

Análisis regional de los instrumentos normativos sobre vertidos, cuerpos receptores y economía circular

AUTORES

Carlota Real
Especialista en agua y saneamiento
VCPE-GDUAEC - CAF

César Calderón
Experto sanitario
IMTA

Gabriela Mantilla
Experta sanitaria
IMTA

**Análisis regional
de los instrumentos
normativos sobre vertidos,
cuerpos receptores
y economía circular**

Autores

Carlota Real, Especialista en agua y saneamiento, VCPE-GDUAEC, CAF

César Calderón, Experto sanitario, IMTA

Gabriela Mantilla, Experta sanitaria, IMTA

Supervisión

Franz Rojas Ortuste, Director (e) de Análisis y Evaluación Técnica de Agua y Saneamiento, VCPE-GDUAEC, CAF

Edición

Samuel Fernández, Consultor externo

ISBN: 978-980-422-291-7

Depósito Legal: DC2022001909

Contenidos

Listas de tablas, cuadros, figuras y gráficos	06
Acrónimos y abreviaturas	11
Prólogo	16
Agradecimientos	17
Introducción	18
Análisis	20
Normativa para descargas de efluentes tratados a cuerpos receptores	25
Tipologías normativas en países analizados	27
Conceptos analizados	33
Exigencias de los parámetros de control	37
Recomendaciones particulares sobre la normativa para descargas a cuerpo receptor	46
Normativa para descargas a alcantarillado	50
Enfoques y particularidades identificadas	53
Exigencias normativas	55
Recomendaciones particulares sobre la norma para descargas a alcantarillado	60
Normativa para la reutilización de las aguas tratadas	62
Particularidades de los instrumentos normativos	68
Usos habilitados en las normativas analizadas y exigencias	71
Recomendaciones particulares sobre la norma de reutilización de aguas residuales tratadas	79
Normativa para reutilización de lodos y biosólidos	82
Estabilización e higienización de lodos	84
Clasificación de los lodos y biosólidos	87
Usos permitidos y limitaciones	90

Recomendaciones particulares sobre la norma para el manejo y disposición de lodos y biosólidos	98
--	----

Aspectos centrales por atender en la normativa de los países	100
---	------------

Soluciones individuales / Tanques sépticos y tratamiento y disposición de los lodos	101
---	-----

Contaminación difusa o no puntual	103
-----------------------------------	-----

Contaminantes emergentes	105
--------------------------	-----

Conclusiones y recomendaciones	106
---------------------------------------	------------

Anexos	109
---------------	------------

Anexo 1. Ficha Argentina	110
---------------------------------	------------

Anexo 2. Ficha Bolivia	121
-------------------------------	------------

Anexo 3. Ficha Brasil	129
------------------------------	------------

Anexo 4. Ficha Chile	144
-----------------------------	------------

Anexo 5. Ficha Colombia	156
--------------------------------	------------

Anexo 6. Ficha Costa Rica	170
----------------------------------	------------

Anexo 7. Ficha Ecuador	181
-------------------------------	------------

Anexo 8. Ficha México	192
------------------------------	------------

Anexo 9. Ficha Panamá	206
------------------------------	------------

Anexo 10. Ficha Paraguay	217
---------------------------------	------------

Anexo 11. Ficha Perú	230
-----------------------------	------------

Anexo 12. Ficha Uruguay	242
--------------------------------	------------

Lista de tablas

Tabla 1.	La cuenca hidrográfica como unidad de gestión territorial en algunos países de América Latina	21
Tabla 2.	Datos de acceso a servicios de saneamiento y estado de cuerpos de agua	22
Tabla 3.	Normativa sobre descargas de efluentes tratados a cuerpos receptores en los países de estudio	26
Tabla 4.	Tipos de cuerpos receptores establecidos en las normativas de Prov. Buenos Aires, Brasil, Estado de Ceará, Chile y Ecuador	29
Tabla 5.	Tipos de cuerpos receptores y usos establecidos en la normativa de México	29
Tabla 6.	Tipos de cuerpos receptores y tipo de afluente establecidos en la normativa de Colombia	32
Tabla 7.	Caracterización de las aguas residuales según la norma chilena	34
Tabla 8.	Progresividad para el cumplimiento de la normativa mexicana en función de rangos poblacionales y cargas contaminantes	36
Tabla 9.	Cambios en los LMP establecidos en la norma chilena en función del plazo de entrada en vigencia de la norma	36
Tabla 10.	Exigencias para control de contaminación orgánica y sólidos	38
Tabla 11.	Caracterización de las aguas municipales típicas de contaminación biológica y sólidos (Metcalf & Eddy 2003)	39
Tabla 12.	Ratio DBO5:DQO e implicaciones para procesos de tratamiento biológicos	40
Tabla 13.	Exigencias para control de contaminación por nutrientes	43
Tabla 14.	Caracterización de las aguas municipales típicas para nutrientes (Metcalf & Eddy 2003)	43
Tabla 15.	Instrumentos normativos que regulan las descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipales (colectores, drenajes municipales, colectores cloacales)	52
Tabla 16.	Resumen de los parámetros de descarga de aguas no domésticas a redes de alcantarillado municipales más utilizados en las normativas analizadas	56
Tabla 17.	Instrumentos normativos que regulan la reutilización de las aguas residuales tratadas	65
Tabla 18.	Uso directo de aguas residuales tratadas en agricultura (FAO, 2017)	67
Tabla 19.	Usos del agua según sectores en los países analizados (Informes país AQUASTAT)	67
Tabla 20.	Usos y actividades reconocidos y tipos de tratamiento recomendados en el Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 24-99	70
Tabla 21.	Usos del agua tratada reconocidos en las normativas analizadas	72
Tabla 22.	Parámetros básicos de control y sus LMP de los distintos para reutilización en el sector agrícola	74
Tabla 23.	Parámetros de control para metales pesados y sus LMP de los distintos para reutilización en el sector agrícola	75

Lista de tablas

Tabla 24.	Usos reconocidos para la reutilización urbana en los instrumentos normativos	77
Tabla 25.	LMP para contaminación fecal para el reúso urbano en irrigación de áreas verdes	78
Tabla 26.	Instrumentos normativos para la disposición y uso de lodos y biosólidos en los países en el área de estudio	83
Tabla 27.	Condiciones para la estabilización de lodos	85
Tabla 28.	Procesos planteados por la normativa argentina y peruana para la estabilización de lodos	86
Tabla 29.	Indicadores microbiológicos para la clasificación de biosólidos	88
Tabla 30.	Metales incluidos en los instrumentos normativos sobre biosólidos	89
Tabla 31.	Usos permitidos para lodos y biosólidos de Clase A	90
Tabla 32.	Usos permitidos para biosólidos de Clase B y C	91
Tabla 33.	Limitaciones temporales exigidas después de aplicación de biosólidos de Clase B	92
Tabla 34.	Tasas de aplicación agrónoma sobre nitrógeno consideradas en las normativas para lodos y biosólidos de Argentina, Brasil y Perú	94
Tabla 35.	Cobertura de saneamiento mejorado en los países analizados (JMP 2021)	101
Tabla 36.	Instrumento normativo para regular las descargas a cuerpos receptores en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan	114
Tabla 37.	Parámetros y LMP para el control de la contaminación orgánica en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan (Argentina)	114
Tabla 38.	Parámetros y LMP para el control de nutrientes en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan (Argentina)	115
Tabla 39.	Instrumento normativo para regular las descargas a sistemas de alcantarillado en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan	116
Tabla 40.	Parámetros de control regulados en la normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan	117
Tabla 41.	Parámetros de control y sus LMP regulados para las descargas de procesos mineros e industriales en la Ley 1.333 (Bolivia)	125
Tabla 42.	Parámetros de control y sus LMP regulados para las descargas de procesos hidrocarbúricos en la Ley 1.333 (Bolivia)	125
Tabla 43.	Instrumento normativo para regular las descargas a cuerpos receptores a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo	136
Tabla 44.	Clasificación de los cuerpos de agua en el Estado de Sao Paulo	137
Tabla 45.	Parámetros de control y sus LMP para sólidos regulados en los instrumentos normativos a nivel federal, en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo	138
Tabla 46.	Instrumento normativo para regular las descargas a alcantarillado a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo	139

Lista de tablas

Tabla 47.	Parámetros de control regulados en la normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo (Brasil)	140
Tabla 48.	Instrumento normativo para regular el reúso de agua tratada a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo	141
Tabla 49.	Instrumento normativo para regular el manejo y disposición de lodos y biosólidos a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo	143
Tabla 50.	Parámetros básicos de control y LMP regulados en el Decreto 99/00 y Decreto 46/02 (Chile)	150
Tabla 51.	Parámetros de control y LMP para metales pesados regulados en el Decreto 99/00 y Decreto 46/02 (Chile)	151
Tabla 52.	Parámetros de control regulados en el Decreto D.S. 609 de 1998 y sus modificaciones (Chile)	152
Tabla 53.	Parámetros y modalidad de control en la Resolución 0631/2015 y Resolución 0883/2018 (Colombia)	163
Tabla 54.	Parámetros de control regulados en la Resolución Ministerial 631 de 2015 para descargas a alcantarillado (Colombia)	164
Tabla 55.	Parámetros de control regulados en el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S para descargas a alcantarillado (Costa Rica)	175
Tabla 56.	Parámetros de calidad, LMP y factores multiplicadores para reúso de las aguas residuales ordinarias y especiales según el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S (Costa Rica)	178
Tabla 57.	Parámetros básicos de control y sus LMP regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)	186
Tabla 58.	Parámetros de control y sus LMP para metales pesados regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)	187
Tabla 59.	Parámetros de control regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)	188
Tabla 60.	Parámetros básicos de control y LMP regulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)	195
Tabla 61.	Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)	196
Tabla 62.	Plazos de cumplimiento estipulados para descargas municipales y no municipales en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)	197
Tabla 63.	Parámetros de control regulados en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)	198
Tabla 64.	Parámetro de control y LMP para contaminación orgánica según el promedio mensual o diario regulado en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)	199
Tabla 65.	Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)	200

Lista de cuadros

Tabla 66.	Parámetros básicos de control y LMP según el tipo de reúso establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1996 (México)	202
Tabla 67.	Clasificación de biosólidos en función de la contaminación microbiológica en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (México)	203
Tabla 68.	Tipo de biosólido en función de la concentración de metales pesados en mg/kg en base seca en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (México)	203
Tabla 69.	Usos habilitados según la clasificación de biosólidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (México)	204
Tabla 70.	Parámetros de control y LMP establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019 (Panamá)	209
Tabla 71.	Parámetros de control regulados en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 (Panamá)	212
Tabla 72.	Parámetros de control referentes a sólidos y LMP regulados en la Resolución 35 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 (Panamá)	213
Tabla 73.	Parámetros básicos de control y LMP regulados en la Ley N° 1.614/00 y la Resolución N° 222/02 (Paraguay)	223
Tabla 74.	Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la Ley N° 1.614/00 y la Resolución N° 222/02 (Paraguay)	224
Tabla 75.	Parámetros de control regulados en la Ley N° 1.614/00 y sus respectivos reglamentos (Panamá)	225
Tabla 76.	Parámetros de control y LMP regulados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (Perú)	234
Tabla 77.	Parámetros de control regulados en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (Perú)	235
Tabla 78.	Parámetros de control y LMP establecidos en el Anexo N°1 del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (Perú)	236
Tabla 79.	Parámetros básicos de control y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)	247
Tabla 80.	Parámetros de control para metales pesados y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)	248
Tabla 81.	Parámetros de control para tóxicos orgánicos y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)	248
Tabla 82.	Parámetros de control regulados en el Decreto 235/79 y sus modificaciones (Uruguay)	250
<hr/>		
Cuadro 1.	Comparación entre los LMP para efluentes de PTAR y los Estándares de Calidad de Agua (ECA) exigidos (Perú)	28
Cuadro 2.	Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Caso de la Cuenca del río Biobío	30
Cuadro 3.	Contaminación de la Bahía Cochana (Bolivia)	41

Lista de figuras

Cuadro 4. Reúso de agua tratada de la PTAR Tenorio en San Luis Potosí (México)	64
Cuadro 5. Proyecto Aquapolo para recuperación de agua para industrial en Sao Paulo (Brasil)	64
Cuadro 6. Objetivos y enfoque del Reglamento Europeo sobre los requisitos mínimos para la reutilización del agua (Unión Europea)	79
Cuadro 7. Caso de aprovechamiento del biogás generado por la PTAR La Farfana en Santiago de Chile (Chile)	96
Cuadro 8. Norma Técnica para aplicación agrícola de digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica (Argentina)	97
Cuadro 9. Enfoque para el control de la contaminación difusa en el Clean Water Act-CWA y el caso de éxito en Maryland (EEUU)	104
Cuadro 10. Programa para el Manejo Sustentable de Barros – ProBarros (Argentina)	112
Cuadro 11. Programa PRODES (Brasil)	134
Cuadro 12. Necesidades de ajuste normativo según el Documento 3394 del CONPES 2018 (Colombia)	167

Figura 1. Mapa regional con proporción de aguas residuales tratadas de manera segura como % (JMP, 2021)	23
Figura 2. Factores a tener en cuenta en el instrumento normativo para descargas a cuerpos receptores	47
Figura 3. Mapa regional de estrés hídrico (Aquaduct WRI 2020)	66

Lista de gráficos

Gráfico 1. Rango de pH en los países analizados	57
Gráfico 2. LMP para Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	58
Gráfico 3. LMP para contaminación orgánica	59
Gráfico 4. LMP para cianuro	59
Gráfico 5. Síntesis de las competencias administrativas para los entes federativos y su impacto en los recursos hídricos	133

Acrónimos y abreviaturas

AAA	Autoridades Administrativas de Agua de Perú
ACOMAR	Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo de Argentina
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
ALA	Administraciones Locales de Agua de Perú
ALC	América Latina y el Caribe
AOX	Compuestos Orgánicos Halogenados
ANA	Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico de Brasil
ARESEP	Autoridad Reguladora de Servicios Públicos de Costa Rica
ASEP	Autoridad Nacional de los Servicios Públicos de Panamá
AySA	Agua y Saneamientos Argentinos
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible de Colombia
CEA	Comisiones Estatales de Agua de México
CICH	Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá
CIIU	Clasificación Internacional Industrial Unificado
CNR	Comisión Nacional de Riego de Chile
CNRN	Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente de Colombia
COA	Código Orgánico del Ambiente de Ecuador
COHIFE	Comité Hídrico Federal de Argentina
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua de México
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización de Ecuador
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia
CRHC	Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca de Perú
DAPSAN	Dirección de Agua Potable y Saneamiento de Paraguay
DGA	Dirección General de Aguas de Chile

DGPCRH	Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos de Paraguay
DGRN	Dirección General de Recursos Naturales de Uruguay
DIGECA	Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental de Costa Rica
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental de Paraguay
DINAGUA	Dirección Nacional de Aguas de Uruguay
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente de Uruguay
DISAPAS	Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Panamá
DNAPyS	Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento de Argentina
DNP	Departamento Nacional de Planeación de Colombia
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas de Chile
ECA	Estándares de Calidad del Agua
ENAS	Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento de Ecuador
ENOHSA	Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento de Argentina
ENTAR	Estrategia Nacional de Tratamiento de las Aguas Residuales de Bolivia
EPA (U.S.)	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
EPSA	Empresa Prestadora de Servicios de Agua
ERSSAN	Ente Regulador de Servicios Sanitarios de Paraguay
ETE	Estación de Tratamiento de Efluentes
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FONASA	Fundación Nacional de Salud de Brasil
GAD	Gobiernos Autónomos Descentralizados de Ecuador
GIRH	Gestión Integral del Recurso Hídrico
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IDAAN	Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales de Panamá
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador
INH	Instituto Nacional de Hidráulica de Chile
INTN	Instituto Nacional de Tecnología y Normalización de Panamá

INUMET	Instituto Nacional de Meteorología de Uruguay
JAAR	Juntas Administradoras de Acueductos Rurales de Panamá
LAN	Ley de Aguas Nacionales de México
LMP	Límite(s) Máximo(s) Permisible(s)
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá
MGAP	Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca de Uruguay
MIC	Manejo Integral de Cuencas
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego de Perú
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación y Política Económica de Costa Rica
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica
MINAM	Ministerio del Ambiente de Perú
MINSA	Ministerio de Salud de Panamá
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia
MOP	Ministerio de Obras Públicas de Chile
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay
MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de Paraguay
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú
MVOTMA	Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Uruguay
NMP	Número Más Probable
ODS	Objetivo(s) de Desarrollo Sostenible
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental de Perú
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de Naciones Unidas
OSE	Obras Sanitarias del Estado de Uruguay

OTASS	Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento de Perú
OUA	Organizaciones de Usuarios de Aguas
PBA	Provincia de Buenos Aires de Argentina
PNAP	Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica
PNH	Programa Nacional Hídrico de México
PNRD	Plan Nacional de Riego y Drenaje de Ecuador
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos de Brasil
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRODES	Programa Descontaminación de Cuencas Hidrográficas de Brasil
PROGESTÃO	Programa Nacional de Consolidación del Pacto Nacional para la Gestión de las Aguas de Brasil
PRTLGV	Plan de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos de Colombia
PSJ	Provincia de San Juan de Argentina
PSMV	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Colombia
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTARM	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales
RAFA	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
RAS	Relación de Adsorción de Sodio
RMCH	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de Bolivia
RNQA	Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua de Brasil
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
SEAM	Secretaría de Medio Ambiente de Paraguay
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua de Ecuador
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento de Costa Rica
SENSASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de Argentina
SINGREH	Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos de Brasil
SIRESE	Sistema de Regulación Sectorial de Bolivia

SIPH	Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de Argentina
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile
SNAAC	Secretaría Nacional de Ambiente, Agua y Cambio Climático de Uruguay
SNGRH	Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos de Perú
SNIS	Sistema Nacional de Informaciones de Saneamiento de Brasil
SPIE	Sistema de Planificación Integral del Estado de Bolivia
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento de Perú
SST	Sólidos Suspendidos Totales
ST	Sólidos Totales
STP	Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social de Paraguay
UE	Unión Europea
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
UFF	Unidades Formadoras de Foco
UFP	Unidades Formadoras de Placas
URSEA	Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua de Uruguay
UTE	Usinas y Trasmisiones Eléctricas de Uruguay
VAPSB	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico de Bolivia
VMABCCGDF	Vic. de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal de Bolivia
VRHR	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego de Bolivia

Prólogo

El acceso al agua y al saneamiento son esenciales para el desarrollo sostenible dado que en conjunto son la base para una adecuada alimentación, salud e higiene, y el escudo protector contra las enfermedades. Es por ello que el Objetivo de Desarrollo Sostenible número seis establece metas tanto para el acceso universal, equitativo y seguro al agua y el saneamiento, como para reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar, aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos.

Según el último reporte del Programa de Monitoreo Conjunto, América Latina y el Caribe tratan sólo el 40% de sus aguas residuales urbanas, siendo la meta al 2030 alcanzar el 67%, lo que muestra el gran desafío que se tiene por delante, por lo cual es previsible que sólo el 57% de los cuerpos de agua presenten buen estado de calidad.

El avance sostenido no sólo debe enfocarse en la búsqueda de mayor financiamiento, sino, además, en una mejor planificación orientada a prioridades bajo un enfoque de cuenca, en conjunto con normativas adecuadas respecto de los vertidos, a la calidad esperada de cuerpos de agua y al potencial de reúso, que focalicen mejor las inversiones y se logre mayor impacto.

Desde CAF buscamos acompañar a los países de la región para que puedan ampliar la visión del tratamiento de las aguas residuales, transitando desde una perspectiva de infraestructura a otra de servicio, con el principal objetivo de mejorar la calidad de los cuerpos de agua y que esto facilite su accesibilidad y la preservación de los ecosistemas. Igualmente, resulta imprescindible acompañar este cambio de paradigma con un enfoque de economía circular, especialmente en zonas de escasez de agua, revalorizándola como fuente de aprovechamiento para múltiples usos, y atendiendo su dimensión social, ambiental, económica y cultural, primordial para alcanzar el desarrollo sostenible.

El presente documento destaca que las herramientas normativas no deben constituir una barrera para la inversión sostenible y eficiente en el tratamiento de las aguas residuales y la economía circular. En consecuencia, se presenta un análisis regional que ofrece mejores prácticas y recomendaciones de los instrumentos normativos sobre vertidos a cuerpos receptores y al alcantarillado sanitario, así como para el aprovechamiento de los productos obtenidos del tratamiento, con el fin de orientar a los países de la región a reformular o ajustar su normativa de saneamiento adecuada al contexto regional, para el crecimiento y desarrollo sostenido de la región.

Ángel Cárdenas Sosa

Gerente de Desarrollo Urbano, Agua y Economías Creativas

Agradecimientos

Esta publicación fue elaborada por la Gerencia de Desarrollo Urbano y Economías Creativas de CAF, y en particular, la Dirección de Análisis y Evaluación Técnica de Agua, en coordinación con el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua (IMTA). Es el resultado de un análisis pormenorizado de las normativas sobre vertidos y reúso de los productos del tratamiento de agua de 12 países de la región y consultas particulares a distintos actores del sector público de estos países.

La publicación fue coordinada por Carlota Real, como responsable de la Iniciativa Regional de Tratamiento de Aguas Residuales y Economía Circular, bajo la supervisión de Franz Rojas, como Director Análisis y Evaluación Técnica de Agua. La publicación fue redactada por Carlota Real (CAF), Gabriela Mantilla (IMTA), César Calderón (IMTA).

