Cuando en 80 % o más de un conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas, la presencia de coniformes fecales es nulo.
- b) Muy buena; Cuando en 80% o más de un conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas, hubiera, en un máximo de 250 coliformes fecales por 100 ml.
- c) Satisfactorias: Cuando en 80% o más de un conjunto de muestras en cada una de las 5 semanas, hubiera, en un máximo 1000 coliformes fecales por 100 ml.
- d) No Apta: Cuando ocurriera, cualquier de las circunstancias:
 - El padrón de ninguna de las categorías citadas anteriormente
 - Si ocurriera en la región incidencia relativamente elevada o anormal de enfermedades transmisibles por vía hídrica, a criterio de las autoridades.
 - Señales de polución por aguas negras y otros residuos, perceptibles organolépticamente.
 - Presencia en las aguas, de moluscos transmisores potenciales de equistomiasis
 - Presencia en las aguas, de parásitos e insectos vectores de dolencias transmisibles.

Inorgánicos (mg/L) ¹²	
Fósforo total	0,025 P
Nitrógeno Total	0,30 N
Nitrato	10 N
Nitrito	1,0 N

Para las aguas de **Clase 2**, se establecen los mismos límites de la Clase 1, a excepción de las siguientes condiciones:

- a) No será permitida la presencia de colorantes artificiales que no sean removidos por procesos de coagulación, sedimentación y filtración convencional
- b) Coliformes:
Para uso de recreación de contacto primario deberá ser cumplido con el Art. 6. Para los demás usos, no deberá ser excedido en el límite de 1.000 coliformes por 100 ml en 80 % o más de por lo menos 5 muestras mensuales,
- c) Color: hasta 75 Pt/l
- d) Turbidez: hasta 100 UNT
- e) DBO₅ 20° C hasta 5¹³ mg/L
- f) OD, en cualquier muestra: no inferior a 5 mg/L O₂
- g) Fosforo Total o Nitrógeno Total: respectivamente hasta 0,05 mg/L e 0,6 mg/L

Comentarios

Resulta sorprendente el valor de nitrógeno total tan restrictivo impuesto como norma general, teniendo en cuenta que proviene de todo tipo de fuentes y que sus efectos nocivos generalmente se producen a concentraciones mucho más elevadas. En cualquier caso existiría una contradicción entre los valores previstos para el nitrógeno total y los de nitrato y nitrito, por lo que se podría entender que se trata de NTK en lugar de nitrógeno total.

El valor del fósforo también resulta aparentemente muy bajo. Posteriormente en el listado de la publicación que se puede descargar en el SEAM aparece un 4,0F, que no tiene asignado parámetro y que en el margen se puede leer escrito a mano que correspondería al fósforo.

En general se puede decir que el listado de compuestos inorgánicos y orgánicos que aparece en la Resolución (de los que solo se recogen aquí los típicos de aguas residuales urbanas) presenta diversos errores, incluso de tipográficos, e incoherencias.

Límites de vertido para todos los casos

En relación con los límites de vertido que se establecen adicionalmente, el artículo 7 determina que los efluentes de cualquier fuente poluidora solamente podrán ser alcanzados, directa e indirectamente, en los cuerpos de las aguas obedeciendo los criterios establecidos en la clasificación del cuerpo receptor y las siguientes condiciones impuestas:

- a) pH entre 5 a 9
- b) DBO₅ 20° C, inferior a 50 mg/l

¹² En la Resolución aparece un listado de compuestos inorgánicos y orgánicos de los que solo se recogen aquí los típicos de aguas residuales urbanas.

¹³ Los límites de DBO podrán ser elevados, en caso de que se presente el estudio de capacidad de auto depuración del cuerpo receptor y se demuestre que los tenores mínimos de Oxígeno disuelto OD, previstos, no serán cumplidos en ningún punto del mismo, en las condiciones críticas del caudal Q_{7,10}