Se transmite agradecimiento al excelente equipo de especialistas de agua CAF, en especial Leonardo Armijos, Luis Burbano, Helena Castañeda, Antonio Morales, Carlos Orellana, Andrea Rispo, Paulo Rodríguez y Osvaldo Valverde. También un reconocimiento especial a Fernando Peñaherrera y a Fabiana Bianchi, por sus acciones de conceptualización y coordinación. Asimismo se extiende el reconocimiento a la dedicada labor en el procesamiento de la información del personal del IMTA: Roberto Galván, René Lobato, Esperanza Ramírez, Amalia Salgado, Luciano Sandoval y Carl Servín, además de las valiosas contribuciones de Mario Buenfil, Héctor Camacho, Norma Hernández y Gemma Millán.

Por otra parte, el proceso de consultas particulares se benefició de observaciones que han contribuido a mejorar el entendimiento y espíritu de los distintos instrumentos normativos, a saber: Emiliano Aguerreberry (Dirección Nacional de Agua y Saneamiento – Argentina), Jimmy Leguizamón (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – Colombia), Herminia Gonzales y Euclídes Florentín (Dirección de Agua Potable y Saneamiento – Paraguay), Sergio Ayrimoraes, Marcus André Fuckner, Diana Leite Cavalcanti, Carlos Alberto Perdigao Pessoa y Flavio Hadler Tröger (Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico – Brasil)

Introducción

El crecimiento demográfico y el incremento significativo en el número y tamaño de las ciudades de América Latina y el Caribe (ALC) han provocado un aumento en la demanda de agua potable, en tanto que la disponibilidad de recursos hídricos no sólo no se ha mantenido constante, sino que inclusive ha disminuido por la exacerbación hidrometeorológica causada por el cambio climático y por la contaminación concentrada y difusa en los cuerpos de agua. Si a esta ecuación se suma la amplitud territorial de la región, que comprende numerosos regímenes hidrológicos, la región de ALC se encuentra ante una distribución de los recursos hídricos extremadamente desigual.

Como resultado, Argentina, Chile, Ecuador, México, Perú y el noreste de Brasil encabezan la lista de países afectados por la escasez y el estrés hídrico.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.3, fijado por las Naciones Unidas (ONU) para el año 2030, establece como meta reducir a la mitad la brecha de aguas residuales sin tratar

Por otra parte, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.3, fijado por las Naciones Unidas (ONU) para el año 2030, establece como meta reducir a la mitad la brecha de aguas residuales sin tratar. En el reporte de seguimiento para el cumplimiento de los ODS¹, de ONU-Agua, se indicó que la proporción de las aguas residuales domésticas tratadas (ODS 6.3.1.) en América Latina se sitúa en aproximadamente un 40,8%, mientras que el promedio a nivel mundial es del 55,5%. Si se analiza el cumplimiento de la proporción de cuerpos de agua que cuentan con calidad de agua con buen ambiente (ODS 6.3.2.), el porcentaje en la región es de 57% de los cuerpos de agua que presentan buen estado, mientras que el promedio mundial alcanza el 72%.

Para conseguir alcanzar la meta establecida en el ODS 6.3., y por lo tanto un avance significativo en la descontaminación de los cuerpos de agua más afectados en la región, es necesario contar con una estrategia que promueva el avance del tratamiento de las aguas residuales, pero sustentado en un ambiente favorable de normas y políticas, de instituciones y procesos coherentes, de reguladores con capacidad de hacer cumplir las especificaciones medioambientales, así como de operadores capacitados, que permitan trazar un camino para alcanzar las coberturas deseadas y reducir así la brecha, con servicios de saneamiento de calidad, sostenibles e inclusivos en América Latina, acompañado con inversiones y financiamiento acordes a las necesidades.

Por lo tanto, resulta imperioso un cambio en la política pública que priorice el tratamiento de las aguas residuales, modificando la visión tradicional de infraestructura, que determina las acciones a llevar a cabo bajo un enfoque basado en la división político-administrativa, por una visión de servicio, enfocada en descontaminar los cuerpos de agua de ríos y lagos, y por consiguiente, bajo la unidad de gestión de la cuenca. A esto se debe sumar un enfoque consolidado y consistente de economía circular, que fomente la utilización del “residuo” de las plantas de tratamiento como un recurso valioso para el desarrollo de otras actividades productivas, formando parte del aporte para la sostenibilidad de las inversiones en este rubro, contribuyendo a transformar un proceso, hasta ahora lineal, en uno circular, que mitigue el consumo ilimitado de recursos.

Este necesario cambio de visión aporta a la toma de decisiones del tratamiento de aguas residuales un carácter multidimensional que se debe entender y atender, y cuyos impactos generados involucran múltiples niveles:

¹ <https://sdg6data.org/indicator/6.3.1>

- Proteger la calidad de los cuerpos de agua en general, a través del adecuado tratamiento de las aguas residuales.
- Dar acceso a la población a servicios de saneamiento, satisfaciendo un derecho humano y asegurando un ambiente saludable.
- Garantizar la disponibilidad de agua de calidad para diversos usos, incluyendo el suministro para consumo humano directo, asegurando el derecho humano al agua.
- Promover acciones a través del enfoque de economía circular para disminuir la presión sobre los recursos hídricos por parte de las actividades productivas, y de esta forma también aumentar la capacidad de adaptación frente a los efectos del cambio climático.
- Garantizar el derecho humano a un ambiente sano.

El orden o prioridad de estos objetivos específicos dependerá del contexto y de los problemas a atender, como, por ejemplo: altos índices de contaminación en los cuerpos receptores; pérdida o deterioro de las fuentes de abastecimiento; disminución de la disponibilidad del recurso; estrés hídrico en una determinada zona; baja cobertura de servicios de saneamiento. Por lo tanto, la normativa y la regulación alrededor de los vertidos y reutilización debe reconocer ese contexto.

Se pueden identificar numerosos retos para el cumplimiento del ODS 6.3., pero desde CAF- Banco de Desarrollo de América Latina se parte del entendimiento de que la normativa alrededor de los vertidos en cuerpos receptores y la economía circular (en lo referente a los productos del tratamiento) por sí sola no habilita al cumplimiento del objetivo, pero de ninguna forma debería constituir un obstáculo para la consecución del mismo.

Es por esto que desde CAF se propone un análisis normativo que incluye a 12 países de la región, en el que se revise la normativa alrededor de vertidos y calidad de agua, con un lente sobre la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), que permita identificar las mejores prácticas existentes, así como los vacíos e incoherencias posibles, de manera que se habilite la armonización y modernización de leyes, reglamentos y normas técnicas para impulsar y apoyar el tratamiento de las aguas residuales y la reutilización de sus productos. Esto con el objetivo de facilitar el cumplimiento de los ODS, determinando las condiciones para prestar servicios de saneamiento, con calidad, sostenibilidad e inclusiva en la región, contribuyendo así a mejorar la calidad de las aguas en cuerpos receptores locales, nacionales y transfronterizos.

Análisis

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

El primer paso para una revisión de los instrumentos normativos relativos al tratamiento de aguas residuales y economía circular, es dar paso al reconocimiento de la GIRH en los distintos países objeto del análisis, en lo cuales cabe destacar que la cuenca hidrográfica es un elemento básico de gestión territorial que ha sido ampliamente aceptado en el mundo y particularmente en América Latina y el Caribe, como puede apreciarse a continuación:

Tabla 1. La cuenca hidrográfica como unidad de gestión territorial en algunos países de América Latina

INSTRUMENTO NORMATIVO POR PAÍS	RESUMEN
Argentina Ley N° 25688 Régimen de Gestión Ambiental de Aguas (03/01/03)	Artículo 3°. Las cuencas hídricas como unidad ambiental de gestión del recurso se consideran indivisibles.
Bolivia Plan Nacional de Cuenca Versión 01 (2007)	La unidad básica de planificación y gestión de los recursos hídricos y ambientales es la cuenca .
Brasil Ley N° 9.433, inciso V del art. 1° (01/1997)	"...la cuenca hidrográfica es la unidad territorial para la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos y la actuación en el Sistema Nacional de Recursos Hídricos".
Colombia Decreto 1929 (07/08/2002)	Artículo 1°. Definición de cuenca: Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales...
Ecuador Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Año II – N° 305 (06/08/2014)	Artículo 8. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas .
México Ley de Aguas Nacionales (01/12/92)	Artículo 7 BIS. Se declara de interés público: I. La cuenca conjuntamente con los acuíferos como la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos.
Paraguay Ley N° 3239/2007 Evaluación de Impacto Ambiental (10/07/2007)	Artículo 3°. "La gestión integral y sustentable... se regirá por los siguientes principios: d) La cuenca hidrográfica es la unidad básica de gestión de los recursos hídricos".
Perú Ley de Recursos Hídricos 29338 (30/03/2009)	Principio 10: El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica .
Uruguay Ley N° 18.610 (28/10/2009)	Artículo 8°. La política Nacional de Aguas tendrá por principios: E) El reconocimiento de la cuenca hidrográfica como unidad de actuación para la planificación, control y gestión de los recursos hídricos, en las políticas de descentralización, ordenamiento territorial y desarrollo sustentable.

Pese a ello, su aplicación ha sido desigual entre los países, debido a que no se cuenta con un marco legal o bien con políticas que permitan dar continuidad a los planes, programas, y/o proyectos del manejo de cuencas diseñados, al igual que instituciones y/u organismos con capacidades y financiamiento que habiliten dicha aplicación. Además, en muchos casos, las cuencas se definen desde un punto de vista municipal, departamental y/o estatal, sin considerar la demarcación natural de la cuenca.

Y es bajo este marco de la GIRH que se ha llevado a cabo el análisis de la normativa en tres: sobre calidad de vertidos a cuerpos receptores, descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal, y reúso de productos (agua y lodos y biosólidos). Es importante señalar que todos los instrumentos normativos analizados tienen como punto en común el objetivo de preservar la calidad (y cantidad) de los cuerpos de agua, evitando la contaminación de los mismos y, sin embargo, la región aún sufre un fuerte atraso, tanto en la preservación de sus recursos hídricos, como en la cobertura de tratamiento de sus aguas residuales, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Datos de acceso a servicios de saneamiento y estado de cuerpos de agua²

PAÍS	PROPORCIÓN DE ACCESO A SERVICIOS DE				PROPORCIÓN DE CUERPOS DE AGUA EN BUEN ESTADO ³	
	Año	Saneamiento gestionado de manera segura	Alcantarillado	Tratamiento de aguas residuales	Año	Porcentaje
Argentina	2016	51%	57%	25%	2020	18%
Bolivia	2020	53%	50%	33%	2020	SD ⁽ⁱⁱⁱ⁾
Brasil	2020	49%	69%	38%	2020	71%
Chile	2020	79%	89%	73%	2020	84%
Colombia	2020	18%	78%	12%	2020	SD ⁽ⁱⁱⁱ⁾
Costa Rica	2020	30%	21%	9%	2020	69%
Ecuador	2020	42%	67%	17%	2020	SD ⁽ⁱⁱⁱ⁾
México	2020	57%	81%	50%	2020	55%
Panamá	2020	SD ⁽ⁱⁱⁱ⁾	34%	27% ⁽ⁱ⁾	2020	64%
Paraguay	2020	60%	8%	4%	2020	72%

² Fuente: JMP. Actualización julio 2021. <https://washdata.org/data/downloads#WLD>

³ Fuente: UNWater. Actualización 2020. <https://sdg6data.org/indicador/6.3.2>

Perú	2020	53%	74%	50%	2020	26%
Uruguay	2020	58% ⁽ⁱ⁾	61%	43% ⁽ⁱⁱ⁾	2020	76%

(i) Estimación CAF 2020. Ausencia de datos del JMP.

(ii) Plan Nacional de Saneamiento de Uruguay. Ausencia de datos del JMP.

(iii) SD: Sin datos.

Es necesario tener en cuenta esta información sobre cobertura y estado ambiental de los cuerpos de agua para diseñar la normativa, ya que, por lo general, se ha observado que la principal referencia para el diseño de estos instrumentos son usualmente las guías de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, por sus siglas en inglés), así como instrumentos normativos de diversos países desarrollados, como los de la Unión Europea. Esta revisión es válida cuyo propósito es que sirva como referencia, pero debe incluirse un análisis de su aplicabilidad al contexto y realidad de cada país, en términos tanto de calidad como de cantidad del recurso hídrico y los cuerpos de agua propios, y sobre esa base, determinar cuál es el nivel de avance de cobertura que se aspira.

Figura 1. Mapa regional con proporción de aguas residuales tratadas de manera segura como % (JMP, 2021)



Por ejemplo, la región de Europa y América del Norte⁴, según datos de la última actualización del Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento de la OMS y UNICEF (JMP, por sus siglas en inglés), tiene una cobertura promedio de tratamiento de aguas residuales de 80%⁵, y un 76%⁶ de sus cuerpos de agua en estado ambiental bueno, lo que la sitúa en una etapa muy avanzada y con capacidad de establecer requisitos más restrictivos que el promedio regional en América Latina y el Caribe, que se sitúa en 46% y 57%, respectivamente. Además, en muchos casos no existen estándares o procedimientos estadísticos de aceptabilidad y cumplimiento, a lo que se suman debilidades estructurales en los aspectos de monitoreo, control y vigilancia, así como de capacidad sancionadora de los organismos a cargo de estas funciones.

El reconocimiento de la situación de los países de la región, en conjunto con el nivel de madurez normativa de estos, mostrarán los principales desafíos en la región y, adicionalmente, una serie de principios generales, a nivel normativo, para que ésta sea adecuada a dichas realidades.

⁴ Países o áreas de la región: Albania, Andorra, Austria, Bélgica, Bulgaria, Bosnia y Herzegovina, Bielorrusia, Bermuda, Canadá, Suiza, Islas del Canal, República Checa, Alemania, Dinamarca, España, Estonia, Finlandia, Francia, Islas Feroe, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Gibraltar, Grecia, Groenlandia, Croacia, Hungría, Isla de Man, Irlanda, Islandia, Italia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Letonia, Mónaco, República de Moldavia, Macedonia del Norte, Malta, Montenegro, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación Rusia, San Marino, San Pedro y Miquelón, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, Suecia, Ucrania, Estados Unidos de América, Santa Sede.

⁵ <https://sdg6data.org/indicador/6.3.1>

⁶ <https://www.sdg6data.org/indicador/6.3.2>

Análisis

Normativa para descargas de efluentes tratados a cuerpos receptores



Tipologías normativas en países analizados

Conceptos analizados

Exigencias de los parámetros de control

Recomendaciones particulares sobre la normativa
para descargas a cuerpo receptor

A continuación, se muestran las normativas analizadas de los 12 países seleccionados:

Tabla 3. Normativa sobre descargas de efluentes tratados a cuerpos receptores en los países de estudio

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO
Argentina ⁷	A nivel federal	No cuenta con instrumento normativo a nivel federal.
	Prov. Buenos Aires	Resolución Núm. 336/2003. Parámetros de descarga admisibles.
	Prov. San Juan	Ley N° 5824/87. Ley para la preservación de los recursos de agua, suelo y aire y control de la contaminación de la provincia de San Juan. Decreto Núm. 2107/2006.
Bolivia ⁸		Ley del Medio Ambiente N°1333/1992 - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.
Brasil ⁹	A nivel federal	Resolución CONAMA 430/2011. Dispone sobre las condiciones y padrones de descargas de efluentes.
	Edo. Sao Paulo	Ley 997/1976, Decreto Estadual 8468/1976, que reglamenta sobre la prevención y el control de la contaminación al medio ambiente.
	Edo. Ceará	Resolución COEMA N°2/2017, que dispone sobre los patrones y condiciones para la descarga de efluentes líquidos generados por fuentes contaminantes.
Chile		<ul style="list-style-type: none"> Decreto 90/00 - Norma de Emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Decreto 46/02 - Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.
Colombia		<ul style="list-style-type: none"> Resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Resolución 0883 de 2018, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas y otras disposiciones. Resolución 0699 de 2021, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas Tratadas al suelo, y se dictan otras disposiciones.
Costa Rica		<ul style="list-style-type: none"> Decreto 33601 de 2007 - Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. Decreto 42075 de 2019 - Reglamento para la disposición al subsuelo de aguas residuales ordinarias tratadas.
Ecuador ¹⁰		Código Orgánico del Ambiente (COA). Acuerdo Ministerial 97-A, de 2015 - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

⁷ Al ser un país federal, con regulación descentralizada, se analizó la normativa de las provincias de Buenos Aires y San Juan.

⁸ Para el caso de Bolivia, en el Anexo 1 de la normativa especificada se señalan los parámetros y LMP de control en función de la clasificación de los cuerpos de agua. Sin embargo, a la fecha del estudio, sólo hay tres ríos clasificados en el país: el río Rocha (2018), el río Pirai (2018) y el río Guadalquivir (2021). Para aquellos ríos no clasificados, rige el Anexo 2 del mismo instrumento normativo, y es el utilizado para este análisis ya que es el vigente para la mayoría de cuerpos agua del país.

⁹ Al ser un país federal con regulación descentralizada, se analizó la normativa de los estados de Sao Paulo y Ceará.

¹⁰ Establece que los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. Pero ante la ausencia de estudios del cuerpo receptor, aplicarán los valores de la Tabla 9. Límites de Descarga a un cuerpo de agua dulce, que será lo evaluado en este análisis.

PAÍS	INSTRUMENTO NORMATIVO
México	Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales.
Panamá	Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 35 -2019. Calidad del Agua. Descarga de efluentes líquidos a cuerpos y masas de aguas continentales y marinas.
Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> Ley 1614/2000 - Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario - Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio- Concesionarios (ANEXO II); Permisionarios (ANEXO X) Descargas a cuerpo receptor (2). Resolución 222/02 - Padrón de Calidad de las Aguas en el Territorio Nacional.
Perú	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.
Uruguay	Decreto 253/79, con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91.

Tipologías normativas en países analizados

Entre los instrumentos normativos analizados se observan tres tipologías características, de acuerdo al tipo de limitación o restricción que estos instrumentos establecen, presentadas a continuación.

Restricciones independientemente del cuerpo receptor

En este grupo de países se encuentra la **Provincia de San Juan (Argentina), Bolivia, el Estado de Sao Paulo (Brasil), Costa Rica, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay**. Algunos, como la Provincia de San Juan, Paraguay o Uruguay, establecen criterios diferentes para las descargas mediante adsorción o infiltración en suelo.

De esta manera, los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros a controlar se establecen independientemente del cuerpo receptor o la caracterización del afluente, planteando, en la mayoría de los casos, un enfoque combinado con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos para los cuerpos de agua en función de su uso.

Este enfoque combinado implica la necesidad de analizar la coherencia entre ambas normas, y las consecuencias que los límites establecidos implican, como se muestra a continuación, tal y como analizó la Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento del Perú (SUNASS), y que se expone en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación entre los LMP para efluentes de PTAR y los Estándares de Calidad de Agua (ECA) exigidos (Perú)

PERÚ - COMPARACIÓN DE LOS LMP PARA EFLUENTES DE PTAR Y ESTÁNDARES DE CALIDAD (ECA) DE AGUA¹¹

PARÁMETRO		LMP	ECA Y FACTOR DE DILUCIÓN DEL LMP NECESARIO EN UN CUERPO NATURAL LIBRE DE CONTAMINACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ECA									
			Categoría 1 A2		Categoría 1 A3		Categoría 1 B1		Categoría 2 C3		Categoría 3	
			ECA	FD	ECA	FD	ECA	FD	ECA	FD	ECA	FD
DBO5	mg/l	100	5	20	10	10	5	20	10	10	15	7
DQO	mg/l	200	20	10	30	7	30	7	-	-	40	5
SST	mg/l	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10.000	2000	5	20000	1	200	50	1000	10	2000	5
Aceites y grasas	mg/l	1	20	20	1	20	-	4	2	10	2	12
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	45	2	23	3.7	12	-	-	0.21	-	-	-
Fósforo (Fosfato total)	mg/l	0,15	14	93	0.15	93	-	-	0.1	-	1	-

Por ejemplo, si el efluente de una PTAR tiene una concentración de fósforo total de 14 mg/L (valor esperado en una PTAR de tecnología de lagunas), el factor mínimo de dilución necesario para alcanzar el ECA-Agua de la categoría 1 A3 (aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) sería de 93 veces (si el río viene sin fósforo total, pues en caso contrario, la dilución tendría que ser mayor). Esto significa que, para una ciudad de 50.000 habitantes (con caudal del efluente de 90 L/s), se necesitaría un cuerpo receptor de agua con un caudal de 8 m³/s durante el mes de menor precipitación del año; situación poco frecuente en la zona costera peruana. Por lo tanto, en este caso, para cumplir el ECA-Agua se debería implementar un proceso de tratamiento para la remoción de fósforo, adicional a los procesos de tratamiento implementados para el cumplimiento de los LMP.

Muchas de las normas de este grupo presentan un enfoque restrictivo en la calidad de los vertidos, como en Costa Rica, Panamá o Paraguay, muy similares a los de las guías de la U.S. EPA, y en los que se exigen las mismas restricciones para descargas a mar que a un cuerpo fluvial con gran o pequeño caudal. Esto resulta en necesidades de inversión que no se ajustan a las necesidades hídricas, y por lo tanto, pueden ser inalcanzables en la mayoría de los casos, como se aprecia más adelante.

¹¹ Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. SUNASS 2015.