- c) DQO, inferior a 150 mg/l
- d) Temperatura, inferior a 40° C, siendo que elevación de temperatura del cuerpo receptor no deberá exceder a 3°C
- e) Materias sedimentables, hasta 1 mL/L en test de 1 hora como Imhoff
- f) Régimen de lanzamiento con caudal máximo de hasta 1,5 veces a razón media del periodo crítico
- g) Aceites y grasas
 - aceites minerales hasta 20 mg/L
 - aceites vegetales e grasas animal hasta 50 mg/L
- h) Ausencia de materias flotantes
- i) Valores máximos admisibles en una serie de sustancias, entre las que se encuentran las siguientes (mg/L)
 - Amonio 5,0 N
 - Nitrógeno Total 40 N
 - Fosforo total 4 P
 - Coliformes fecales 4.000 NMP/100mL
 - Sulfuro 0,05 S

Comentarios:

Como se puede ver, el límite de coliformes resulta muy exigente si se tiene en cuenta que, como norma general, en la mayor parte de los cuerpos de agua se aceptan 1.000 NMP/100mL. Se está exigiendo una concentración solo 4 veces mayor que la establecida como objetivo de calidad en el medio cuando para otros parámetros más conservativos, como el nitrógeno y fósforo, se consienten varios órdenes de magnitud superior. Igualmente para la DBO se pide una concentración en vertido 10 veces superior a la del medio.

Se debe destacar, desde la perspectiva de los tratamientos que requeriría un efluente urbano, que el valor límite impuesto al amonio implica la necesidad de nitrificar. El límite impuesto para el fósforo tendrá problemas para poder ser alcanzado en sistemas convencionales de tratamiento.

Los efluentes se deberán adecuar prioritariamente con relación a la característica del cuerpo receptor. Resguardados los padrones de calidad del cuerpo receptor, demostrando por estudio de autodepuración realizado por la entidad responsable, la SEAM podrá autorizar el vertido por encima de los límites establecidos en el Art. 7, dependiendo del tipo de tratamiento y las condiciones adecuadas para la operación.

I.8 UNIÓN EUROPEA

Normas principales	
<i>Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991</i>	Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas
Transposición de la directiva en España	
<i>Real Decreto-ley 11/1995,</i>	Por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
<i>Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo,</i>	De desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas es la norma fundamental en Europa para regular los vertidos de las poblaciones. En este resumen se incluye también la aplicación de la norma en España con objeto de poner un ejemplo de cómo se lleva a la práctica. La directiva fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establece las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas y el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, que la desarrolla.

Las imposiciones fundamentales de la directiva sobre los estados miembros de la Unión han sido:

- Generalización de la implantación de sistemas colectores y estaciones de tratamiento de carácter urbano o procedentes de industrias biodegradables.
- Establecimiento de una zonificación nacional en cuanto a la exigencia en el tratamiento, para la protección medioambiental.
- Elaboración de un Programa de Aplicación Nacional.
- Establecimiento de la obligación de autorización de vertidos.
- Prohibición de evacuación de lodos a aguas superficiales.
- Obligatoriedad de presentación de informes de situación y aplicación, con un carácter bianual.

La directiva imponía una serie de plazos para ir alcanzando los requisitos de saneamiento y depuración, establecidos en función del tamaño de la población y la tipología del medio receptor.

Definición de unidades fundamentales

Los requisitos de la Directiva se establecen de forma escalonada en función de la carga contaminante del vertido, definida por la unidad **habitante equivalente** (h-e), que sería la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DOB₅) de 60 gramos de oxígeno por día.

En la transposición española se define **aglomeración urbana** como la zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad

económica constituya un foco de generación de aguas residuales que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final.

La directiva regula de manera específica los vertidos de las aglomeraciones urbanas a partir de un tamaño, que sería de 2.000 h-e en aguas continentales y de 10.000 h-e en aguas costeras o estuarios. Los habitantes equivalentes se calcularán a partir del valor medio diario de carga orgánica biodegradable, correspondiente a la semana de máxima carga del año, sin tener en consideración situaciones producidas por lluvias intensas u otras circunstancias excepcionales.

En España, son las autoridades regionales de las Comunidades Autónomas las que fijan, previa audiencia de los ayuntamientos afectados, las aglomeraciones urbanas en que se estructura su territorio, estableciendo en cada caso el ente público al que corresponde el cumplimiento de las obligaciones.

Requisitos para los sistemas colectores.