Restricciones en función del tipo de cuerpo receptor

Los países/provincias que diferencian, en mayor o menor medida, los LMP en función del tipo de cuerpo receptor, son la **Provincia de Buenos Aires (Argentina), Brasil y el Estado de Ceará, Chile, Ecuador y México**, como se aprecia en las siguientes tablas.

Tabla 4. Tipos de cuerpos receptores establecidos en las normativas de Prov. Buenos Aires, Brasil, Estado de Ceará, Chile y Ecuador

PAÍS		DISTINCIÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CUERPO RECEPTOR						
Argentina	Prov. Buenos Aires	Cond. Pluvial o cuerpo de agua superficial			Adsorción por suelo			Mar abierto
Brasil	A nivel federal	A cuerpos receptores						Mediante emisario submarino
	Edo. Ceará	A cuerpos receptores			Disposición directa en suelo			Mediante emisario submarino
Chile	Agua dulce		Aguas subterráneas				Mar	
	Aguas fluviales con dilución (ríos)	Aguas lacustres (lagos)	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta	Mar. Zona de protección	Mar. Fuera de la zona de protección	A cuerpos receptores
Ecuador	En cuerpo de agua dulce						Agua de Mar Rompiente	Agua de Mar Emisor Submarino

Tabla 5. Tipos de cuerpos receptores y usos establecidos en la normativa de México

PAÍS	DISTINCIÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CUERPO RECEPTOR Y EL USO DEL MISMO									
México	Ríos			Embalses naturales y artificiales		Aguas costeras			Suelo	
	A: Uso en riego agrícola	B: Uso público urbano	C: Protección de vida acuática	B: Uso en riego agrícola	C: Uso público urbano	A: Explotación pesquera, navegación y otros usos	B: Recreación	B: Estuarios	A: Uso en riego agrícola	B: Humedales naturales

En este segundo grupo de países se establece, en primer lugar, la distinción del tipo de cuerpo receptor en función de su capacidad de absorber carga contaminante, destacando la clasificación y conceptos que establece el instrumento normativo chileno, de acuerdo a lo indicado a continuación:

- a) **Cuerpos fluviales:** esta normativa distingue los cuerpos fluviales en función de su capacidad de dilución, definiendo cómo calcular la misma¹². De esta manera, los LMP son mucho más limitativos para aquellas descargas a cuerpos receptores que no tienen cómo diluir la carga contaminante.
- b) **Aguas lacustres:** la tasa de renovación de estos cuerpos de agua es mucho menor que los cuerpos fluviales, y por lo tanto son más vulnerables a la contaminación.
- c) **Aguas costeras:** son los cuerpos de agua con mayor capacidad de dilución. Sin embargo, es necesario distinguir los tipos de zonas costeras existentes de acuerdo a su vulnerabilidad a la contaminación o impacto a la salud pública, en función de su cercanía a la costa.

Este tipo de distinción permite reconocer las necesidades a la hora de establecer los LMP de los parámetros de acuerdo a las necesidades del cuerpo receptor, tanto por capacidad de dilución como por vulnerabilidad a la contaminación. Por ejemplo, para el caso de aguas lacustres, donde hay una mayor vulnerabilidad a la eutrofización, el LMP para el fósforo en efluentes será más restrictivo que para un efluente a aguas costeras mediante emisario submarino. Adicionalmente, en el caso chileno, se establecen normas secundarias de calidad ambiental para cuencas o masas de agua específicas que presenten algún problema en particular

Cuadro 2. Normas Secundarias de Calidad Ambiental. Caso de la Cuenca del río Biobío

NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO BIOBÍO¹³

De acuerdo con la Ley N° 19.300/94, que regula las Bases Generales del Medio Ambiente, el Ministerio del Medio Ambiente posee atribuciones para dictar normas secundarias de calidad ambiental de cuencas o masas de agua con una problemática específica para regular la presencia de contaminantes en el medio ambiente, y así contribuir a prevenir que estos puedan significar o representar, por sus niveles, concentraciones y periodos, un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

Para el caso específico de la Cuenca Hidrográfica del río Biobío, que es la tercera más grande del país (después de las de los ríos Loa y Baker), se extiende sobre un área de 24.625 km² que incluye parte de las Regiones del Biobío y La Araucanía con un 72% y un 28%, respectivamente. El caudal medio anual del Biobío varía entre 30 m³/s en su nacimiento, hasta casi 1.000 m³/s en su desembocadura. La crecida media anual en su desembocadura alcanza los 6.670 m³/s, pero se estima que podrían registrarse crecidas sobre los 17.000 m³/s, al menos una vez cada 100 años, en promedio.

¹² Tasa de dilución del efluente vertido: es la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades.

¹³ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1084403>

El río Biobío, principal cauce de la cuenca hidrográfica, corresponde a un recurso hídrico de uso múltiple desde su nacimiento hasta su desembocadura. Estos usos son: abastecimiento de agua potable e industrial, generación hidroeléctrica, riego, receptor de efluentes urbanos e industriales, acuicultura, recreación y turismo, extracción de áridos y conservación de la biodiversidad. Es la fuente primordial de agua potable para gran parte de las comunas riberañas, como son, por ejemplo, de mayor a menor población: Concepción, Hualpén, Talcahuano, San Pedro de la Paz, Chiguayante, Santa Juana, Hualqui, y otras.

A la fecha de la aprobación de la norma, la cuenca presentaba la mayor capacidad de generación hidroeléctrica del país, con un total de 9 centrales instaladas y operando, con una producción total de 2.500 MW. La principal carga industrial que vertía al río corresponde a la industria forestal de celulosa y/o papel, localizada desde Negrete hasta la desembocadura (3 plantas de celulosa y 3 fábricas de papel). Otro uso relevante del río es el riego, con un caudal total cercano a los 220 m³/s y con una capacidad de riego de aproximadamente 220.000 has.

Tampoco se podía ignorar la problemática de algunas intervenciones antrópicas, a nivel de la Cuenca Hidrográfica del Biobío, que han generado riesgos para la protección y conservación del medio ambiente, como: deforestación de laderas; erosión y pérdida de suelo; extracción de áridos; cambios en el caudal y régimen fluvial debido a la generación hidroeléctrica y abastecimiento para riego; y las fuentes difusas y puntuales que vierten a cuerpos receptores de la cuenca.

Así, en noviembre de 2015, se publicó la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Biobío, con el objeto de controlar contaminantes importantes en el proceso de eutrofización (nitrógeno y fósforo), así como otros contaminantes (materia orgánica, sólidos suspendidos, Compuestos Orgánicos Halogenados-AOX e índice de fenol, entre otros) que pueden afectar los cursos de agua ya sea por su nivel de toxicidad o por modificar de manera importante las condiciones del hábitat acuático.

La base técnica para la norma secundaria es el Diagnóstico y Clasificación de cursos y cuerpos de agua según Objetivos de Calidad¹⁴, y en específico el llevado a cabo para la Cuenca del río Biobío¹⁵, en 2004.

En el caso particular de México, se incluye una segunda distinción; el uso del agua del cuerpo receptor. Esta segunda distinción habilita un entendimiento más detallado y, por lo tanto, más flexible de la vulnerabilidad a la contaminación, siendo más exigentes los LMP para las zonas de protección acuática, o para embalses naturales o artificiales (zonas lacustres) destinados al uso público urbano, como uso predominante, que para riego agrícola.

¹⁴ <https://mma.gob.cl/diagnostico-y-clasificacion-de-cursos-y-cuerpos-de-agua-segun-objetivos-de-calidad/>

¹⁵ <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/BioBio.pdf>

Restricciones en función de la caracterización del afluente

En el caso particular de Colombia, existe el instrumento normativo para el vertido a cuerpos de aguas superficiales o a cuerpos de aguas marinas. En ambos, los parámetros y sus LMP son establecidos en función de la caracterización del afluente, tal y como se muestra a continuación.

Tabla 6. Tipos de cuerpos receptores y tipo de afluente establecidos en la normativa de Colombia

PAÍS	RESTRICCIÓN EN FUNCIÓN DE CUERPO RECEPTOR Y CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE								
Colombia	A cuerpos de aguas superficiales				A cuerpos de aguas marinas				
	Soluciones individuales	ARD o ARND provenientes de prestador de servicio			Según tipo de industria	Soluciones individuales	ARD o ARND provenientes de prestador de servicio		Según tipo de industria
		Carga ≤ 625 kg DBO5/d	625 kg DBO5/d < Carga ≤ 3.000 kg DBO5/d	Carga > 3.000 kg DBO5/d			Por medio de conducción de desagüe	Por medio de emisario submarino	

El caso de Colombia propone un enfoque diferente, con conceptos distintos al resto de instrumentos normativos analizados:

- Diferencia en función de la carga contaminante del afluente sin tratar, lo cual implica exigencias distintas en función del tamaño poblacional y/o el desarrollo productivo de los agentes contaminadores. De esta manera, se exige más a aquellos que tienen mayor capacidad para llevar a cabo soluciones de tratamiento más avanzadas
- No todos los parámetros contemplados en la norma tienen establecido su respectivo LMP, sino que algunos contemplan el Análisis y Reporte, en función del balance de masas. La motivación de este enfoque se fundamenta en que la revisión normativa contempla nuevos parámetros sobre los que no se tiene un conocimiento previo y, por lo tanto, se busca poder construir una línea base que permita establecer un LMP adecuado en el futuro.

Adicionalmente, establece los LMP de los parámetros de control para vertimiento a cuerpos receptores de aguas no domésticas en función de la distinción de 9 sectores y 61 actividades industriales.

En lo referente a la Resolución 0699 de 2021, que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas Tratadas al suelo, regula las soluciones de tratamiento para:

- Usuarios de vivienda rural dispersa.
- Usuarios equiparables de vivienda rural dispersa.

- Usuarios diferentes a Usuarios equiparables de vivienda rural dispersa y a Usuarios de vivienda rural dispersa.

Este instrumento normativo está adscrito al Minambiente, pero convive con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, del ministerio, puesto que los condicionantes exigidos por la norma son alcanzables en función de que se cumplan los criterios de diseño establecidos en el Reglamento. Por ejemplo, tanto para soluciones de arrastre hidráulicos como para baños secos.

Conceptos analizados

A través de la revisión de los distintos instrumentos normativos, se destacan los siguientes conceptos tratados en las mismas:

Capacidad de dilución

Algunos países, como Chile o Paraguay, presentan el concepto de capacidad de dilución del cuerpo receptor en sus instrumentos normativos para regular sus parámetros, lo que flexibiliza las exigencias normativas en función de las necesidades del cuerpo receptor, impactando directamente en las necesidades de inversión que la norma establece.

En el caso de Paraguay, este concepto se expone a través de la demostración de estudio de autodepuración realizado por la entidad responsable del efluente, y en función del mismo la autoridad competente podrá autorizar el vertido por encima de los límites establecidos. En el caso chileno, la propia normativa establece la forma de calcular la capacidad de dilución del cuerpo receptor, lo que permite una previsibilidad y facilita al responsable del efluente conocer las necesidades de tratamiento y con qué valores deberá trabajar.

Otros países combinan entre los LMP establecidos para verter a cuerpo receptor y los objetivos de calidad de los cuerpos de agua en función del uso, o un punto intermedio, como el caso de México, que establece la posibilidad de fijar, más allá de los LMP, condiciones particulares de descarga.

Caracterización de las aguas residuales

Se plantea la necesidad de caracterizar las aguas residuales típicas, de manera que los LMP establecidos en la normativa sean congruentes con las aguas residuales que se generan, tanto domésticas como industriales. Así, se observan dos modelos.

En la normativa chilena se determina lo que se considera como establecimiento o fuente emisora de contaminación a partir de la determinación de la carga contaminante media diaria de 100 hab/día, para una dotación de 200 l/hab/día y un coeficiente de retorno de 0,8. Las fuentes que emitan una carga contaminante media diaria o de valor carac-

terístico igual o inferior a lo establecido en la norma no son consideradas como fuentes emisoras, por lo que no quedan sujetos a la misma, en tanto se mantengan esas circunstancias. Se presentan a continuación los valores característicos de los parámetros considerados básicos en la norma chilena:

Tabla 7. Caracterización de las aguas residuales según la norma chilena

CONTAMINANTE	VALOR CARACTERÍSTICO	CARGA CONTAMINANTE MEDIA DIARIA (equiv. 100 hab/día)
Sólidos Suspendidos Totales	220 mg/l	3.520 g/d
Sólidos Sedimentables	6 ml/l (1h)	---
Aceites y grasas	60 mg/l	960 g/d
DBO ₅	250 mg/l	4.000 g/d
Hidrocarburos totales	11 mg/l	176 g/d
Coliformes fecales/termotolerantes	107 NMP / 100 ml	1,6x1.012 coli/d
SAAM	10 mg/l	160 g/d
NTK	50 mg/l	800 g/d
Nitrito más nitrato (lagos)	15 mg/l	240 g/d
Fósforo total	10 mg/l	60 g/d
Arsénico	0,05 mg/l	0,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/l	0,16 g/d
Cobre	1 mg/l	16 g/d
Cromo hexavalente	0,05mg/l	0,8 g/d

Para el caso de Colombia, y de acuerdo a la normativa anterior a la vigente, el país cuenta con la línea base de parámetros básicos como DBO₅, DQO, pH, Sólidos suspendidos totales, Sólidos Sedimentables y Aceites y Grasas. Para el resto de parámetros de control regulados, se establece el concepto de Análisis y Reporte, tanto para lo establecido para la descarga a cuerpos receptores, como aquellos establecidos para las actividades industriales, permitiendo así que la autoridad competente determine los valores máximos, en función del balance de masas. Esto conlleva una necesidad de control y seguimiento

mayor, pero cuyo objetivo es poder delinear la línea base de estos y determinar los LMP con base en la caracterización real de las aguas residuales en el país.

Distinción por tamaño poblacional

Sólo dos países tienen este concepto en su normativa: Colombia y México. Es una distinción importante en la medida que las exigencias que resultan de los instrumentos normativos se hacen más fáciles de cumplir para las ciudades grandes, por contar con capacidad técnica y financiera suficiente en muchos casos, y en menor medida, conforme se van perdiendo las economías de escala asociadas al tamaño de la población servida.

En el caso de Colombia, se asocian los LMP en función de la carga contaminante del afluente sin tratar, de manera que aquellos afluentes que tengan una carga contaminante mayor a 3.000 kg DBO5/día tienen valores máximos más restrictivos que los afluentes con carga contaminante menor, tal y como se ha expuesto anteriormente.

El segundo caso, México, trae este concepto a través del establecimiento de plazos (progresividad) para el cumplimiento de la normativa, en función del tamaño poblacional, tal y como se explica en el siguiente apartado.

Progresividad y plazos de cumplimiento

La progresividad es un concepto importante a tener en cuenta, ya que permite que la normativa acompañe la fase de inversión en la que se encuentre el país

La progresividad es un concepto importante a tener en cuenta, ya que permite que la normativa acompañe la fase de inversión en la que se encuentre el país. Es decir, países con bajas coberturas de tratamiento de aguas residuales podrían tener normativas laxas al inicio, cuyo objetivo sea el promover la inversión y, conforme se avance en estos términos, que la norma se vuelva más exigente de acuerdo al cumplimiento de los objetivos de calidad e inversión.

La contrapartida de esta progresividad es la necesidad de que esta cuente con suficiente previsibilidad. Es decir, que sea conocido cómo la misma será modificada en el tiempo, de manera que pueda tomarse en cuenta al momento de conceptualizar las inversiones, dada la baja previsibilidad que existe con respecto a la capacidad de inversión de los países, donde usualmente la planificación presupuestaria se realiza de manera anual, no permitiendo asegurar que las necesidades de ampliación o mejora de la infraestructura puedan llevarse a cabo en el futuro.

En el caso de México, la progresividad para el cumplimiento de los LMP se da en función del tamaño poblacional, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 8. Progresividad para el cumplimiento de la normativa mexicana en función de rangos poblacionales y cargas contaminantes

DESCARGAS MUNICIPALES		
Fecha de cumplimiento	Rango de población	
1 de enero de 2000	> 50.000	
1 de enero de 2005	De 20.001 a 50.000	
1 de enero de 2010	De 2.501 a 20.000	
DESCARGAS NO MUNICIPALES		
Fecha de cumplimiento	Carga contaminante DBO (t/día)	Carga contaminante SST (t/día)
1 de enero de 2000	> 3,0	> 3,0
1 de enero de 2005	De 1,2 a 3,0	De 1,2 a 3,0
1 de enero de 2010	< 1,2	< 1,2

Esto habilita plazos suficientemente amplios, 5 y 10 años, para poder llevar a cabo las inversiones necesarias para el cumplimiento de la normativa, que de por sí, y como se ha mencionado anteriormente, asume también el establecimiento de restricciones normativas en función del tipo y uso del cuerpo receptor, lo que aporta flexibilidad de acuerdo a las necesidades de las masas de agua.

Para el caso de Chile, se establece un plazo de 10 años, a partir de la entrada en vigencia de la norma, en los que el valor máximo de 3 parámetros se vuelve más restrictivo, como se aprecia a continuación.

Tabla 9. Cambios en los LMP establecidos en la norma chilena en función del plazo de entrada en vigencia de la norma

PARÁMETRO	LMP AL MOMENTO DE ENTRADA EN VIGENCIA	LMP A PARTIR DEL 10° AÑO DE ENTRADA EN VIGENCIA
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	700	300
Sólidos sedimentables (mg/l)	50	20
Aceites y Grasas (mg/l)	350	150

Exigencias de los parámetros de control

De acuerdo a los principales parámetros que caracterizan el agua residual, se presentan las implicaciones, en términos de inversión y control y seguimiento, que suponen las exigencias establecidas por los instrumentos normativos.

■ Contaminación orgánica y sólidos

Los LMP establecidos para el control de la contaminación orgánica y los sólidos se exponen a continuación:

Tabla 10. Exigencias para control de contaminación orgánica y sólidos

PAÍS	COBERTURA TAR (&)	DBO ₅ (mg/l)				DQO (mg/l)				SST (mg/l)			
		Aguas fluviales	Aguas lacustres	Aguas marinas Desagüe/Zona protegida	Aguas marinas Emisario Submarino	Aguas fluviales	Aguas lacustres	Aguas marinas Desagüe/Zona protegida	Aguas marinas Emisario Submarino	Aguas fluviales	Aguas lacustres	Aguas marinas Desagüe/Zona protegida	Aguas marinas Emisario Submarino
Argentina	A nivel federal	-				-				-			
	Prov. Buenos Aires	50		200		250		500		-			
	Prov. San Juan	50		-		125		-		40		-	
Bolivia	33%	80		-		250-300 (1)		-		60		-	
Brasil	A nivel federal	120 - Remoción del 60%				-				-		Remoción del 20%	
	Edo. Sao Paulo	60- Remoción del 80%				-				-			
	Edo. Ceará	120		-		200 (1)		200		150 (2) 100		Remoción del 20%	
Chile	73%	35-300	35	60	No hay LMP	-				80-300	80	100	300
Colombia	12%	70-90 (3)		90	250	150-180 (3)	180	450		70-90 (3)	90	250	
Costa Rica	9%	50				150				50			
Ecuador	17%	100		200	400	200	400	600		130		250	250
México (4) (5)	50%	40-150	40-75	75-150		-				-			
Paraná	27% (7)	50				100				35			
Paraguay (6)	4%	50				150				-			
Perú	50%	100				200				150			
Uruguay	43% (8)	60				-				150			

(1) LMP establecido para efluentes industriales/no sanitarios. (2) LMP para efluentes procedentes de lagunas de estabilización. (3) Rango de valores máximos en función de la carga contaminante del afluente. (4) Se expone el LMP para promedio mensual. (5) Rango de valores máximos en función de los usos del cuerpo receptor. (6) Resolución N°222/02 - Padrón de Calidad de Agua. (7) Estimación CAF 2020. Ausencia de datos del JMP. (8) Según Plan Nacional de Saneamiento. Ausencia de datos del JMP.

En estos parámetros, ante la ausencia de caracterización de los efluentes de manera particular en los países analizados, a excepción de Chile, y a modo de referencia común, las aguas municipales típicas presentan los siguientes rangos de carga contaminante¹⁶:

Tabla 11. Caracterización de las aguas municipales típicas de contaminación biológica y sólidos (Metcalf & Eddy 2003)

PARÁMETROS (mg/l)	CONCENTRACIÓN		
	Baja	Media	Alta
DBO ₅	110	190	350
DQO	250	430	800
Sólidos suspendidos totales (SST)	120	210	400

La distinción del cuerpo receptor permite adaptar las necesidades de inversión de manera más eficiente

De acuerdo a los LMP de los instrumentos normativos señalados en la anterior tabla, se estiman qué procesos de tratamiento estarían exigiendo:

- La Prov. de San Juan (Argentina), Edo. Sao Paulo, Costa Rica, Panamá, Paraguay y Uruguay, con un LMP de 50 - 60 mg DBO₅/l, exigen una remoción estimada del 60% para efluentes de aguas residuales cuya carga contaminante sea baja, y superiores al 70% para efluentes con carga contaminante media y alta, lo que se traduce en exigir tratamientos primarios avanzados para el primer caso y tratamientos secundarios para el segundo, independientemente del cuerpo receptor que reciba el efluente.
- En el caso específico de Bolivia, cuando no existe caracterización del cuerpo receptor, se exige como referencia general un LMP para DBO₅ de 80 mg/l de promedio diario, lo que obliga a llevar acciones de operación y mantenimiento de manera intensiva para el cumplimiento diario de dicho parámetro, y, por lo tanto, llegar a tratamientos secundarios para todos los efluentes en el nivel nacional.
- En Perú, se presenta una de las normativas menos restrictivas de la región (LPM DBO₅ 100 mg/l), que, al año de entrada en vigencia del instrumento normativo en 2010, estaba del orden del 25%¹⁷. Así, en función de los LMP establecidos en la misma, para la mayor parte de los casos se necesitaría un tratamiento primario o primario avanzado.

Sin embargo, si se observan los países que distinguen entre los tipos de cuerpo receptor, se observa cómo Chile, por ejemplo, para aguas superficiales sin capacidad de dilución o aguas lacustre, necesita llegar al menos a tratamiento secundario, y para aguas superficiales con capacidad de dilución o aguas marinas mediante emisario submarino exige un tratamiento primario. Esto permite adaptar las necesidades de inversión de manera más eficiente a las necesidades del cuerpo receptor, mejorando así la promoción de la

¹⁶ Metcalf & Eddy 2003

¹⁷ Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene. Estimates on the use of water, sanitation and hygiene in Perú. Julio 2021. <https://washdata.org/data/downloads#WLD>

inversión en tratamiento de aguas residuales, vinculada a la cobertura actual que tenga cada país.

En el caso específico de Colombia, como se mencionó antes, incorpora el concepto de economías de escala, tanto a nivel técnico como financiero, y por lo tanto, la capacidad de inversión y operación y mantenimiento de las grandes ciudades es mayor que en las ciudades pequeñas y medianas, por lo que para cargas contaminantes mayores a 3.000 kg DBO₅/día se establece un LMP de 70 mg/l para DBO, que llevaría a tratamiento secundario, y para cargas contaminantes menores el LMP se vuelve menos restrictivo, 90 mg/l de DBO₅, lo que permitirían en ciertos casos, alcanzarlo con un tratamiento primario avanzado.

Ratio DBO₅:DQO

El ratio DBO₅:DQO normal para un agua residual doméstica se sitúa en un rango entre 1:2 y 1:3. Sin embargo, este ratio puede no mantenerse en el caso que el tratamiento seleccionado sea de carácter biológico, puesto que éste puede no eliminar en la misma proporción la materia biodegradable (DBO₅) de la materia químicamente degradable (DQO), llevando el ratio después del tratamiento a un rango 1:4 a 1:6, con lo cual la realidad es que las exigencias cambian en el caso de algunos países (ver tabla).

Tabla 12. Ratio DBO₅:DQO e implicaciones para procesos de tratamiento biológicos

PAÍS	DBO ₅	DQO	RATIO DBO:DQO	EXIGENCIA DBO PARA UN RATIO 1:5
Argentina - Prov. de Buenos Aires	50	250	1:5	50
Colombia	70	150	1:2	30
	90	180	1:2	36
Costa Rica	50	150	1:3	30
Ecuador	100	200	1:2	40
Panamá	50	100	1:2	20
Paraguay	100	200	1:2	40
Perú	100	200	1:2	40

En este caso se observa que para un ratio medio de 1:5 del efluente tratado mediante tratamiento biológico, el LMP real de DBO₅ para por ejemplo, Panamá, Colombia o Costa Rica, exige capacidades altas en la operación y mantenimiento para dar cumplimiento a la misma.

En el caso de la Provincia de Buenos Aires, donde el tipo de tratamiento más común es el biológico, la normativa es la única que toma el ratio 1:5.

Para el caso del Estado de Ceará o en Bolivia, la DQO es solo controlada para los afluentes no sanitarios/industriales, que son aquellos que por lo general inciden en el valor de este parámetro.

Nutrientes

El exceso de nutrientes en el agua resulta en un crecimiento desproporcionado de algas y otros organismos, los cuales consumen gran cantidad de oxígeno disuelto para su crecimiento y materia orgánica en putrefacción, que es, en resumen, el proceso conocido como eutrofización. Esta disminución del oxígeno disuelto afecta a la vida acuática de los cuerpos de agua, y se establecen condiciones anóxicas en el fondo, lo que resulta en crecimiento de bacterias y toxinas. Por ello es importante que los nutrientes sean controlados en las descargas y, sobre todo, en aquellos cuerpos receptores más vulnerables, como son las aguas lacustres o aquellos que tienen vida acuática protegida.

En contraparte, estos son tomados como nutrientes para uso agrícola, por lo que se debe tener en cuenta si el agua residual tratada tiene potencial para su reutilización en dicho fin.

Cuadro 3. Contaminación de la Bahía Cohana (Bolivia)

CASO CONTAMINACIÓN DE LA BAHÍA COHANA – LAGO TITICACA (BOLIVIA)¹⁸

Los contaminantes de la Bahía provienen de desagües domésticos e industriales de la ciudad de El Alto de centros urbanos próximos y de actividad minera dispersa en la región. El centro urbano más importante de esta región es la ciudad de El Alto, cuya población aumentó de 95 mil habitantes en 1976 a cerca de 1,2 millones según el censo de 2012. El problema de contaminación fue detectado a fines de la década de los 90 por la proliferación de la planta acuática conocida como lenteja de agua y una composición atípica de algas microscópicas como un indicador del enriquecimiento por nitrógeno.

En el caso particular del Titicaca, se tiene un escenario particularmente sensible a la eutrofización debido a que el sistema es naturalmente enriquecido por sulfatos (Achá et al. 2014). En condiciones anóxicas o microaerofílicas favorece la proliferación de bacterias sulfato reductoras, las cuales producen el sulfuro de hidrógeno (H₂S), gas neurotóxico y poderoso agente reductor que exacerba la reducción del oxígeno en la columna de agua e incrementa el riesgo para la fauna acuática (Effler et al. 1988, Reese et al. 2008).

¹⁸ Molina, et al, 2017, Contaminación de la Bahía de Cohana, Lago Titicaca (Bolivia): Desafíos y oportunidades para promover su recuperación..

A comienzos de 2015, durante un evento extremo de una proliferación de micro-algas del fitoplancton se evidenció una elevada mortalidad de peces y ranas a consecuencia de la reducción de oxígeno del agua, destacando la fragilidad del ecosistema.

En lo referente al nitrógeno, en el agua residual cruda, este se presenta en forma de amoníaco (NH_3) y amonio (NH_4) principalmente, siendo este último tóxico para los peces. Dependiendo del tipo de proceso, las descargas presentan distintas formas de nitrógeno:

- Los procesos aerobios presentan en la descarga, principalmente, sobre todo nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3).
- Los procesos anaerobios presentan en la descarga NH_3 , NH_4 y nitrógeno orgánico, y no se presenta NO_2 y NO_3 .
- En el caso de un proceso primario, es decir, de sedimentación, no se presenta la oxidación del N.

Los parámetros usualmente tratados en la normativa son los siguientes:

- Nitrógeno total Kjeldahl (NTK), que determina la suma del nitrógeno orgánico (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminas, etc.) y el ion amonio NH_4^+ . Indica el nitrógeno capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente y en su caso, desnitrificado a nitrógeno gaseoso. No incluyen los nitratos ni los nitritos.
- Nitrógeno total (NT), es la sumatoria de todas las formas de nitrógeno que pueden presentarse en un efluente, N orgánico + NH_3 + NH_4 + NO_2 + NO_3 .

En lo referente al fósforo, éste es definido como el factor limitante del crecimiento de los ecosistemas, y en general se encuentra en menor cantidad que el nitrógeno.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se presentan los LMP de los países que tienen regulados nitrógeno total o NTK, y fósforo total.

Tabla 13. Exigencias para control de contaminación por nutrientes

PAÍS		COBERTURA TAR (&)	NITRÓGENO TOTAL (mg/l)				FÓSFORO TOTAL (mg/l)			
			Aguas fluviales	Aguas lacustres	Aguas marinas Desagüe/ Zona protegida	Aguas marinas Emisario Submarino	Aguas fluviales	Aguas lacustres	Aguas marinas Desagüe/ Zona protegida	Aguas marinas Emisario Submarino
Argentina	Prov. Buenos Aires	26%	50		200		250		500	
	Prov. San Juan		50		-		-		-	
Chile		73%	50-75 (1)	10	50 (1)	-	10-15	2	5	-
Colombia		12%	Análisis y Reporte				Análisis y Reporte			
Costa Rica		9%	50				-			
Ecuador		17%	50 (1)	40 (1)	40 (1)	10	-	-	Paulo	Paulo
México (2) (3)		50%	15-40	15-40	15	-	5-20	5-20	5	-
Panamá		27% (4)	15				10			
Paraguay (5)		4%	40				4			
Uruguay		43% (6)	-				5			

(1) Nitrógeno Total Kejdhal.

(3) Rango en función de los usos del cuerpo receptor.

(5) Resolución N°222/02 - Padrón de Calidad de Agua.

(2) Se expone el LMP para promedio mensual.

(4) Estimación CAF 2020. Ausencia de datos del JMP.

(6) Según Plan Nacional de Saneamiento. Ausencia de datos del JMP.

Nuevamente, y a modo de referencia, las aguas municipales típicas presentan los siguientes rangos de concentración de nutriente¹⁹:

Tabla 14. Caracterización de las aguas municipales típicas para nutrientes (Metcalf & Eddy 2003)

PARÁMETROS (mg/l)	CONCENTRACIÓN		
	Baja	Media	Alta
Nitrógeno Total	20	40	70
NTK	20	40	85
Fósforo Total	4	7	12

¹⁹ Metcalf & Eddy 2003

Como se puede observar de las tablas anteriores, existe poca uniformidad en los valores asignados a estos parámetros entre las distintas normas.

- Para el caso de Chile, y en específico, para las aguas lacustres, que son los cuerpos de agua más vulnerables a la eutrofización, los LMP establecidos llevarían a un tratamiento terciario de eliminación de nutrientes. Sin embargo, éstos no son regulados para el caso de descargas mediante emisarios submarinos. También Panamá o la Prov. de San Juan, deberían de llegar a tratamientos terciarios de eliminación de nutrientes para afluentes con carga media a alta.
- En el caso contrario, se observa como, por ejemplo, la Provincia de Buenos Aires, para todos los vertidos a aguas superficiales continentales, es necesario la eliminación de fósforo.
- Costa Rica no regula ni fósforo ni fosfato.
- En el caso específico de los países que no presentados en la tabla, se tiene los siguientes comentarios:
 - En Brasil, los Estados de Sao Paulo y Ceará determinan también nitritos, aunque en Ceará estos parámetros no son obligatorios, salvo que el órgano ambiental así lo decida. Cabe resaltar que solo en estos dos estados se estaría regulando este parámetro. Si los procesos de tratamiento son nitrificantes y especialmente desnitrificantes, la medición de este parámetro podría ser suficiente para el control ambiental y de procesos. En ningún caso se regulan el fósforo ni el fosfato.
 - Bolivia regula el Amonio como nitrógeno total N, con un promedio mensual de 2 mg/l, no regula otras formas de nitrógeno ni el fósforo.
 - Perú no regula nutrientes.

Es imprescindible dar la atención necesaria a los parámetros que regulan los nutrientes, entendiendo el impacto que tienen estos en el medio ambiente, sobre todo en los casos donde existan problemas de eutrofización

Esto deja en evidencia que es imprescindible dar la atención necesaria a los parámetros que regulan los nutrientes, entendiendo el impacto que tienen estos en el medio ambiente, sobre todo en los casos donde existan problemas de eutrofización, donde sea necesario regular el fósforo como factor limitante para el crecimiento, ya que su vertido podría impactar en función de la presencia de nitrógeno existente en el cuerpo receptor.

Contaminación microbiológica

En general, todos los países regulan la contaminación microbiológica mediante el control de las bacterias coliformes y, en menor medida, los parásitos, a través de los huevos de helminto, cuya capacidad para sobrevivir ante condiciones adversas es mucho mayor. El objetivo de regular este tipo de contaminación es evitar el riesgo de salud pública que implica, sobre todo, el uso de las aguas contaminadas, de manera directa o indirecta en agricultura y acuicultura, o la exposición directa de seres humanos a aguas no tratadas, por lo que se hace importante que estos también sean regulados en las normativas sobre reúso de los productos de tratamiento (agua y lodos). La regulación de esos parámetros es importante para cuerpos de agua superficiales, aunque no tanto para aguas marinas si estas son descargadas mediante emisario submarino.

La eliminación de las bacterias coliformes se suele llevar a cabo mediante desinfección, que es el tipo de tratamiento más económico, pero este tratamiento no es del todo exitoso para los huevos de helminto. Para este último, se plantea la eliminación mediante sedimentación, lo que traslada el problema a los lodos, o bien a procesos avanzados de oxidación.

Se exponen a continuación los LMP establecidos en las distintas normas.

Bacterias coliformes

Con excepción de Colombia, todos los países plantean valores máximos a este parámetro. Las formas de medición varían y se tienen las siguientes:

- Coliformes fecales determinados por el método del número más probable (NMP), aplicable en la Provincia de Buenos Aires, el Estado de Sao Paulo, Bolivia, Chile, Ecuador, México, Panamá, Paraguay (Resolución N°222/02) y Uruguay. El intervalo para cuerpos de agua dulce es de 1.000 NMP/100 mL (Bolivia, Costa Rica, Chile, Panamá, México y Sao Paulo) a 5.000 NMP/100 mL (Uruguay). La provincia de Buenos Aires y Ecuador tienen un LMP de 2.000.
- En el caso de Bolivia, establece su LMP en 1.000 NMP/100 ml, pero exigido como promedio diario, siendo para el resto de países un promedio mensual.
- Paraguay, a través de la Ley 1614/2000 - Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, utiliza para la medición la técnica de Unidades Formadoras de Colonias. Este parámetro se controla en descargas próximas a zonas de balnearios. El valor máximo admisible (4.000 UFC/100mL) se regula para a una distancia de 500 m de una playa o área destinada a deportes náuticos. No obstante, si el cuerpo receptor se utiliza para propósitos recreativos con contacto físico con el agua, las Autoridades Regulatorias podrán exigir que la descarga sea desinfectada.
- La normatividad de la Provincia de San Juan se basa en Coliformes Totales también por la técnica del NMP/100 mL. Sus límites permisibles son 1.000 para cuerpos de agua dulce y 5.000 para absorción en suelo.
- El estado de Ceará (Brasil) y Perú norman Coliformes Termotolerantes, medidos como NMP/100 mL. Sus límites permisibles respectivos son 5.000 y 10.000, respectivamente.

Huevos de helminto

Los huevos de helminto solo están normados en la Provincia de San Juan y en México. Los límites permisibles son 1 huevo/l y 5 huevos/l. En la provincia de San Juan el límite permisible es de 1 huevo/l para cualquier tipo de cuerpo receptor, mientras que en México el límite depende del tipo de cultivo al que se aplique la descarga (1 huevo/l o 5 huevos/l).

Metales

La regulación de los metales está íntimamente relacionada con la vocación industrial del país. En este grupo de contaminantes están tanto aquellos que pueden tener un efecto directo en la salud pública pero también se incluyen algunos que pueden tener efectos sobre las plantas (boro y sodio), que causen precipitaciones o incrustaciones (magnesio) o que le provoquen coloración al agua (hierro y manganeso).

Se observa poca uniformidad en cuanto a los metales que están normados en los distintos países y regiones. Con excepción de Perú, los metales que están normados en todos los países y regiones del estudio son: arsénico, cadmio, cobre, cromo en todas sus formas, mercurio y plomo. Cabe señalar que, en el Estado de Ceara, la medición de los metales no es obligatoria para las descargas municipales, a menos que las autoridades ambientales así lo consideren.

Otros metales normados en la mayoría de los países son el níquel (9 países) y el zinc (10 países).

Aluminio, antimonio, boro, bario, berilio, estaño, hierro, manganeso, molibdeno, plata y selenio también están normados en al menos tres países. Sin embargo, no hay uniformidad al respecto, ya que no necesariamente son siempre los mismos países o regiones.

Sin duda, el control de los metales es muy importante para evitar daños ambientales y de salud pública asociados. Por las concentraciones que se pueden esperar en las aguas de origen municipal, es improbable que puedan tener efectos agudos; sin embargo, sí puede haber efectos crónicos. En estos casos, la ocurrencia de tales metales en el agua residual de origen urbano es un tanto casuística, por lo que la determinación de ellos debe quedar a consideración de las autoridades ambientales y tomando en cuenta si la localidad en cuestión tiene un aporte importante de descargas industriales en la red de alcantarillado municipal. Se debe tomar en consideración que en muchas ciudades latinoamericanas no se cuenta con segregación de drenaje industrial, por lo que se cuenta con un reglamento que norme las descargas a la red de alcantarillado público (ver capítulo 4.2), que obliga a llevar a cabo una inspección y vigilancia adecuada por parte del responsable del servicio de saneamiento.

Recomendaciones particulares sobre la normativa para descargas a cuerpo receptor

De acuerdo al análisis, se han identificado una serie de enfoques y particularidades que pueden ayudar a aquellos países que quieran enfrentar una reforma normativa que tenga como objetivo proteger la calidad de sus cuerpos de agua, a través de exigencias adecuadas a la realidad y necesidades del país, a nivel hídrico, económico-financiero e institucional. Así resulta importante encontrar el balance entre los siguientes factores, adicionalmente a las características y problemática propia de cada país, bajo un **enfoque de progresividad**, que permita, una vez alcanzadas determinadas metas, poder aumentar la exigencia, acorde con las capacidades financieras, institucionales, de regulación y de fiscalización, así como de los requisitos ambientales que surjan con el tiempo.

Figura 2. Factores a tener en cuenta en el instrumento normativo para descargas a cuerpos receptores



La normativa ha de reconocer las distintas características, tanto en cantidad como en calidad, de los cuerpos de agua del país o región, habilitando normativas que no sea

Las siguientes recomendaciones se exponen a modo de principios a seguir, aunque estos deben ser revisados en función de las problemáticas particulares de cada país.

- **Reconocimiento de la realidad hídrica del país.** Se plantea trasladar a la normativa para descargas a cuerpos receptores la visión de GIRH y el enfoque de cuenca. Es decir, que esta normativa reconozca las distintas características, tanto en cantidad como en calidad, de los cuerpos de agua del país o región, habilitando normativas que no sean innecesariamente restrictivas o excesivamente laxas, reconociendo la capacidad de absorción y dilución del cuerpo receptor, en función de su estado ambiental.
- **Coherencia con los objetivos de calidad de los cuerpos de agua.** Muchos de los países plantean un enfoque combinado de restricciones sobre el efluente tratado y objetivos o estándares de calidad de los cuerpos de agua (ECA) para definir los usos aptos para el mismo, por lo que es necesario que ambas visiones tengan coherencia, entendiendo las exigencias indirectas que suponen entre ambas normativas.
- **Caracterización de las aguas residuales típicas.** Deben estar basadas en el conocimiento de las aguas residuales típicas del país, a través de estudios de caracterización de las aguas residuales representativos, efectuados en diversas épocas del año

por ejemplo, que permitan establecer una línea de base y orientar la eliminación de la contaminación en función de la problemática real que enfrenta el país.

Es de importancia considerar a mediano plazo que los laboratorios acreditados podrían realizar análisis específicos, tales como sustancias tóxicas orgánicas

- **Nivel de acceso al servicio de aguas residuales y capacidad de inversión.** Se considera necesario reconocer la fase en la que se encuentra el país en cuanto a acceso a saneamiento y tratamiento de aguas residuales y la capacidad de inversión con la que cuenta para asumir los retos que se plantean en este aspecto. De esta forma, aquellos países que presenten coberturas altas podrán comenzar a plantear normas cada vez más exigentes, mientras que los países que presenten coberturas bajas deberán definir el difícil balance entre las necesidades de calidad de los cuerpos receptores y las capacidades de inversión que tienen. Normativas excesivamente restrictivas resultan en necesidades de inversión mucho mayores, lo que acaba siendo contraproducente porque se solicitan tratamientos más complejos, que en muchos casos hacen imposible llevar a cabo las inversiones necesarias.
- **Capacidades para seguimiento y control.** De la mano con el punto anterior, es necesario evaluar y reconocer las capacidades de seguimiento y control para asegurar el cumplimiento de las normativas por parte de las autoridades competentes, con el fin de establecer planes de acción en el caso de que éstas sean débiles, y tomarlas en cuenta en el diseño de los instrumentos normativos para evitar las consecuencias adversas que supone una norma que no presenta sanciones a la hora de su incumplimiento.

Esto también debe ser acompañado con un análisis de la capacidad instalada de los laboratorios acreditados en el país, que son parte fundamental para el correcto control de operación y vigilancia de la calidad del agua del afluente y efluente, y así del cumplimiento de la normativa. Es de importancia considerar a mediano plazo que los laboratorios acreditados podrían realizar análisis específicos, tales como sustancias tóxicas orgánicas (compuestos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles, compuestos orgánicos polinucleares, plaguicidas, etcétera) y compuestos emergentes como los medicamentos, productos de limpieza y cuidado personal, ya que su presencia se incrementa cada día en las aguas residuales municipales y, por consiguiente, en los lodos residuales.
- **Capacidad para la operación y mantenimiento de la infraestructura.** También, como parte de las capacidades institucionales, es necesario conocer y evaluar las capacidades instaladas en el país para una correcta operación y mantenimiento de la infraestructura que se deriva de las exigencias institucionales y que afecta directamente a la sostenibilidad de la inversión.
- **Progresividad y planificación.** Se hace necesario también definir la estrategia de abordaje y planificación con una visión a largo plazo, atendiendo a las distintas fases de acceso al servicio y que vaya de la mano con la normativa, a través de una visión de progresividad, acorde al enfoque presentado en el anterior punto. Así, conforme cada país vaya cumpliendo hitos de acceso al servicio, se irán habilitando mayores exigencias en beneficio del buen estado de calidad de las masas de agua.
- **Recomendaciones sobre tratamientos y tecnologías.** Plantear recomendaciones sobre tratamientos y tecnologías ayudará tanto a los responsables sectoriales como a los diseñadores de la normativa entender cómo las exigencias de los parámetros de control y sus LMP (y su seguimiento) son exigencias de infraestructura, tanto a nivel de inversión como de operación y mantenimiento.