Las aglomeraciones urbanas mayores de 2.000 h-e deberán disponer de sistemas colectores para las aguas residuales urbanas. No obstante, en los supuestos en que no se estime justificada la instalación de un sistema colector, bien por no suponer ventaja alguna para el medio ambiente, o bien porque su instalación implique un coste excesivo, en relación a la utilización de sistemas individuales, las Comunidades Autónomas podrán establecer que las aglomeraciones urbanas utilicen sistemas individuales u otros sistemas adecuados que impliquen un análogo nivel de protección ambiental.

Niveles de tratamiento

En función del tamaño de la aglomeración, definido en h-e, y de la tipología y sensibilidad del medio receptor, se establecieron una serie de requisitos de tratamiento y unos plazos para alcanzarlos.

Con carácter general, todas las aglomeraciones mayores de 2.000 h-e que viertan en aguas continentales o estuarios y en las mayores de 10.000 h-e que viertan en el mar, deben contar con un tratamiento secundario.

Las Comunidades Autónomas podrán determinar que las aglomeraciones urbanas situadas en regiones de alta montaña, a más de 1.500 metros sobre el nivel del mar, en las que resulte difícil la aplicación de un tratamiento biológico eficaz debido a las bajas temperaturas, apliquen un tratamiento menos riguroso, siempre y cuando estudios detallados justifiquen que tales vertidos no perjudican al medio ambiente.

En cuanto a los vertidos urbanos correspondientes a aglomeraciones inferiores a 2.000 h-e, la legislación determina que deberán recibir tratamiento adecuado, entendido como: el tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido, los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable. En España no se ha regulado con carácter general este rango de población, quedando a criterio de las autoridades hidráulicas la imposición de límites específicos. Sin embargo en la mayoría de los ámbitos se adoptan los límites establecidos para poblaciones mayores de 2.000 h-e, al menos hasta el rango de 250 habitantes.

Tabla A1.26: Directiva 91/271. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20 °C) sin nitrificación ⁽²⁾ .	25 mg/L O ₂	70-90% 40% para alta montaña ⁽³⁾ .	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO).	125 mg/L O ₂	75%	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión.	35 mg/L ⁽⁴⁾ 60 mg/L para alta montaña y de 2.000 a 10.000 h-e ⁽³⁾ .	90% ⁽⁴⁾ 70 % para alta montaña y de 2.000 a 10.000 h-e ⁽³⁾ .	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje.

(1) Reducción relacionada con la carga de entrada.

(2) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO₅ y el parámetro sustituto.

(3) Se refiere a los supuestos en regiones consideradas de alta montaña contemplada en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto - ley 11/1995, de 28 de diciembre.

(4) Este requisito es optativo.

Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberá superar los 150 mg/L.

Vertidos en zonas menos sensibles

Se entiende por zona menos sensible el medio o zona de aguas marinas declaradas expresamente con los criterios siguientes:

- Bahías abiertas, estuarios y otras aguas marítimas con un intercambio de agua bueno y que no tengan eutrofización o agotamiento del oxígeno, o en las que se considere que es improbable que lleguen a desarrollarse fenómenos de eutrofización o de agotamiento del oxígeno por el vertido de aguas residuales urbanas.
- Un medio o zona de agua marina podrá catalogarse como zona menos sensible cuando el vertido de aguas residuales no tenga efectos negativos sobre el medio ambiente debido a la morfología, hidrología o condiciones hidráulicas específicas existentes en esta zona.
- Al determinar las zonas menos sensibles, se tomará en consideración el riesgo de que la carga vertida pueda desplazarse a zonas adyacentes y ser perjudicial para el medio ambiente.

Las aglomeraciones urbanas menores de 10.000 h-e en estuarios y de 150.000 en aguas marítimas, que viertan en zonas menos sensibles, podrán someter las aguas residuales urbanas a un tratamiento menos riguroso que el secundario (un primario), siempre que existan estudios globales que indiquen que dichos vertidos no tendrán efectos negativos sobre el medio ambiente y se les aplique un tratamiento primario. Se entiende por tratamiento primario el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%.

Vertidos en zonas sensibles

Se entiende por zona sensible el medio o la zona de aguas declaradas expresamente con los criterios establecidos en la directiva. Al contrario de las menos sensibles, no se trata de una declaración optativa, sino que existe la obligación de declarar los medios acuáticos si pueden incluirse en uno de los siguientes grupos:

- Lagos, lagunas, embalses, estuarios y aguas marítimas que sean eutróficos o que podrían llegar a ser eutróficos en un futuro próximo si no se adoptan medidas de protección.
- Aguas continentales superficiales destinadas a la obtención de agua potable que podrían contener una concentración de nitratos superior a 50 mg/L.
- Masas de agua en las que sea necesario un tratamiento adicional al tratamiento secundario para cumplir lo establecido en la normativa comunitaria (objetivos de calidad de otra norma).

Las aguas residuales de las aglomeraciones urbanas mayores de 10.000 h-e que viertan en zonas sensibles o que contribuyan a la contaminación de dichas zonas, deberán ser sometidas a un tratamiento más riguroso que el tratamiento secundario para asegurar el cumplimiento de los objetivos en cada caso. Cuando exista riesgo de eutrofización deberán cumplirse los límites establecidos en la siguiente tabla.

Tabla A1.27: Directiva 91/271. Requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo. Según la situación local, se podrá aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Fósforo total.	2 mg/L P (de 10000 a 100000 h-e) 1 mg/L P (más de 100.000 h-e).	80%	Espectrofotometría de absorción molecular.
Nitrógeno total ⁽²⁾ .	15 mg/L N (de 10000 a 100000 h-e) 10 mg/L N (más de 100000 h-e) ⁽³⁾ .	70-80%	Espectrofotometría de absorción molecular.

(1) Reducción relacionada con la carga de entrada.

(2) Nitrógeno total equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO).

(3) Estos valores de concentración constituyen medias anuales. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, que se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso la media diaria no deberá superar los 20 mg/L N total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 ° C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.

Se podrá eximir del cumplimiento de los requisitos de esta tabla, siempre que se demuestre que el porcentaje mínimo global de reducción de la carga, referido a todas las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de dicha zona sensible, alcanza al menos el 75 % del total del fósforo y del total del nitrógeno.

Podrán tenerse en cuenta los siguientes elementos en la consideración del nutriente que deba ser reducido con un tratamiento adicional:

- Lagos y cursos de agua que desemboquen en lagos, lagunas, embalses, bahías cerradas que tengan un intercambio de aguas escaso y en los que, por lo tanto, puede producirse una acumulación. En dichas zonas conviene prever la eliminación de fósforo a no ser que se

demuestre que dicha eliminación no tendrá consecuencias sobre el nivel de eutrofización. También podrá considerarse la eliminación de nitrógeno cuando se realicen vertidos de grandes aglomeraciones urbanas.

- Estuarios, bahías y otras aguas marítimas que tengan un intercambio de aguas escaso o que reciban gran cantidad de nutrientes. Los vertidos de aglomeraciones pequeñas tienen normalmente poca importancia en dichas zonas, pero para las grandes aglomeraciones deberá incluirse la eliminación de fósforo y/o nitrógeno a menos que se demuestre que su eliminación no tendrá consecuencias sobre el nivel de eutrofización.

Declaración y revisión de zonas sensibles y menos sensibles

La Administración General del Estado, previa audiencia de las Comunidades Autónomas y de las Entidades locales afectadas, declara las zonas sensibles en las cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma. Las Comunidades Autónomas efectúan dicha declaración en las cuencas que se integran únicamente en su territorio y determinan las zonas menos sensibles en las aguas marítimas.

La declaración de dichas zonas ha de revisarse al menos cada cuatro años y serán publicadas en los diarios oficiales correspondientes.

En las zonas sensibles que pudieran declararse como consecuencia de la revisión, o en las zonas que hayan dejado de ser consideradas menos sensibles, se deberán cumplir las especificaciones de tratamiento en el plazo máximo de siete años contados a partir de la citada revisión.

Comprobación del cumplimiento de la norma

Se tomarán muestras durante un período de veinticuatro horas, proporcionalmente al caudal o a intervalos regulares, en el mismo punto claramente definido de la salida de la instalación de tratamiento y, de ser necesario, en su entrada, para vigilar el cumplimiento de los requisitos aplicables a los vertidos de aguas residuales.