- **Tamaño poblacional y economías de escala.** Se han presentado varias opciones mediante las cuales las normativas toman en cuenta los tamaños poblacionales. En la mayoría de los países, las grandes ciudades y sus empresas prestadoras del servicio presentan economías de escala²⁰, tanto económicas como técnicas, que les permiten enfrentar mayores exigencias, no solo en términos de inversión, sino también de operación y mantenimiento. Puesto que, adicionalmente, en la mayoría de los casos las grandes ciudades son efectivamente las generadoras de mayor contaminación, no sólo doméstica, sino industrial, por lo que establecer distintos niveles de exigencia (como en el caso de Colombia) o niveles temporales para el cumplimiento (en el caso de México) se considera recomendable.

²⁰ El futuro de los servicios de agua potable y saneamiento en América Latina (CAF, BID, 2015). https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/798/El%20Futuro%20de%20los%20Servicios%20de%20AyS%20en%20AL%20%28Documento%20para%20Discusi%3%b3n%29_Actualizada.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Análisis

Normativa para descargas a alcantarillado



Enfoques y particularidades identificadas

Exigencias normativas

Recomendaciones particulares sobre la norma
para descargas a alcantarillado



Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

En cuanto a las descargas no domésticas a redes de alcantarillado, esencialmente de servicios o de origen industrial, todos los países del área de estudio (o sus estados o provincias) tienen contemplada la posibilidad que esto ocurra. Todos los instrumentos normativos que regulan las descargas al alcantarillado marcan límites específicos para distintos contaminantes, o en su defecto, definen procedimientos administrativos para el control de las descargas.

En general se puede afirmar que la normatividad en este tema tiene dos objetivos principales:

- 1) proteger la integridad física de la infraestructura, principalmente las redes de alcantarillado;
- 2) evitar la desestabilización de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

De manera generalizada en América Latina y el Caribe, la mayor parte de los sistemas de alcantarillado municipales reciben un cierto porcentaje de descargas de aguas residuales no domésticas

De manera generalizada en América Latina y el Caribe, la mayor parte de los sistemas de alcantarillado municipales reciben un cierto porcentaje de descargas de aguas residuales no domésticas. Todo ello depende de la vocación industrial de cada localidad que podrá cambiar la composición del agua residual urbana. En función de ello, cada gobierno nacional y en ocasiones el subnacional, determina los parámetros a regular y los valores máximos admisibles para descargar en las redes de alcantarillado municipales. Por esta razón, un análisis generalizado se hace más complejo, considerando las particularidades locales de la matriz industrial en cada país.

En la siguiente tabla se muestran los instrumentos normativos de los países analizados.

Tabla 15. Instrumentos normativos que regulan las descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipales (colectores, drenajes municipales, colectores cloacales)

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO
Argentina	Prov. Buenos Aires	Resolución N° 336/2003 Anexo II (sustituye Resolución 389/1998 (AGOSBA) ANEXO II)
	Prov. de San Juan	Reglamentación Ley N° 5824/87. Decreto N° 2107 Anexo I (II) (descarga de efluentes industriales)
Bolivia		Ley 1333 del Medio Ambiente. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (Artículo 29)
Brasil	Edo. de Ceará	Resolución 2 COEMA (02/02/2017) Artículo 24
	Edo. de Sao Paulo	Decreto Estatal 8468. Ajustado por Decreto Estatal 15425, 1980
Costa Rica		Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales N° 33601
Colombia		Resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Chile		Decreto 601 (08/09/2004); modifica Decreto 609 (de 1998, que establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado)
Ecuador		Código Orgánico del Ambiente. Acuerdo Ministerial 97-A, de 2015. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua
México		Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
Panamá		Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000. Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales
Paraguay		Ley N° 1614/2000. Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. <ul style="list-style-type: none"> Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Concesionarios) – Anexo II. Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Permisionarios) – Anexo X.
Perú		<ul style="list-style-type: none"> Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE. Aprueba Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para alcantarillado de las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel. Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE. Aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado, implementado a través de la Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE
Uruguay		Decreto 253/79, con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91.

Enfoques y particularidades identificadas

Los instrumentos normativos presentados, salvo para Argentina y Brasil, son regulaciones a nivel nacional. Sin embargo, es preciso aclarar que cada país puede contar con reglamentos estatales, provinciales, municipales y/o de los prestadores del servicio propios que deben ser considerados al efectuar el proyecto de un sistema de tratamiento.

A excepción de Bolivia, todos los países cuentan con al menos un instrumento normativo que define valores máximos admisibles de descargas no domésticas a los sistemas de recolección de aguas residuales municipales. En este contexto, los parámetros recurrentes en las normas regulatorias de los países en estudio son: temperatura, pH, aceites y grasas, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, cianuros, arsénico, cadmio, cobre, mercurio, níquel y plomo.

A continuación, se exponen distintas particularidades identificadas en las normativas analizadas.

Distinción en función de las industrias generadoras de contaminación

Las normativas de Perú y de Costa Rica presentan distinción entre las actividades industriales, de acuerdo a los contaminantes que las mismas generan y la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU)²¹:

- Perú tiene una resolución específica para la descarga a redes de alcantarillado de cuatro industrias: cerveza, papel, cemento y curtiembre, el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, así como un protocolo especial para el monitoreo de efluentes provenientes de establecimientos industriales pesqueros. Además, establece que los Usuarios No Domésticos cuyas actividades estén clasificadas según el código CIIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el referido Reglamento, en función de los parámetros complementarios que para dichas actividades establezca el Ente Rector. Para ello consideran 46 clases de actividades, expuestas en la Resolución Ministerial N° 116-2012-VIVIENDA.
- Costa Rica, por su parte, establece en su normatividad “parámetros universales” para cualquier tipo de descarga no doméstica a redes de alcantarillado, pero además insta parámetros complementarios de análisis obligatorio, por actividad, de acuerdo con la CIIU (revisión 3), de cualquier agua residual que sea vertida en un alcantarillado sanitario. Cabe mencionar que en su norma se desglosan 209 actividades industriales diferentes. En este sentido, si la norma indica que se deben regular los metales pesados y/o plaguicidas, estos serán definidos por el Ministerio de Salud, con base en la información sobre los insumos y procesos utilizados por el ente generador.
- Colombia, para el caso de descargas a alcantarillado público, establece factores multiplicadores para las 61 actividades previstas en la norma, en función de los LMP de los parámetros de control regulados para las descargas a cuerpo receptor.

²¹ <https://lostat.ilo.org/es/resources/concepts-and-definitions/classification-economic-activities/>

Distinción en función de la infraestructura de saneamiento que recibe la descarga

En el caso de Chile, el instrumento normativo específico establece las siguientes diferenciaciones:

- **Cumplimiento de la normativa.** La normativa establece que el establecimiento industrial deberá dar cumplimiento al mismo en función de:
 - i. Si el servicio sanitario abastece a una población igual o inferior a 100.000 habitantes, y en el caso de que el mismo supere la carga media diaria superior al equivalente de las aguas servidas de una población de 100 personas, para lo cual se presenta la caracterización de la mismas.
 - ii. Si el servicio sanitario abastece a una población superior a 100.000 habitantes, y en el caso de que el mismo supere la carga media diaria superior al equivalente de las aguas servidas de una población de 1.200 personas, para lo cual se presenta la caracterización de la mismas.
- **Tipo de servicio de recolección.** La normativa diferencia los valores máximos de los parámetros de control en función de si la red de alcantarillado que recibe la descarga de efluentes cuenta o no con planta de tratamiento de aguas residuales.

El Estado de Sao Paulo también señala la diferencia de los sistemas de alcantarillado, con y sin tratamiento. Para el caso de los sistemas de alcantarillado que cuenten con planta de tratamiento, se regulan los valores máximos que se analizan en este apartado. Sin embargo, para los efluentes que descarguen a sistemas que no cuentan con plantas de tratamiento deberán cumplir con lo aplicable a las descargas a cuerpo receptor.

Otras particularidades

México presenta la singularidad de regular tres valores: promedio mensual²², promedio diario²³ y valor instantáneo²⁴, considerando que puede haber descargas puntuales específicas que no estarían reflejadas en los promedios. Adicionalmente, para parámetros básicos como DBO o Sólidos Suspendidos Totales, los LMP son los decretados por la norma para descargas a cuerpos receptores (NOM-001-SEMARNAT-1996), en función del tipo de cuerpo receptor y uso al que descargue el sistema de alcantarillado, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

En el caso concreto de Bolivia, el Reglamento Nacional de prestación de servicios de agua potable y alcantarillado para centros urbanos²⁵, de 1992, establece, en su artículo 56 y 57, una serie de condiciones mínimas respecto de sólidos sedimentables, sulfatos, temperatura y sustancias químicas, corrosivas o inflamables, sin indicación de parámetros específicos. Estos se han ido revisando en los contratos de concesión o convenios

²² Promedio mensual (P.M.) -Valor del promedio ponderado en función del caudal de los valores de al menos dos muestras compuestas, tomadas en días representativos de la descarga en un periodo de un mes.

²³ Promedio diario (P.D.) - Valor del análisis de una muestra compuesta, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga.

²⁴ Instantáneo - Valor que resulta del análisis a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga.

²⁵ <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bol201432.pdf>

con las industrias que descarguen aguas residuales crudas o tratadas en los colectores sanitarios bajo su control o propiedad. De esta forma, los proveedores del servicio de saneamiento asumen la responsabilidad del tratamiento de las aguas residuales y están facultados para establecer condiciones de pretratamiento para las industrias, así como las tarifas y costos que la industria que descargue deberá de cubrir (Ley N° 1333, 1992²⁶, Artículo 23°). En este contexto, el Artículo 29° de la Ley indica que las tasas y tarifas por descarga de las aguas residuales crudas o tratadas a los colectores serán calculadas en relación al volumen de agua, la DBO₅ y los sólidos suspendidos totales, tomando en cuenta las siguientes condiciones:

- Las aguas residuales tienen, en promedio, una DBO₅ de 250 mg/l y los sólidos suspendidos totales una concentración de 200 mg/l. Las descargas de agua residual con concentraciones mayores a estas cifras estarán sujetas a una tarifa adicional en relación a las cargas en toneladas por mes, tanto de DBO₅ como de sólidos suspendidos totales.
- Teniendo en cuenta que ciertos metales pueden degradar los fangos o lodos, haciéndolos no aptos para el uso agrícola, se podrán imponer tasas adicionales o limitar las descargas de los siguientes elementos: arsénico, cadmio, cromo⁺⁶ y cromo⁺³, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc.

De esta manera se puede considerar que, indirectamente, se presentan límites máximos permisibles tanto para la DBO₅ como para los sólidos suspendidos totales. No obstante, para los metales no se indican valores máximos admisibles de descarga.

Exigencias normativas

A continuación, se presentan los principales parámetros que, a nivel nacional o provincial, cada país regula (al menos normado en siete países).

²⁶ Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica que reglamenta a la Ley de Medio Ambiente (Ley N° 1333, 1992)

Tabla 16. Resumen de los parámetros de descarga de aguas no domésticas a redes de alcantarillado municipales más utilizados en las normativas analizadas

PARÁMETRO	PVCIA. BUENOS AIRES, ARGENTINA	PVCIA. SAN JUAN, ARGENTINA	BOLIVIA	EDO. CEAPÁ BRASIL	EDO. SAO PAULO, BRASIL	COLOMBIA	COSTA RICA	CHILE	ECUADOR	MÉXICO	PANAMÁ	PARAGUAY	PERÚ	URUGUAY
T	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
pH	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CN	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
As	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hg	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pb	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cd	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cu	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ni	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
DBO ₅	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+	+
S ₂ ⁻	+	+		+	+		+	+	+		+	+	+	+
Zn	+			+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
S.Sed. (1h)				+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
SST			+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	
AyG ⁽¹⁾	+	+			+	+	+	+	+	+	+		+	+
Cr T	+				+	+	+	+			+	+	+	+
Cr ⁺⁶	+	+		+	+			+	+	+		+	+	
Comp. Fenólicos	+	+		+	+	+			+		+	+		
SO ₄ ⁻²	+			+	+		+		+		+	+	+	
DQO	+			+			+		+		+	+	+	

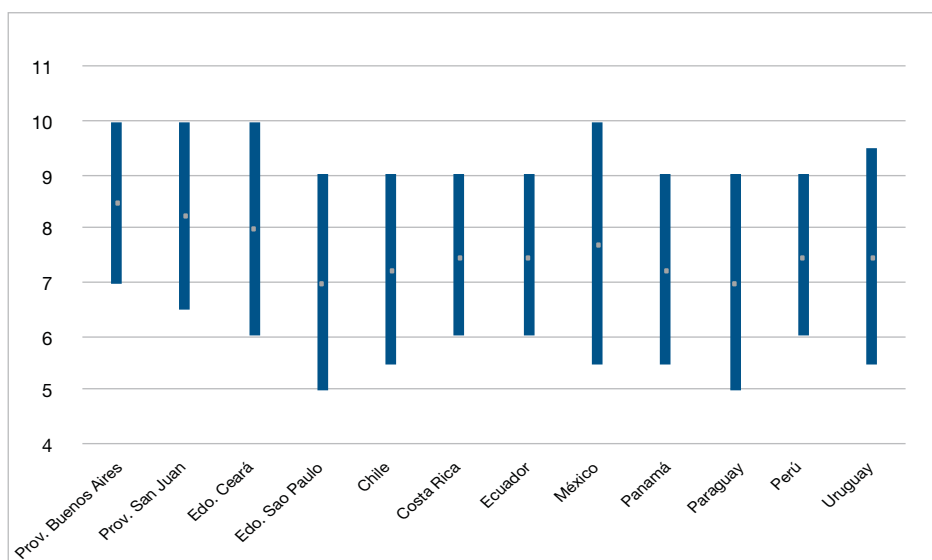
Aceites y Grasas: Sustancias solubles: hexano o éter etílico

De manera generalizada, los instrumentos normativos indican la prohibición de descargar a las redes de alcantarillado materias que puedan solidificarse y que puedan obstruir las redes, líquidos explosivos o inflamables, líquidos volátiles, gases y vapores inflamables, explosivos o tóxicos, corrosivos, incrustantes, sustancias químicas como plaguicidas, elementos radioactivos, residuos hospitalarios. Se señala que los vertidos de actividades domésticas, comerciales o industriales a los sistemas de recolección no deben sobrepasar los parámetros establecidos por las normas específicas.

De los parámetros más regulados, en la mayor parte de los países la temperatura de las descargas presenta un límite máximo en un intervalo de 35 a 45°C. Solo Costa Rica presenta un valor mínimo de descarga, 15°C. Chile estipula que las descargas industriales a la red de alcantarillado deben tener una temperatura máxima de 20°C. Panamá define el valor de la temperatura de descarga en función de un intervalo de $\pm 3^\circ\text{C}$ de la temperatura normal del sitio.

En lo que respecta al pH, el intervalo se sitúa entre 5 a 10 unidades. En México, se presenta el intervalo más amplio (5.5 – 10) y en Chile el más estricto (6 – 8).

Gráfico 1. Rango de pH en los países analizados



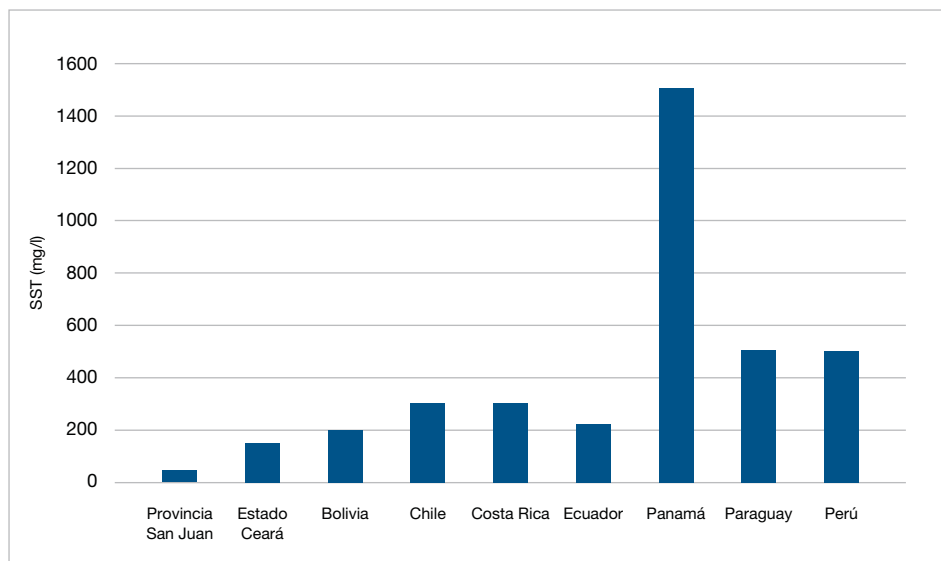
Los sólidos sedimentables también están normados en los 11 países, pero el tiempo de duración de la prueba es diferente

Los sólidos sedimentables también están normados en los 11 países, pero el tiempo de duración de la prueba es diferente: una hora en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Chile y Uruguay. En Argentina y Paraguay la determinación se realiza a dos tiempos: 10 minutos (sólidos de naturaleza compacta) y 2 horas. En México, además, se regulan 3 valores: el promedio mensual, el promedio diario y el valor instantáneo de la toma de muestra. Esto explica la variabilidad de los valores reflejados en las normas: de 5 ml/l (Costa Rica y México (promedio mensual)) a 100 ml/l (México, valor instantáneo). Cuando el tiempo de la prueba es de 10 minutos, el valor máximo aceptable es de 1 ml/l.

Los sólidos suspendidos totales están normados en 10 países, incluido Bolivia en su Ley 1333, y es un parámetro de importancia para el control de las descargas por su influencia en las redes de recolección. Se observa una gran heterogeneidad en los valores establecidos para el control de los mismos. En Colombia no se establece un límite como tal, sino que se indica que la remoción debe ser superior al 50% en carga. No se regula en la Provincia de Buenos Aires (Argentina), el Estado de Sao Paulo (Brasil), Uruguay y Chile, para el caso de descargas a alcantarillado sin planta de tratamiento. En el resto de los países, el intervalo de los valores límites de descarga va de 40 mg/l (México, cuerpo receptor Clase C) a 500 mg/l (Uruguay). México tiene la particularidad

de establecer los LMP en función del tipo de cuerpo receptor y el uso, yendo a la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, por lo que no se muestra en el siguiente gráfico. Perú, adicionalmente, establece valores específicos para cuatro giros industriales: cemento, cerveza, papel y curtiembre.

Gráfico 2. LMP para Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)



Los aceites y grasas también son regulados, aunque difiere el método de determinación entre estos (sustancias solubles en hexano o en éter etílico), o se especifica si son aceites y grasas vegetales y minerales, o animales. El intervalo de los límites cuando se utiliza hexano, que es el método más común de determinación, oscila de 15 mg/l (Perú) a 200 mg/l (Uruguay).

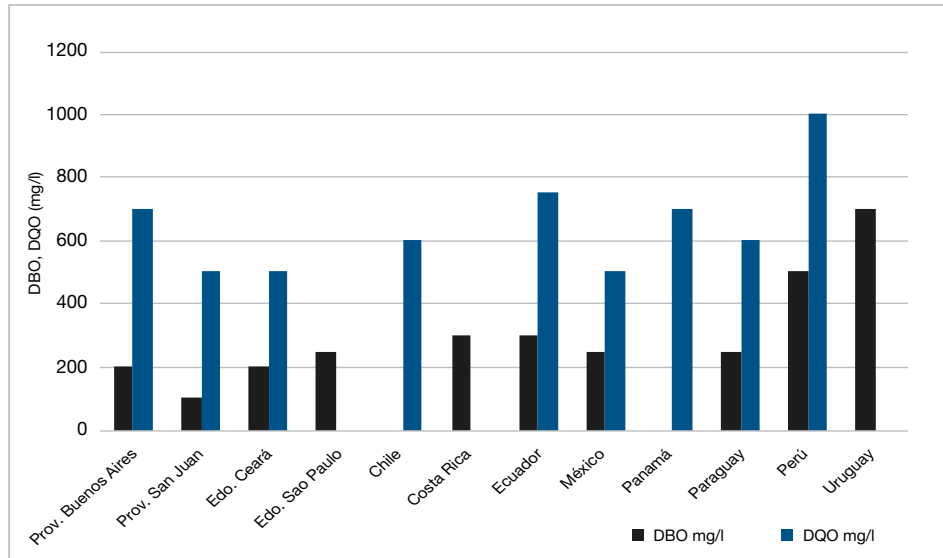
La materia orgánica biodegradable, medida como DBO_5 , está regulada en Argentina (ambas provincias), Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, Paraguay y Uruguay, en un intervalo de 30 a 700 mg/l (Uruguay). México presenta los valores más estrictos, y están asociados a la clasificación del cuerpo receptor ligado a la descarga final de la red de alcantarillado (con o sin PTAR), además de considerar valores promedio diarios y mensuales, en función de lo especificado en la NOM-001-SEMARNAT-1996, por lo que no se muestra en el siguiente gráfico.

La materia químicamente oxidable, medida como DQO, que sería el parámetro que respondería a la contaminación orgánica para aguas residuales no domésticas, está reglamentada en Argentina (ambas provincias), el Estado de Ceará (Brasil), Costa Rica, Ecuador, Panamá, Paraguay y Perú. Los valores de este parámetro van de 500 a 1.500 mg/l.

Es interesante resaltar que Panamá establece una relación DQO/DBO_5 que debe presentar valores de 1,5 a 2,5.

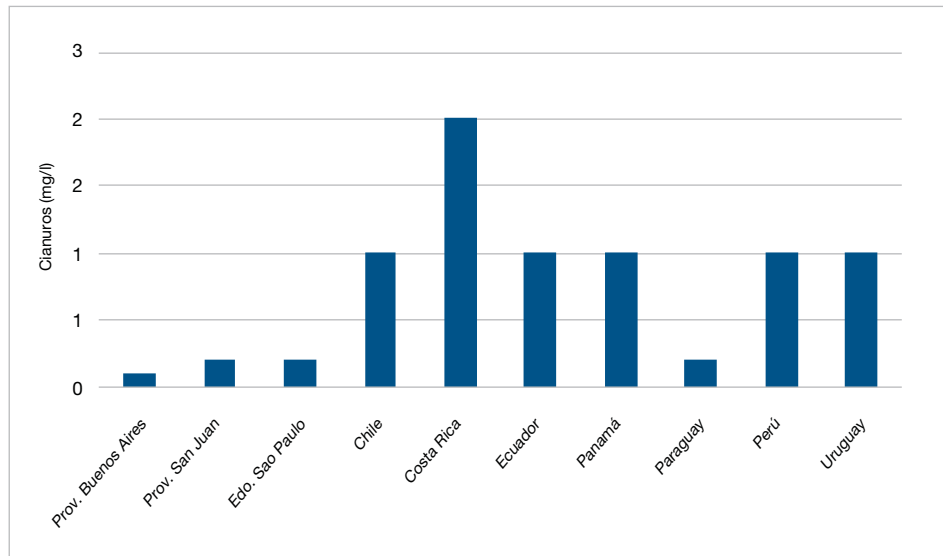
La materia químicamente oxidable, medida como DQO, que sería el parámetro que respondería a la contaminación orgánica para aguas residuales no domésticas

Gráfico 3. LMP para contaminación orgánica



Los cianuros presentan valores máximos de 0,1 a 2 mg/l. Los valores más estrictos se presentan en Argentina (0,1 mg/l); Brasil, Chile y Paraguay (0,2 mg/l). Los valores más altos se observan en Costa Rica y México, tal y como se muestra a continuación:

Gráfico 4. LMP para cianuro



En cuanto a los derivados del azufre, adicionalmente a la necesidad del control de malos olores que los mismos generan, se controlan por su potencial corrosivo cuando el

sulfuro se oxida a ácido sulfúrico, atacando a las tuberías de hierro fundido, por ejemplo. También pueden ser nocivo para las bacterias nitrificantes, en caso de que exista un tratamiento de estas características. En este caso particular, los sulfuros y sulfatos son regulados en todos los países, con excepción de Bolivia, Colombia y México. En el caso de los sulfuros en un intervalo de 1 a 25 mg/l (Costa Rica, que regula sulfatos). Los sulfatos también están regulados en ocho países (con excepción nuevamente de Bolivia, Colombia, México y Uruguay).

Otros parámetros recurrentes en las normas de los países (con excepción de Bolivia) y característicos de las aguas residuales no domésticas son los metales pesados, en específico: arsénico, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc.

- Los límites máximos aceptables para el arsénico van de 0,05mg/l (Chile) hasta 1,5 mg/l (Ceará, Brasil).
- El cromo se regula en al menos una de sus formas: cromo total, cromo hexavalente (CrVI) o cromo trivalente (CrIII). El CrVI es la forma química más tóxica del metal cromo y se produce principalmente por procesos industriales: galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos y colorantes, revestimientos de superficies, curtido de cuero. El CrVI está normado en Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, México, Paraguay y Perú, en un rango de 0.05 mg/l (Chile) a 10 mg/l (Buenos Aires, Argentina). El cromo total se regula en Argentina, Brasil (Sao Paulo), Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay; en un intervalo de 0.1 a 10 mg/l. El CrIII se norma únicamente en la Provincia de San Juan, Argentina (1 mg/l).
- El mercurio está normado en un intervalo de 0,001 (Chile) a 1,5 mg/l (Sao Paulo, Brasil). En Colombia, además, el mercurio orgánico no debe ser detectable. En Ecuador, tampoco debe ser detectable el metilmercurio.
- Para el níquel, el intervalo de valores para la descarga en los once países es de 0,1 (Chile) a 8 mg/l (México, valor instantáneo).
- En cuanto al plomo, este metal está normado en los once países (a 0,2 mg/l, en Chile; a 2 mg/l en México, valor instantáneo).
- El zinc no está normado en Colombia y Bolivia. En el resto de los países, su valor límite de descarga a redes de alcantarillado es de 0,3 (Uruguay) a 12 mg/l (México).

Recomendaciones particulares sobre la norma para descargas a alcantarillado

Resulta un asunto clave que los instrumentos normativos para descargas a alcantarillado tomen como base las características industriales, especialmente a nivel local, considerando que en la mayoría de los países de la región la prestación del servicio es descentralizada y que el sistema de alcantarillado y tratamiento es usualmente atendido a este nivel. Si bien esta singularidad agrega dificultad a la tarea de realizar recomendaciones generales para este tipo de normativa, se debe tener en cuenta lo siguiente.

Resulta un asunto clave que los instrumentos normativos para descargas a alcantarillado tomen como base las características industriales, especialmente a nivel local

- **Adecuación a la composición industrial.** Conocer la composición industrial y comercial es necesario para que la normativa refleje la realidad de los riesgos que pueden afectar a la infraestructura de saneamiento que recibe sus afluentes. Países como Perú y Costa Rica recopilan las industrias establecidas en sus países y los requisitos que han de cumplir para el vertido a alcantarillado.
- **Inclusión de vertidos de carácter doméstico con alta concentración.** La mayoría de los instrumentos normativos analizados tienen como objetivo controlar las descargas comerciales e industriales, pero también existe la problemática de las aguas residuales provenientes de limpieza de fosas o tanques sépticos, limpieza de drenaje o de pequeñas instalaciones de depuración, a través de camiones cisterna. Este tipo de vertidos también es común y debe estar reglamentado y vigilado, evitando que sea vertido directamente a un cuerpo receptor de manera clandestina, como ocurre comúnmente.
- **Consideración en función del caudal o carga contaminante.** En este caso resulta necesario encontrar un balance que permita evitar el impacto de este tipo de descargas en la infraestructura de saneamiento, y proteger así los cuerpos de agua, pero sin perjudicar al desarrollo industrial, y sobre todo a aquellas industrias que por su tamaño no pueden llevar a cabo procesos de depuración propios. En este caso, se pueden plantear distintas escalas para el cumplimiento de la normativa. La normativa chilena, por ejemplo, establece las características contaminantes a partir de las cuales una industria debe cumplir con la misma.
- **Capacidad de inspección y vigilancia.** En este caso la responsabilidad recae sobre el prestador del servicio de agua y saneamiento, por lo que es clave entender las capacidades instaladas que tienen para llevar a cabo una inspección y vigilancia adecuada, asegurando el cumplimiento de la misma y evitando así las consecuencias perjudiciales que supone una normativa que no puede hacerse cumplir. También se recomienda disponer de un régimen de sanciones en casos de incumplimiento.

Análisis

Normativa para la reutilización de las aguas tratadas



Particularidades de los instrumentos normativos

Usos habilitados en las normativas analizadas
y exigencias

Recomendaciones particulares sobre la norma
de reutilización de aguas residuales tratadas



Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

La reutilización de agua residual tratada en América Latina y el Caribe es todavía incipiente y está supeditada a la recolección de las aguas residuales y su adecuado tratamiento. Las principales barreras que se identifican para promover la reutilización de aguas residuales son múltiples: de tipo normativo, financiero, de gobernanza interinstitucional y multinivel y técnico (tecnologías necesarias y calidad requerida, ubicación de la fuente y del usuario, así como la temporalidad del uso); en muchos casos, además, exige un seguimiento y control considerablemente mayor que cuando se descargan las aguas residuales a un cuerpo receptor.

A pesar de esto, es indispensable reconocer que la reutilización indirecta se da de facto: sean tratadas o crudas, las aguas residuales generalmente son vertidas a un cuerpo de agua (cuerpo receptor) que en algún momento será utilizado aguas abajo para otro uso, por lo general, irrigación de cualquier tipo de cultivo. En este contexto, el cuerpo receptor y el tiempo de transporte del agua hacia donde será utilizada proveerán una autodepuración natural, que no siempre cumplirá con los estándares requeridos para su aprovechamiento. A falta de disponibilidad, el recurso podrá ser utilizado en las condiciones en las que se presente, conllevando problemas de salud pública por parte de los agricultores y detrimento de la calidad del suelo y de los cultivos.

Por otra parte, la falta de garantías de la calidad y continuidad del efluente tratado genera reticencia en sectores agrícolas para utilizar este insumo: la variabilidad de la calidad podría generar cambios en el producto final (en la industria vitivinícola, por ejemplo) y eso impide que la reutilización se realice de forma generalizada en zonas de baja disponibilidad.

No obstante, en la región se presentan también casos interesantes de aprovechamiento de aguas recuperadas en el sector industrial. En Sao Paulo, el proyecto Aquapolo es una iniciativa que garantiza la viabilidad de la planta de tratamiento cuyo efluente está comprometido por 41 años y libera un volumen de 31,6 hm³ al año de agua de primer uso, con lo que contribuye a aliviar el estrés hídrico de la zona. En México, se reutiliza agua residual tratada para torres de enfriamiento en termoeléctricas y carboeléctricas (central eléctrica Villa Reyes, San Luis Potosí; Central Termoeléctrica José López Portillo y Central Termoeléctrica Carbón II; Coahuila; Hidroeléctrica Valentín Gómez Farías, Jalisco).

El aprovechamiento del agua recuperada en ocasiones se obstaculiza también cuando el costo del agua de primer uso es inferior al precio que se establece por el agua recuperada.

Cuadro 4. Reúso de agua tratada de la PTAR Tenorio en San Luis Potosí (México)

CASO PTAR TENORIO (SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO)

En 2006 inició el proyecto “Tanque Tenorio” con el objetivo de generar agua recuperada apta para la industria, riego agrícola y restauración de la cuenca.

La PTAR El Tenorio tiene una capacidad operativa de 1.050 l/s, lo que permite liberar agua de primer uso en una zona que sufre de un estrés hídrico importante. Así, se entregan 250 l/s (21 600 m³/d) reusados en la producción de 420 MW en las Torres de enfriamiento de la Central Termoeléctrica Villa de Reyes (CFE), generando un ahorro de agua potable de 8 Millones de m³ anuales.

Asimismo, se entregan 700 l/s a los agricultores en el Tanque Tenorio (60 480 m³/d) para riego de maíz forrajero, cebada y alfalfa, principalmente. Posteriormente, en julio de 2015, se firmó el Convenio para dar continuidad al suministro de agua tratada a la planta termoeléctrica. Se acordó un consumo de 100 l/s con costo de 7,50 pesos mexicanos/m³ (0,47 dólares /m³, equivalentes en julio 2015).

Cuadro 5. Proyecto Aquapolo para recuperación de agua para industrial en Sao Paulo (Brasil)

CASO PROYECTO AQUAPOLO (SAO PAULO, BRASIL)

En diciembre de 2012 se inauguró el proyecto Aquapolo, que consiste de una planta de recuperación de agua para la industria, que abastece al complejo petroquímico de Mauá.

El agua a tratar proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales ABC, ubicada en Caetano do Sul. El proceso de Aquapolo consiste en biorreactores de membrana con secuencia anóxica -aerobia y separación por ultrafiltración. Una fracción del agua, aproximadamente 200 l/s se trata mediante ósmosis inversa.

El agua recuperada tiene que satisfacer los siguientes límites permisibles: DQO 25 mg/L, NH₃ 1 mg/l, fósforo 0.5 mg/l, SST 2 mg/L, turbiedad 1 UTN y conductividad 725 µS/cm. Estos son valores congruentes con la normatividad local para aguas recuperadas, y de esta forma libera 31,6 hm³ de agua de primer uso al año (Ronconi et. al. 2013, Braskem USA, 2020).

A nivel regional, se cuenta con una normativa para la reutilización del agua residual tratada, que en muchos casos tiene una base más bien restrictiva, en vez de fomentar el reúso, que resultaría prioritario en aquellas zonas donde existe estrés hídrico. En la siguiente tabla se presentan los instrumentos normativos del reúso del agua residual tratada en cada país.

Tabla 17. Instrumentos normativos que regulan la reutilización de las aguas residuales tratadas

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO
Argentina	A nivel federal	No cuenta con instrumento normativo a nivel federal.
	Prov. Buenos Aires	No cuenta con instrumento normativo a nivel provincial.
	Prov. San Juan	No cuenta con instrumento normativo a nivel provincial.
Bolivia		No cuenta con norma nacional específica, pero se contempla en la Ley del Medio Ambiente N°1333/1992 – Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.
Brasil	A nivel federal	Resolución 54 (28 de noviembre, 2005), Consejo Nacional de Recursos Hídricos.
	Edo. Sao Paulo	Resolución Conjunta 01 de las Secretarías de Salud, Medio Ambiente y de Saneamiento y Recursos Hídricos (28 junio, 2017).
	Edo. Ceará	No cuenta con norma estadual específica, pero se contempla a través de la Resolución COE-MA N° 2/2017, que dispone sobre los patrones y condiciones para la descarga de efluentes líquidos generados por fuentes contaminantes.
Chile		Ley 21.075, que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Ministerio de Obras Públicas (1 febrero, 2018). Proyecto de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la reutilización de Aguas Grises (1) .
Colombia		Resolución 1207. Disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (25 julio, 2014).
Costa Rica		Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S - Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales.
Ecuador		No cuenta con norma nacional específica, pero se contempla en el Código Orgánico del Ambiente (COA) - Acuerdo Ministerial 97-A, de 2015 - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.
México		Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales. NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación (21 de septiembre, 1998). NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada (18 de agosto, 2009).
Panamá		Reglamento técnico DGNTI-COPANIT 24-99. Reutilización de las aguas residuales tratadas. Dirección General de Normas y Tecnologías Industrial (DGNTI) (13 de marzo, 2000).
Paraguay		No cuenta con instrumento normativo a nivel nacional.
Perú		No cuenta con norma nacional. Se utilizan las Guías para el Uso Seguro de las Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises (OMS, 2006).
Uruguay		No cuenta con instrumento normativo a nivel nacional. Se utiliza como referencia el Decreto 253/79 (31 mayo, 1979).

(1) A la fecha no se encuentra aprobado/vigente.

Figura 3. Mapa regional de estrés hídrico (Aqueduct WRI 2020)

Ningún país prohíbe la reutilización de las aguas tratadas, únicamente en lo referido a agua para consumo humano. No obstante, tal y como se observa en la tabla anterior, Argentina, Bolivia, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay no cuentan con un instrumento específico que regule la reutilización de las aguas residuales tratadas. Pero es interesante comparar el mapa de estrés hídrico de la región, que nos sitúa en qué países es prioritario fomentar el reúso de agua tratada, aumentando la capacidad de adaptación frente al cambio climático, y especialmente en aquellas zonas que presentan escenarios de sequías prolongadas. La Figura 3 muestra cómo las principales zonas con estrés hídrico en la región son México, en la mayor parte del país, parte de la costa caribeña de Venezuela y Colombia (La Guajira), la zona este de Brasil y la cordillera andina, afectando

a Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Estos son, con excepción de México y Chile, los países que no cuentan con una normativa específica.

Pese a dicha ausencia normativa, se observa que existen casos de reúso de agua tratada en dichos países, lo que demuestra la necesidad imperiosa de fomentar el reúso del agua, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 18. Uso directo de aguas residuales tratadas en agricultura (FAO, 2017)²⁷

PAÍS	VOLUMEN USADO (km ³)	AÑO	SUPERFICIE IRRIGADA (HA)	AÑO
Argentina	N.D.	-	> 20.000	2004
Bolivia	N.D.	-	3.138	2011
Brasil	0,008	2001	N.D.	-
Chile	0,013	2014	N.D.	-
México	0,401	2010	70.000	2008
Perú	0,246	2015	13.200	2015

Existe un enorme potencial para el reúso de las aguas residuales en Latinoamérica, sobre todo si se observa también la matriz de uso del agua en la región.

Tabla 19. Usos del agua según sectores en los países analizados (Informes país AQUASTAT)²⁸

PAÍS	AÑO DE REVISIÓN	EXTRACCIÓN HÍDRICA TOTAL (km ³)	USO DEL AGUA		
			Sector agrícola	Sector municipal	Sector industrial
Argentina	2011	37,8	74%	15%	11%
Bolivia	2008	2,0	92%	6%	2%
Brasil	2010	74,8	60%	23%	17%
Chile	2006	35,4	83%	4%	13%

²⁷ Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe. Estado, principios y necesidades. FAO, 2017.

²⁸ <https://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles>

Colombia	2008	11,8	54%	27%	19%
Costa Rica	2013	2,4	57%	32%	11%
Ecuador	2005	9,9	81%	13%	6%
México	2011	80,3	77%	14%	9%
Panamá	2010	1,0	43%	56%	1%
Paraguay	2012	2,4	79%	15%	6%
Perú	2008	13,7	89%	9%	2%
Uruguay	2000	3,7	87%	11%	2%

Pese a la antigüedad de los datos, la información presentada permite establecer un orden de magnitud aproximado sobre el uso del agua en la región, que se situaría en un 75% para uso agrícola, 15% para uso municipal (incluyendo doméstico) y 10% para uso industrial, lo que expone que son los sectores productivos los que utilizan mayoritariamente el recurso hídrico, y es allí donde se permite y se encuentra el mayor potencial de reúso.

Particularidades de los instrumentos normativos

De acuerdo a la realidad de cada país y al enfoque con el que aborda la reutilización de los productos del tratamiento, se observan diversas particularidades en sus instrumentos normativos, tal y como se expone a continuación:

Distinción en función del origen de las aguas residuales

En este caso, Chile y Costa Rica distinguen el origen de las aguas residuales para regular su uso, pero establecen dos enfoques diferentes:

- Chile, en su Proyecto de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la reutilización de Aguas Grises, sólo habilita el uso de aguas grises, entendiendo que son las aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras, y restringe su uso, prohibiéndolo para:
 - Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.

- Procesos productivos de la industria alimenticia.
- Uso en establecimientos de salud en general.
- Cultivo acuícola de moluscos filtradores.
- Uso en piletas, piscinas y balnearios.
- Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- Uso en fuentes o piletas ornamentales en las que exista riesgo de contacto del agua con las personas.
- Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.
- En el caso de Costa Rica, se distingue entre aguas residuales ordinarias²⁹ y las aguas residuales especiales³⁰, y así se establecen los parámetros de control y sus LMP en función de los usos regulados. Así es que en el caso de que el reúso se haga con aguas residuales ordinarias tratadas, se controlan los parámetros de caudal y contaminación microbiológica, como problemática única que presentarían este tipo de aguas residuales; y para las aguas residuales especiales, se reconocen las características de cada industria generadora y, sobre la base de esto, se establecen los parámetros de control (DBO₅, DQO, pH, Aceites y Grasas, Sólidos sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura, Coliformes Fecales, Nematodos intestinales y otros parámetros que puedan aplicar por industria) y sus LMP, en función de un factor multiplicador aplicado a cada uso y a los LMP establecidos para vertidos a cuerpo receptor.

Tanto para Costa Rica como para Chile, el enfoque otorgado a la norma implica que la infraestructura se encuentre diferenciada en función del origen de las aguas residuales, las domésticas de las industriales en Costa Rica y las aguas grises de las negras en Chile, lo que en la realidad puede suponer una barrera para la reutilización de las aguas tratadas si la infraestructura de recolección no responde a esta diferenciación.

Procesos de tratamiento recomendados

Panamá distingue 8 tipos de usos y 14 actividades contempladas en los mismos, en función de los cuales se establecen los parámetros de control y sus LMP, y se recomienda el proceso de tratamiento adecuado.

²⁹ Agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.