El número mínimo anual de muestras se establecerá según el tamaño de la instalación de tratamiento y se recogerá a intervalos regulares durante el año:

- | | |
|----------------------------|--|
| a) De 2.000 a 9.999 h-e: | 12 muestras durante el primer año,
4 muestras los siguientes años, siempre que pueda demostrarse que el agua del primer año cumple las disposiciones. Si una de las cuatro muestras no resultara conforme, se tomarán 12 muestras el año siguiente. |
| b) De 10.000 a 49.999 h-e: | 12 muestras. |
| c) De 50.000 h-e o más: | 24 muestras. |

El número máximo de muestras que pueden no cumplir los requisitos expresados en reducciones de porcentajes y/o concentraciones es el que se especifica en el cuadro siguiente.

Tabla A1.28: Directiva 91/271. Número máximo de muestras no conformes admitidas en función del número total de muestras

Series de muestras tomadas en un año	Número máximo de muestras no conformes	Series de muestras tomadas en un año	Número máximo de muestras no conformes
4-7	1	172-187	14
8-16	2	188-203	15
17-28	3	204-219	16
29-40	4	220-235	17
41-53	5	236-251	18
54-67	6	252-268	19
68-81	7	269-284	20
82-95	8	285-300	21
96-110	9	301-317	22
111-125	10	318-334	23
126-140	11	335-350	24
141-155	12	351-365	25
156-171	13		

Para los parámetros cuyos límites vienen expresados en concentración, las muestras no conformes tomadas en condiciones normales de funcionamiento no deberán desviarse de los valores paramétricos en más del 100 %. Por lo que se refiere a los valores paramétricos de concentración relativos al total de sólidos en suspensión, se podrán aceptar desviaciones de hasta un 150 %.

Para los límites fijados como media anual de las muestras, deberá respetar los valores correspondientes para cada uno de los parámetros.

No se computarán los valores extremos para la calidad del agua cuando éstos sean consecuencia de situaciones inusuales, como las ocasionadas por las lluvias intensas.

Plazos para la aplicación de la Directiva 91/271

En la tabla siguiente se resumen los plazos más significativos impuestos por la Directiva 91/271 desde su aprobación.

Como se puede ver, la directiva realiza un planteamiento progresivo de aplicación tanto en función del medio receptor como del tamaño de población. También es muy destacable que obliga a realizar un plan de desarrollo para su aplicación.

Lo que primero se debía acometer era la construcción de las plantas de tratamiento de aquellas poblaciones mayores de 10.000 h-e que estaban afectando a zonas sensibles y que requerían de un tratamiento más riguroso (en 8 años de plazo); después, con carácter general, las poblaciones mayores de 15.000 h-e (10 años de plazo) y finalmente las poblaciones más pequeñas, hasta 2.000 h-e, para las que se previó un plazo de 15 años.

La realidad es que aunque parecen plazos suficientemente holgados, para España y otros países, cuya situación de partida no era muy buena, el esfuerzo inversor y de desarrollo era de tal magnitud que no fue posible alcanzar el cumplimiento total en los plazos previstos.

Tabla A1.29: Directiva 91/271. Plazos para el cumplimiento de las disposiciones principales

		1991	1993	1998	2000	2005
Aprobación directiva		xx				
Transposición		xx				
Elaboración de un programa para la aplicación		xx				
Declaración de zonas sensibles y menos sensibles		xx y revisión cada 4 años				
Tratamiento y plazo para alcanzarlo según medio receptor y rango de población						
Medio receptor	Tratamiento	1991	1993	1998	2000	2005
Zona sensible en cualquier medio	más riguroso	10.000				
Agua dulce	zona normal			Secundario	15.000	2.000 a 15.000
	alta montaña			menos riguroso	15.000	2.000 a 15.000
Estuario	zona normal			Secundario	15.000	2.000 a 15.000
	zona menos sensible			Primario	15.000 a 150.000	2.000 a 15.000
Costa	zona normal			Secundario	15.000	10.000 a 15.000
	zona menos sensible			Primario	15.000 a 150.000	10.000 a 15.000



MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES, UNIÓN EUROPEA
Y COOPERACIÓN