³⁰ Agua residual de tipo diferente al ordinario

Tabla 20. Usos y actividades reconocidos y tipos de tratamiento recomendados en el Reglamento técnico DGNTI-CO-PANIT 24-99

USOS	TIPOS DE ACTIVIDADES	TRATAMIENTO SUGERIDO
Agua para el consumo de animales	Agua para el consumo de animales	-
Riego	Riego superficial o de aspersión para cultivos de comestibles no procesados comercialmente sin contacto directo con las aguas recuperadas	Tratamiento secundario; filtración; desinfección
	Riego superficial o de aspersión para cultivos de comestibles no procesados comercialmente, cuando la parte comestible no tiene contacto con la tierra o las aguas recuperadas	Tratamiento secundario; desinfección
	Riego superficial o de aspersión para cultivos comestibles procesados comercialmente, riego de huertos, irrigación superficial o de aspersión en cultivos no comestibles	Tratamiento secundario; desinfección
	Riego superficial de forrajeras, y cultivos no comestibles	Tratamiento primario y avanzado con la adición de químicos; desinfección
Recreación y estética	Recreación y estética sin contacto directo	Tratamiento secundario; filtración; desinfección
Vida acuática y acuicultura	Para el cultivo de comida y peces ornamentales, camarones y mariscos	Tratamiento secundario; filtración; desinfección
	Para el cultivo de plantas acuáticas, como lechuga marina, jacinto, etc.	Tratamiento secundario; desinfección
Uso urbano	Incluye riego de cementerios, áreas verdes en caminos públicos, viveros, fabricación de concreto, limpieza de vías públicas y banquetas y áreas de trabajo al aire libre, tales como lavado de autos y otros	Tratamiento secundario; desinfección
Restauración de hábitat	Restauración de hábitat	Mismos que para riego o para acuicultura

Reconocimiento de los usos a través de la normativa de descargas a cuerpo receptor

México establece una normativa específica de reutilización para uso urbano (NOM-003-SEMARNAT-1997), o para recarga de acuíferos (NOM-014-CONAGUA-2003), dada sus particularidades. Sin embargo, el resto de usos son permitidos a través de la normativa que regula los vertidos a cuerpos receptores (NOM-003-SEMARNAT-1997), ya que, como se expuso anteriormente, esta regula los vertidos distinguiendo entre los tipos de cuerpos receptores y los usos que se den a los mismos, entendiendo así la

reutilización de las aguas tratadas como parte de la oferta hídrica y elevando de alguna manera el rango de la misma, en comparación con el resto de la región.

De esta manera, México distingue el tipo de riego, adicionando el parámetro de contaminación por parásitos en función de:

- Riego no restringido, como la utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.
- Riego restringido, como la utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

Usos habilitados en las normativas analizadas y exigencias

Se observan las estrategias diferenciadas para la definición de los usos y exigencias:

- El Estado de Sao Paulo establece dos tipos de aguas tratadas y los valores máximos permitidos de los parámetros de control y, en función de estos tipos, se exponen los usos permitidos.
- Chile, Colombia, Costa Rica y Panamá establecen los valores máximos permitidos de los parámetros de control en función de los usos permitidos en su norma.
- El caso de México presenta un caso intermedio, establece dos tipos de aguas tratadas y los valores máximos permitidos de los parámetros de control y, en función de estos tipos, se exponen los usos permitidos, para uso urbano. En cambio, para otros usos, se plantean los LMP y parámetros en función de las necesidades del uso (agrícola, industrial, etcétera).

En la tabla que se muestra a continuación se presentan los grandes sectores usuarios del agua tratada, así como los usos típicos dentro de los mismos que las normas, de manera general, reconocen:

Tabla 21. Usos del agua tratada reconocidos en las normativas analizadas

USOS	EDO. SAO PAULO	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	MÉXICO	PANAMÁ
Agrícola	No regulado (i)	No permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido
Cultivos no alimenticios para humanos			X	X	X	X
Cultivos forestales		X	X	X	X	X
Cultivos alimenticios no procesados previo a su venta				X	X	X
Cultivos alimenticios procesados previo a su venta			X	X	X	X
Acuicultura					X	X
Recreativo y estética	No regulado	No permitido	No regulado	Permitido	Permitido	Permitido
Cuerpos de agua artificiales (pesca, navegación, etc)				X	X	
Recreación sin contacto directo					X	X
Ornamento					X	X
Industrial	Permitido	Permitido (iii)	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido
Construcción civil	X			X		X
Intercambio de calor en torres de enfriamiento			X			X
Minería						X
Urbanos	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido
Irrigación paisajística/ ornamental	X	X		X		X
Riego de áreas verdes		X	X	X	X	X
Lavado de lugares públicos y otros espacios	X		X			X

USOS	EDO. SAO PAULO	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	MÉXICO	PANAMÁ
Lavado de vehículos	X			X	X	X
Contra incendios	X ⁽ⁱ⁾		X	X	X ^(iv)	X
Recarga de inodoros		X	X	X		
Recarga de acuíferos	No regulado	No regulado	No regulado	No regulado	Permitido (v)	Permitido

(i) El uso agrícola no se encuentra regulado, pero el Decreto N° 8468/76 clasifica los cuerpos de agua y sus objetivos de calidad en función de sus usos, por lo que indirectamente, deberán cumplir estos objetivos para la Clase 2, 3 y 4 de dicha norma. (ii) Solo permitido para Clase A. (iii) Uso permitido a excepción de los destinados a la fabricación de productos alimenticios, el uso en torres de refrigeración y en condensadores evaporativos. (iv) Solo permitido en el caso de que el contacto sea indirecto u ocasional. (v) Regulado a través de la NOM-014-CONAGUA-2003.

Al igual que se observa heterogeneidad en los usos permitidos regulados, puede apreciarse en los parámetros de control y sus LMP.

Uso agrícola

A continuación, se presentan los LMP en función de los distintos usos que comprende la reutilización agrícola, para aquellos países que tienen regulado el uso. A efectos de mostrar los LMP, se establece la siguiente clasificación con el fin de homogeneizar los distintos usos agrícolas reconocidos en los instrumentos normativos:

- **Clase A:** Cultivos no alimenticios para humanos.
- **Clase B:** Cultivos forestales.
- **Clase C:** Cultivos alimenticios no procesados previo a su venta.
- **Clase D:** Cultivos alimenticios procesados previo a su venta.
- **Clase E:** Acuicultura.

En el caso de Colombia, no distinguen entre tipos de usos agrícolas a la hora de establecer los LMP de los parámetros de control, pero la norma no habilita el uso agrícola para cultivos alimenticios no procesados previos a su venta.

Tabla 22. Parámetros básicos de control y sus LMP de los distintos para reutilización en el sector agrícola

PAÍS Y/O REGIÓN		COLOMBIA	COSTA RICA ⁽ⁱⁱ⁾					MÉXICO					PANAMÁ					
Usos		Uso agrícola	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
Parámetros			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
pH		6 - 9						5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	
Turbidez (UNT)																3	5	
Grasas y Aceites (mg/l)								15	15	15	15	15						
SST (mg/l)								100 ⁽ⁱⁱ⁾	100 ⁽ⁱⁱ⁾	100 ⁽ⁱⁱ⁾	100 ⁽ⁱⁱ⁾	100 ⁽ⁱⁱ⁾	50	50	40	5-40 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	30	
Conductividad		1.500											3.000	3.000	3.000	3.000		
DBO5 (mg/l)								150 ⁽ⁱⁱ⁾	150 ⁽ⁱⁱ⁾	150 ⁽ⁱⁱ⁾	150 ⁽ⁱⁱ⁾	150 ⁽ⁱⁱ⁾	60	60	40	20-40 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	20-30 ^(iv)	
DQO (mg/l)																		
Bacterias (UFC-NMP/100 ml)	Coliformes fecales		N.A.	10.000	10.000	1.000	No regulado	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	500	200-500 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	200-500 ^(iv)	
	Coliformes termotolerantes	100.000																
	E. Coli																	
	Salmonella	1																
	Enterococos fecales	100																
Parásitos (ud/l)	Huevos de helminto	1						5	5	5	1							
	Huevos viable de Ascaris																	
	Nematodos		1	1	1	1												
Protozoos (ud/l)	Giardia	1																
Cloro residual (mg/l)		<1												1<X<2	1<X<2	1<X<2	>1	0,5 <X< 1

(i) Para aguas ordinarias. (ii) Cuando el cuerpo receptor es río y el reúso es indirecto. (iii) Rango en función de si la parte comestible tiene contacto directo o no con el agua tratada. (iv) Rango en función del tipo de cultivo, comida y peces o plantas acuáticas.

Para el caso de Costa Rica, a los efectos de este análisis, se incluyeron los parámetros regulados para aguas ordinarias, pero en el caso de que las aguas residuales tratadas sean de origen especial (no domésticas) también regula DBO5, DQO, pH, Aceites y Grasas, Sólidos sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura, Coliformes Fecales, Nematodos intestinales y parámetros adicionales, en función de la actividad que genere el agua residual.

Se observa heterogeneidad, tanto en los parámetros a controlar, como en sus valores máximos. Aunque para un uso agrícola sí es constante la necesidad de regular la contaminación microbiológica, sobre todo de bacterias fecales y parásitos, que es el tipo de contaminación que genera mayor riesgo para la salud.

Otros parámetros que son regulados para este uso y que representan también un riesgo alto para la salud son los metales pesados, tal y como se muestra en la siguiente tabla. Se observa que la normativa colombiana y panameña presentan, en su mayor parte, los mismos parámetros y valores máximos, y que la normativa mexicana es más laxa que las anteriores.

Tabla 23. Parámetros de control para metales pesados y sus LMP de los distintos para reutilización en el sector agrícola

PARÁMETROS (mg/l)	COLOMBIA	MÉXICO	PANAMÁ
Aluminio	5	N.R.(1)	5
Arsénico	0,1	0,2	0,1
Bario	N.R.(1)	N.R.(1)	4
Berilio	0,1	N.R.(1)	0,1
Boro	0,4	N.R.(1)	0,75
Cadmio	0,01	0,05	0,01
Cobalto	0,05	N.R.(1)	0,05
Cobre	1	4	0,02
Cromo	0,1	0,5	0,1
Hierro	5	N.R.(1)	5
Litio	2,5	N.R.(1)	2,5
Manganeso	0,2	N.R.(1)	0,2
Mercurio	0,002	0,005	0,001

Molibdeno	0,07	N.R.(1)	0,01
Níquel	0,2	2	0,2
Plomo	5	5	5
Selenio	0,02	N.R.(1)	0,02
Sodio	200	N.R.(1)	35
Vanadio	0,1	N.R.(1)	0,1
Zinc	3	10	2

(1) N.R.: No regulado

Estos son los parámetros básicos regulados en la norma, incluyendo los casos en los que se indica que no existen actualmente parámetros de control. Adicionalmente, Colombia y Panamá también regulan nutrientes:

- Colombia regula los nitratos para uso agrícola con un LMP de 5 mg/l, por su potencial para las aguas subterráneas, y el riesgo que supone para la salud si estas son utilizadas para captación de agua potable.
- Panamá regula nitritos y nitrógeno amoniacal para el caso de reúso en acuicultura, por su efecto nocivo en peces, con LMP de 0,06 mg/l y 1,37 mg/l, respectivamente.

Uso urbano

Para el caso de la reutilización para uso urbano, el enfoque que dan los instrumentos está fundamentado en el riesgo que supone la exposición al público

El uso urbano es otro gran usuario del agua residual tratada, ya que en la mayoría de los casos resuelve la problemática de la ubicación, situándose el usuario a una distancia cercana de la PTAR que genera las aguas residuales tratadas a ser utilizadas. En estos casos, en el Estado de Sao Paulo y México cuentan con un instrumento normativo específico, dadas sus particularidades.

Para el caso de la reutilización para uso urbano, el enfoque que dan los instrumentos está fundamentado en el riesgo que supone la exposición al público, y que se observa claramente en las normas paulistas y mexicanas, y así se plantean los siguientes usos para esta clasificación.

Tabla 24. Usos reconocidos para la reutilización urbana en los instrumentos normativos

USOS EN EL SECTOR URBANO	EDO. SAO PAULO		CHILE (1)			COLOMBIA		COSTA RICA	MÉXICO		PANAMÁ
	CLASE A Reúso no restrictivo	CLASE B Reúso restrictivo	Uso Urbanos	Riego de áreas recreativas y de servicios	Riego ornamental	Riego de áreas verdes	Uso industrial -urbano	Reúso urbano	Servicios al público con contacto directo	Servicios al público sin contacto directo	Reúso urbano
IRRIGACIÓN											
Irrigación ornamental	x	x				x		x	x		x
Riego de áreas verdes con libre acceso al público	x	x	x ⁽²⁾	x		x		x	x		x
Riego de áreas verdes sin acceso al público	x	x			x	x		x		x	x
LAVADO											
Lavado de vías y espacios públicos	x	x					x	x ⁽³⁾		x	x
Lavado de vehículos	x	x						x	x		x
INFRAESTRUCTURA URBANA											
Contraincendios	x						x	x		x	
Fuentes de ornato									x	x	
INFRAESTRUCTURA DOMÉSTICA											
Recarga de inodoros			x				x	x			
OTROS											
Desobstrucción de galerías de agua pluvial y red de alcantarillado	x	x									

(1) Proyecto de Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas para la reutilización de Aguas Grises. (2) Tiene acceso al público, pero es a nivel privado. (3) Categoriza en otros usos con similar acceso o exposición al agua.

Como se ha mencionado, la importancia del reúso urbano se plantea desde el riesgo que para la salud supone la exposición a las aguas tratadas, por lo que a continuación se exponen los LMP planteados en los instrumentos normativos junto con lo recomendado en la Guía para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Aguas Grises y Excreta de la OMS³¹, para contaminación fecal.

Tabla 25. LMP para contaminación fecal para el reúso urbano en irrigación de áreas verdes

USO	OMS	SAO PAULO	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	MÉXICO	PANAMÁ
Riego de áreas verdes con libre acceso al público/con contacto directo	1.000	200	200 (1)	10.000	1.000	240	200
Riego de áreas verdes sin acceso al público/sin contacto directo	N.A.	200	1.000	10.000	10.000	1.000	200

(1) Si el riego es subsuperficial el LMP asciende a 1.000.

Se aprecia que la mayoría de los instrumentos normativos, en lo referente a contaminación fecal, son más restrictivos que lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Uso industrial

En el caso de la reutilización del agua para uso industrial, que representa el tercer gran usuario del agua residual tratada, tiene la complejidad añadida de las particularidades y necesidades de cada industria. Así, Chile o México no regulan parámetros de control, ya que depende directamente de las necesidades de calidad de agua de la industria en específico, tal y como lo expone, por ejemplo, la normativa chilena: “Para la utilización de aguas grises tratadas en procesos industriales, la autoridad sanitaria fijará las condiciones que deberá cumplir el sistema de reutilización, tal que las aguas grises tratadas y su calidad, no pongan en riesgo la salud de los trabajadores”.

En el caso específico del reúso para enfriamiento/refrigeración, considerando su gran potencial y que es uno de los reúsos industriales más recurrentes, tanto Colombia como Panamá lo contemplan en su norma.

³¹ <https://apps.who.int/iris/handle/10665/78265?locale-attribute=es&>

Recomendaciones particulares sobre la norma de reutilización de aguas residuales tratadas

La primera recomendación, prioritaria para aquellos países que se enfrentan a episodios de sequía recurrentes o prolongados, es resaltar la necesidad de contar con un instrumento normativo que regule y promueva la reutilización de las aguas residuales tratadas. Así, se presenta la oportunidad de aprovechar los aprendizajes de aquellos países que cuentan con normativa y que han recorrido un camino en la promoción del reúso de las aguas tratadas, como puede ser el caso del conjunto de la Unión Europea (UE), resumido en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Objetivos y enfoque del Reglamento Europeo sobre los requisitos mínimos para la reutilización del agua (Unión Europea)

REGLAMENTO (UE) 2020/714 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, RELATIVO A LOS REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA³²

El Reglamento Europeo 2020/714 se publicó el 25 de mayo de 2020, aunque su entrada en vigor se dio a partir del 26 de junio de 2020, y su aplicación está planificada para el 26 de junio de 2023.

El mismo establece requisitos mínimos de calidad y control del agua y disposiciones sobre gestión del riesgo, para la utilización segura de las aguas regeneradas en el contexto de una gestión integrada del agua, garantizando que las aguas regeneradas sean seguras para el riego agrícola, y de esta forma asegurar un alto nivel de protección del medio ambiente y de la salud humana y la sanidad animal, promover la economía circular, apoyar la adaptación al cambio climático, y contribuir a los objetivos de la Directiva 2000/60/CE al hacer frente a la escasez de agua y a la consiguiente presión sobre los recursos hídricos de manera coordinada en toda la Unión, contribuyendo así además al funcionamiento eficaz del mercado interior.

Así se plantean:

1. Las obligaciones del operador de la estación regeneradora de aguas y obligaciones en lo que se refiere a la calidad de las aguas regeneradas.
2. Los requisitos para la elaboración de un Plan de Gestión del Riesgo del Agua Recuperada.
3. Obligaciones relativas al permiso de aguas regeneradas.

³² <https://www.boe.es/doue/2020/177/L00032-00055.pdf>

4. Comprobación del cumplimiento.
5. Cooperación entre los Estados por el caso de que la reutilización tenga importancia transfronteriza.
6. Información y concienciación, a través de campañas generales sobre el ahorro de recursos hídricos conseguido gracias a la reutilización del agua.
7. Información al público, sin perjuicio de otras Directivas, los Estados velarán por que el público tenga acceso en línea o por otros medios a información adecuada y actualizada sobre la reutilización del agua.
8. Información relativa al seguimiento de la aplicación, con actualización cada 6 años y anuales del cumplimiento de las condiciones fijadas.
9. Evaluación y revisión, en el que se establece que, a más tardar el 26 de junio de 2028, la Comisión llevará a cabo una evaluación del presente Reglamento.
10. Ejercicio de delegación, procedimiento del Comité y sanciones, a ser ejercidas por los Estados miembros, que serán efectivas, proporcionadas y disuasorias.

Establecer un marco normativo adecuado debe ser el resultado de un diálogo que incluya a todos los actores involucrados en el proceso, de acuerdo a sus competencias y responsabilidades

En concordancia con el cuadro presentado, se debe resaltar la importancia de entender que la reutilización presenta 3 grandes retos:

- **Gobernanza.** El reúso es un proceso complejo que depende de una gobernanza multisectorial y multinivel, y por lo tanto de numerosos actores y autoridades, de acuerdo a la gobernanza necesaria para una GIRH adecuada y sostenible. Por lo que establecer un marco normativo adecuado representa una tarea desafiante, que debe ser el resultado de un diálogo que incluya a todos los actores involucrados en el proceso, de acuerdo a sus competencias y responsabilidades, como lo son las autoridades ambientales, de cuenca, de salud, prestadores de servicio de agua potable y saneamiento, usuarios del recurso (regantes, industria, etcétera), entre otros, tanto a nivel nacional como subnacional.
- **Requerimientos técnicos y financieros.** Las necesidades tecnológicas y la operación cuando existe reúso de los productos del tratamiento son más exigentes en la mayor parte de los casos que cuando no existe, lo que impacta directamente en las necesidades técnicas y financieras de todo aquel que genera las aguas tratadas. Por lo que se debe atender a salvar la barrera que esto supone, promoviendo esquemas para el reparto de costos y responsabilidades adecuados, entre el generador y el usuario del agua tratada.
- **Demanda del recurso.** Es necesario que la normativa busque y esté acompañada de acciones para promover la generación de demanda de los usuarios potenciales, principalmente agrícola e industrial, a la vez que se facilite la burocracia que impliquen estos procedimientos.

En función de estos retos, se enfocan las siguientes recomendaciones:

- **Gobernanza y consenso.** Los instrumentos normativos para el reúso del agua tratada, al igual que para todo aquello que esté dentro del marco de la GIRH, deben ser acordados a través del diálogo y consenso entre todos los actores involucrados. Esto implica la necesidad de mecanismos de cooperación y una institucionalidad que habilite esta gobernanza, entre las autoridades ambientales y de cuenca, de salud y las que regulan a los usuarios potenciales de la misma, autoridades administrativas, empresas prestadoras de servicio, etcétera; con una definición clara de las relaciones entre estos y las responsabilidades de cada uno.
- **Enfoque de promoción.** También resulta de vital importancia, tomando en cuenta la multiplicidad de actores involucrados en el proceso de reutilización, identificar y eliminar las barreras normativas que actualmente limitan la capacidad de fomentar un enfoque de promoción, necesario para aportar una flexibilidad que permita reconocer los diferentes casos que puedan calificar para el reúso de las aguas tratadas, habilitando los usos potenciales que cada país pueda presentar.
- **Enfoque económico-financiero.** Los instrumentos normativos deberían reconocer:
 - La comercialización del agua residual, y que la misma esté en consonancia con los costos de la utilización del agua de primer uso. Asumiendo así que el agua residual forma parte de la oferta hídrica y debe ser incorporada con prioridad, sobre todo en los casos de escenarios de estrés hídrico.
 - Quién debe hacerse cargo de los costos que implique la reutilización del agua, ya que en muchos casos supone llegar a tratamientos terciarios que tienen necesidades de operación más exigentes que para un vertido a cuerpo receptor, lo que impacta de manera sustancial en los costos de la empresa prestadora del servicio o, si son trasladados al usuario, pueden suponer un sobrecosto que no sea capaz de asimilar.
- **Revisión periódica.** Considerando que en América Latina los avances en la reutilización del agua tratada son todavía incipientes, es necesario que los instrumentos normativos establezcan plazos y mecanismos para la evaluación de su cumplimiento y, además, de su incidencia en la promoción para la reutilización del agua recuperada. Y, en función de esto, analizar la pertinencia de una modificación normativa. Esta revisión periódica debe estar sustentada en el conocimiento de cómo está siendo aplicada, de manera que resulte prioritaria la realización de un inventario nacional sobre volúmenes, usos, usuarios, posibles tratamientos y disposición final después del reúso, así como la identificación de los principales usuarios del agua reutilizada actual y potencial.
- **Especificaciones técnicas.**
 - Con base en la caracterización de las aguas residuales típicas, establecer los límites máximos de contaminantes y microorganismos patógenos.
 - Definir las cargas máximas anuales y las cargas máximas de aplicación al suelo de los diferentes parámetros o componentes del agua recuperada, si esta es empleada con fines agrícolas o para riego de áreas verdes.
 - Otros parámetros que pueden fijarse para un buen manejo o aprovechamiento del agua recuperada en la agricultura son: la salinidad, la relación de adsorción de sodio (RAS) y el cálculo de los valores agronómicos para el aprovechamiento de nutrientes, como nitrógeno y fósforo.

Análisis

Normativa para reutilización de lodos y biosólidos



- Estabilización e higienización de lodos
- Clasificación de los lodos y biosólidos
- Usos permitidos y limitaciones
- Recomendaciones particulares sobre la norma para el manejo y disposición de lodos y biosólidos



Análisis regional de los instrumentos normativos sobre vertidos, cuerpos receptores y economía circular

Los lodos residuales son un producto del tratamiento de las aguas residuales que se caracterizan por contener los contaminantes que separados del agua residual por sedimentación, filtración convencional o membranas, especialmente cuando se trata de lodos primarios que no fueron transformados en el tratamiento del agua y por tanto requieren ser sometidos a un tratamiento biológico o fisicoquímico y un manejo adecuado.

Para controlar el destino de estos residuos se han implementado reglamentos y normas para garantizar su disposición final y uso seguro. Los primeros lineamientos o disposiciones para el manejo de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales los propuso la Comunidad Europea, en 1986, con la “Directiva del Consejo relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura (86/CEE)” y la U.S. EPA, con la publicación del 40 CFR Part 503 – Estándares para el uso o disposición del lodo proveniente de alcantarillado (1993).

En América Latina, tomando como base estos lineamientos, se empezó a desarrollar legislación encaminada a la disposición de lodos en rellenos sanitarios o su aplicación en suelo, ya sea como mejorador de suelos o como sustrato para cultivos agrícolas, ornamentales o forestales. Por su alto contenido energético, el lodo residual es una fuente de energía renovable y produce (bajo condiciones de tratamiento anaerobias) metano y vapor, que se pueden utilizar dentro de la misma planta para calentamiento de equipos o cogeneración. De este aprovechamiento como generador de energía, queda un lodo remanente que también requiere de una disposición final adecuada.

Los países en el área de estudio que cuentan con una Norma o Reglamento específicos para el uso de lodos y biosólidos provenientes de plantas de aguas residuales son Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, México, Panamá y Perú.

Además, los lodos residuales pueden tener otros usos o aplicaciones, algunas en desarrollo, que no se controlan con la normatividad actual. Las Normas, Decretos o Resoluciones que regulan la disposición y el uso de lodos en los diferentes países, provincias o estados comprendidos en el área de estudio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 26. Instrumentos normativos para la disposición y uso de lodos y biosólidos en los países en el área de estudio

PAÍS	INSTRUMENTO NORMATIVO
Argentina	Resolución 410 de 2018, Norma Técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales-industriales.
Brasil	Resolución 375 CONAMA de 2006, define los criterios y procedimientos para uso agrícola de lodos de plantas de tratamiento.
Chile	Decreto 4 de 2009, Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.
Colombia	Decreto 1287 de 2014, que establece los criterios para el uso de los biosólidos generados en PTARM.
Costa Rica	Decreto Ejecutivo N° 39316-S. 2015, Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos.

PAÍS	INSTRUMENTO NORMATIVO
México	NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos, Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
Panamá	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000, AGUA: Usos y disposición final de lodos.
Perú	Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA, Reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El objetivo de todas las Normas o Reglamentos es establecer las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con excepción de México, que también incluye los provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal y de las plantas potabilizadoras, con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final, contribuir a proteger la salud humana y el medioambiente.

En la normatividad de cada país aparecen diferentes definiciones para lodos o barros y biosólidos. Para un mejor entendimiento, se presentan a continuación definiciones sencillas y generales de ambos conceptos.

- **Lodos o Barros:** Residuos generados en estaciones de depuración o plantas de tratamiento de aguas residuales.
- **Biosólidos o lodos estabilizados:** Son los lodos sometidos a procesos de estabilización y que, por sus características físicas, químicas y biológicas, pueden ser susceptibles de aprovechamiento.

Estabilización e higienización de lodos

El proceso de estabilización permite acondicionar los lodos, controlando su atracción de vectores. Mientras que la higienización implica la disminución de contenido de patógenos, reduciendo el riesgo tanto al medio ambiente como a la salud, para su aprovechamiento o disposición final.

Los instrumentos normativos de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú definen una serie de criterios para considerar a un lodo como estabilizado, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27. Condiciones para la estabilización de lodos

PAÍS	ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	MÉXICO	PERÚ
Ensayos						
Reducción de sólidos volátiles	38%	38%	38%	38%	38%	SVT/ST = 60%
		Reducción SV < 38% a. Digestión anaeróbica Plazo 40 días Temp. 30°C - 37°C Red SV < 17%	Reducción SV < 38% a. Digestión anaeróbica Plazo 40 días Temp. 30°C - 37°C Red SV < 17%	Reducción SV < 38% a. Digestión anaeróbica Plazo 40 días Temp. 30°C - 37°C Red SV < 17%	Reducción SV < 38% a. Digestión anaeróbica Plazo 40 días Temp. 30°C - 37°C Red SV < 17%	
		Reducción SV < 38% b. Digestión aeróbica Plazo 30 días Temp. 20°C Red SV < 15%	Reducción SV < 38% b. Digestión aeróbica Plazo 30 días Temp. 20°C Red SV < 15%	Reducción SV < 38% b. Digestión aeróbica Plazo 30 días Temp. 20°C Red SV < 15%	Reducción SV < 38% b. Digestión aeróbica Plazo 30 días Temp. 20°C Red SV < 15%	
					Reducción SV < 38% b. Digestión aeróbica Aireación prolongada con tiempo mínimo de residencia > 20 días	
Tasa máxima específica	1,5 mg O2/h/g ST	1,5 mg O2/h/g ST (iii)	1,5 mg O2/h/g ST (iii)	1,5 mg O2/h/g ST (iii)	1,5 mg O2/h/g ST (iii)	
Procesos						
Procesos aeróbicos con temperaturas mayores a 40°C.		Periodo > 14 d Temp. ^{Med} 45°C	Periodo > 14 d Temp. ^{Med} 45°C	Periodo > 14 d Temp. ^{Med} 45°C	Periodo > 14 d Temp. ^{Med} 45°C	
Adición de material alcalino		pH>12 por 2h Después pH>11,5 por 22h	pH>12 por 2h Después pH>11,5 por 22h	pH>12 por 2h Después pH>11,5 por 22h	pH>12 por 2h Después pH>11,5 por 22h	
Reducción de humedad		75% Lodos crudos no provenientes de tratamiento primario 90% Lodos crudos provenientes de tratamiento primario	75% Lodos crudos no provenientes de tratamiento primario 90% Lodos crudos provenientes de tratamiento primario	75% Lodos crudos no provenientes de tratamiento primario 90% Lodos crudos provenientes de tratamiento primario	75% Lodos crudos no provenientes de tratamiento primario 90% Lodos crudos provenientes de tratamiento primario	
Tiempo de residencia mínimo			25 días			
Aplicación						
Inyección al suelo (i)		x		x		
Incorporación al suelo (ii)		x		x	x	

(i) Inyectar los biosólidos por debajo de la superficie del terreno, de tal manera que no se observe encharcamiento sobre la superficie 1h después de la inyección. Si los biosólidos son categoría A con respecto a patógenos, deben ser inyectados dentro de las 8h siguientes al descargue para su aplicación. (ii) Incorporar al suelo los biosólidos dentro de las 6h posteriores a su descarga o aplicación sobre el terreno. La incorporación se consigue arando o mediante algún otro método que mezcle los biosólidos con el suelo. Si los biosólidos son categoría A con respecto a patógenos, el tiempo entre la aplicación y el procesado no debe exceder de las 8h al igual que en el caso de la inyección. (iii) Para procesos aeróbicos a temperatura de 20°C.

En Argentina y Perú, que coincidentemente son las normas más actuales, se plantea un enfoque distinto mediante la propuesta de procesos de tratamiento que asegure el proceso de estabilización y/o higienización de los lodos

Para el caso de Costa Rica, la misma norma establece que los biosólidos son aquellos lodos sometidos a procesos de tratamiento y establece el contenido de materia orgánica, nutrientes y características para ser aprovechados, y para el caso de Panamá, se define la estabilización de lodos como el proceso de adición de un compuesto alcalino a lodos que han sido previamente tratados mediante digestión aeróbica o anaeróbica, con el fin de incrementar su pH y estabilizarlos, pero en ninguno de los casos establecen criterios para asegurar la estabilización.

Como se puede observar Brasil, Chile, Colombia y México plantean las mismas condiciones para la estabilización de lodos, cuya base son las normas sobre lodos y biosólidos de la U.S. EPA, Estándares para el uso o disposición del lodo proveniente de alcantarillado, Subparte D 503.33³³.

En el caso específico de Argentina y Perú, que coincidentemente son las normas más actuales, se plantea un enfoque distinto: no a través de varios criterios de ensayos y procesos, sino mediante la propuesta de procesos de tratamiento que, bajo el supuesto de una correcta operación de los mismos, se asegure el proceso de estabilización y/o higienización de los lodos. Aún así, entre el planteamiento de ambos países se aprecian diferencias sustanciales. Mientras que Argentina plantea los procesos de tratamiento de los lodos en función de su capacidad de reducción de patógenos y mostrando las características principales de cada tratamiento (temperatura, duración, entre otros), Perú expone los procesos de tratamiento de aguas residuales que aseguran un tiempo de residencia de los lodos suficiente para su estabilización, como se detalla a continuación.

Tabla 28. Procesos planteados por la normativa argentina y peruana para la estabilización de lodos

ARGENTINA	PERÚ
<p>Procesos que reducen fuertemente los patógenos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostaje • Digestión anaeróbica termofílica • Digestión aeróbica termofílica • Secado por calor • Tratamiento térmico • Pasteurización • Irradiación con rayos beta • Irradiación con rayos gama 	<p>Proceso de tratamiento de aguas residuales que permitan la permanencia de lodo por varios años (lagunas de estabilización, anaerobias, facultativa, aireadas, etc.)</p> <p>Proceso de tratamiento de aguas residuales con tiempo prolongado de permanencia de lodo en ambiente aerobio (lodos activados de aireación extendida, filtro percolador con recirculación).</p>
<p>Procesos que reducen significativamente los patógenos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostaje • Digestión anaeróbica mesofílica • Digestión aeróbica • Playa de secado • Encalado • Atenuación natural 	<p>Proceso de tratamiento de aguas residuales con tiempo prolongado de permanencia de lodo en ambiente anaerobio (tanques imhoff, RAFA, etc)</p> <p>Procesos de digestión anaerobia y aerobia de lodos (digestor de lodo y compostaje de lodo)</p> <p>Otros procesos, de acuerdo a la Autoridad Sanitaria</p>

³³ <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title40-vol32/xml/CFR-2018-title40-vol32-part503.xml#seqnum503.30>

Los instrumentos de Brasil, Chile, Colombia, México, Panamá y Perú también presentan, a modo de recomendación, y no como parte de la definición de la clasificación, alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.

Clasificación de los lodos y biosólidos

Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y Perú clasifican los biosólidos en Clase A y Clase B; y México tiene, además, una Clase C. Siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos, y el Clase C el que tiene mayor concentración. De acuerdo con la Clase, cada país define los usos y las restricciones respectivas para el aprovechamiento de los biosólidos:

- **Biosólido Clase A.** Es el biosólido de mejor calidad y, por su grado de estabilización, concentración de contaminantes y contenido de microorganismos patógenos, puede ser utilizado sin restricciones sanitarias.
- **Biosólido clase B.** Es un biosólido de calidad inferior que, por su grado de estabilización, concentración de contaminantes y contenido de microorganismos patógenos, puede utilizarse bajo restricciones sanitarias.
- **Biosólido clase C.** Es un biosólido de menor calidad y también se utiliza con restricciones.

En el caso de Costa Rica, y al igual que su normativa para vertido y reúso de aguas residuales tratadas, diferencia los biosólidos en función del origen de la actividad que los genera, distinguiendo en biosólidos ordinarios³⁴ y especiales³⁵, y la clasificación A y B antes mencionada se realiza para los biosólidos ordinarios. Los biosólidos especiales, a excepción de los de origen agropecuario, están regulados bajo el Decreto Ejecutivo N° 27000-MINAE 1998, Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales.

México plantea una clasificación adicional, en función de los LMP de metales pesados, en Excelente y Bueno. Para los biosólidos de Clase A, solo podrán utilizarse aquellos que califiquen como Excelente.

Para el caso de Panamá, se clasifican los biosólidos en Clase I y Clase II, pero en función del tratamiento que se utilice.

³⁴ Son los biosólidos provenientes de lodos sanitarios del tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario y sépticos, generados en los tanques sépticos.

³⁵ Lodos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo especial y provenientes de plantas potabilizadoras, así como del tratamiento de aguas residuales y lodos con productos químicos tales como coagulantes, polímeros y floculantes.

Indicadores para la clasificación de biosólidos

Los indicadores que utilizan los diferentes países para el control de los microorganismos patógenos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 29. Indicadores microbiológicos para la clasificación de biosólidos

PAÍS	ARGENTINA		BRASIL		CHILE		COLOMBIA		COSTA RICA		MÉXICO			PANAMÁ		PERÚ		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	C	A	B	A	B	
Coliformes fecales UFC/g SST							<1000	2X10 ⁶	2000	2X10 ⁶								
Coliformes fecales NMP/g ST	<1000	<2000												<1000	<1000	<2X10 ⁶	<2000	<2000
Coliformes Termotolerantes NMP/ g ST			<1000	<10 ⁶	<100	<2X10 ⁶												
Escherichia Coli NMP/g ST																	<1000	NA
Salmonella sp. NMP/4 g ST	<3		Au-sencia		<3	NA												
Salmonella sp. UFC/25 g ST							Au-sencia	<1000										
Salmonella sp. NMP/10g ST																	<1	NA
Salmonella sp. NMP/g ST													<3	<3	<300			
Huevos helminto Número/g ST			<0.25	<10					1	10	<1 viable	<10	<35					
Huevos Helminto Número/4 g ST					<1	NA	<1	<10									<1	NA
Virus UFP o UFF/g ST			<0.25	NA														
Virus entéricos UFP/4g ST.						<1	NA											

Como se observa, la mayoría de los países regulan tanto bacterias coliformes, como huevos de helminto, y en menor medida virus, a excepción de Argentina y Panamá, que no regulan los anteriores. En el caso de Argentina, el enfoque aplicado es que sea mediante la propuesta de procesos de tratamiento de los lodos y bajo una correcta operación de los mismos, que se asegure su eliminación .

Para la disposición o uso de lodos y biosólidos, todas las Legislaciones fijan LMP para elementos inorgánicos, especialmente metales.

Tabla 30. Metales incluidos en los instrumentos normativos sobre biosólidos

PAÍS	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Argentina	X		X	X	X	X		X	X		X
Brasil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Colombia	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chile	X		X		X	X		X	X	X	X
Costa Rica											
México	X		X	X	X	X		X	X		X
Panamá	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Perú	X		X	X	X	X		X	X	X	X

Se puede observar que las Normas de los diferentes países controlan 8 metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc. De este grupo de metales, Chile y Costa Rica no consideran el Cromo. Brasil, Colombia y Panamá incluyen el Mo; Brasil, Colombia, Chile, Panamá y Perú consideran el Selenio (no metal), y Brasil es el único que incluye el Bario.

En el caso especial de Costa Rica, la disposición de los mismos en suelos es permitida para biosólidos ordinarios y biosólidos especiales provenientes de actividades agropecuarias, razón por la cual no se controlan los metales pesados. Esto de nuevo traslada la duda respecto a la existencia de infraestructura que trate las aguas residuales de manera separada en función del origen de la actividad generadora de aguas residuales, y en especial para las principales ciudades del país, que adicionalmente son las que generan mayor cantidad de aguas residuales y, por lo tanto, mayor cantidad de lodos.

Adicionalmente, la legislación de Argentina, Colombia, Panamá y Perú fijan la tasa anual de aplicación de elementos inorgánicos en kg/ha año. Argentina, Brasil y Colombia también controlan carga máxima de aplicación en kg/ha, con el objetivo de que no se presente acumulación de sustancias tóxicas por la aplicación constante de biosólidos al suelo. Chile fija la tasa de aplicación de biosólidos que cumplan con todos los LMP de compuestos inorgánicos en 90 Ton/ha.

Usos permitidos y limitaciones

Los instrumentos normativos de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Perú especifican los usos permitidos para los lodos y biosólidos Clase A, Clase B y Clase C.

En el caso de Panamá, los usos no están distinguidos en función de la clasificación de lodos y biosólidos. A continuación, se expone un resumen de los usos permitidos y las restricciones que se plantean en las distintas normas:

Tabla 31. Usos permitidos para lodos y biosólidos de Clase A

PAÍS		ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	MÉXICO	PANAMÁ	PERÚ
LMP Patógenos	Coliformes (NMP-UFC/g ST)	1.000	1.000	100	1.000	2.000	1.000	2.000	1.000
	Huevos Helminto (Huevos/4 g ST)		1	1	1	4	4 ⁽⁴⁾		1
Usos	Cultivos hortícolas y frutícolas		X ⁽¹⁾	X	X	X	X	X	X ⁽⁵⁾
	Cultivos forrajeros		X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X
	Silvicultura / Forestación	X	X	X	X	X	X	X	X
	Paisajismo	X			X	X	X		X
	Zonas verdes urbanas						X		X
	Elaboración de abonos o enmiendas	X	X ⁽³⁾		X	X		X	X
	Cierre de relleno sanitario	X							X
	Valorización energética	X			X	X			
	Restauración zonas mineras, escombreras...	X							
	Recuperación de suelos degradados	X		X	X	X	X		X

(1) El cultivo se realizará 48 meses después de aplicado el biosólido. (2) El cultivo se realizará 24 meses después de aplicado el biosólido. (3) Decreto N° 4.954 de 2004, Reglamenta la inspección y fiscalización de producción y comercio de fertilizantes, correctivos, inoculantes o biofertilizantes, remineralizadores y sustratos para plantas destinados a agricultura. (4) Huevos de helminto viables. (5) A excepción de vegetales y frutas rastreras de consumo crudo.

Tabla 32. Usos permitidos para biosólidos de Clase B y C

PAÍS		ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	MÉXICO (B)	MÉXICO (C)	PANAMÁ	PERÚ
LMP Patógenos	Coliformes (NMP-UFC/g ST)	2.000	1x10 ⁶	2x10 ⁶	2x10 ⁶	2x10 ⁶	1.000	2x10 ⁶	2.000	Proceso de tratamiento recomendados
	Huevos Helminto (Huevos/4 g ST)		40		10	40	40	140		
Usos	Cultivos hortícolas y frutícolas ⁽¹⁾		X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X	X ⁽²⁾
	Cultivos forrajeros ⁽¹⁾		X ⁽³⁾	X	X	X	X	X	X	X ⁽³⁾
	Silvicultura / Forestación ⁽¹⁾	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Paisajismo				X	X	X ⁽⁵⁾			
	Zonas verdes urbanas						X ⁽⁵⁾		X	
	Elaboración de abonos o enmiendas	X	X ⁽⁴⁾		X	X			X	X
	Cierre de relleno sanitario	X								X
	Valorización energética	X			X	X				
	Restauración zonas mineras, escombreras...	X								
	Recuperación de suelos degradados	X		X	X	X	X	X	X	X

(1) Restricciones temporales respecto de su aplicación, Tabla 33. (2) Solo cultivo de café y aplicación mecanizada. (3) Solo para fibras y aceites y aplicación mecanizada. (4) Decreto N° 4.954 de 2004, Reglamenta la inspección y fiscalización de producción y comercio de fertilizantes, correctivos, inoculantes o biofertilizantes, remineralizadores y sustratos para plantas destinados a agricultura. (5) Sin contacto público directo durante su aplicación.

Limitaciones en el uso entre biosólidos de Clase A y Clase B y C

En cuanto a la diferencia de los usos permitidos según la clasificación A y B, se plantean dos estrategias diferenciadas.

Limitaciones temporales: Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Costa Rica establecen plazos después de la aplicación del biosólido de Clase B para realizar la actividad de reúso o el acceso al público, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 33. Limitaciones temporales exigidas después de aplicación de biosólidos de Clase B

PAÍS	USO RESTRINGIDO	PLAZO PLANTEADO DESPUÉS DE APLICACIÓN
Argentina	Para silvicultura el acceso a público y animales se debe limitar después de su aplicación por el plazo de:	12 meses
Brasil	Realizar el cultivo de café después de aplicado el biosólido por un plazo de:	48 meses
	Realizar el cultivo para fibras y aceites después de aplicado el biosólido por un plazo de:	24 meses
Chile	Realizar los cultivos hortícolas y frutícolas después de aplicado el biosólido y nunca durante el período de vegetación, por un plazo de:	12 meses
	Para cultivos de forraje podrá procederse al pastoreo o cosecha después de:	30 días
	Para silvicultura, el acceso a público y animales se restringe por:	30 días
Colombia	Realizar los cultivos hortícolas y frutícolas después de aplicado el biosólido y nunca durante el período de vegetación, por un plazo de:	12 meses
	Para cultivos de forraje podrá procederse al pastoreo o cosecha después de:	3 meses
	Para silvicultura, el acceso a público y animales se limita por:	30 días
Costa Rica	En terrenos de uso agrícola, la cosecha comenzará después de:	2 semanas
	Para cultivos de forraje, debe evitarse el pastoreo de ganado después de:	15 días

Limitaciones de uso: Brasil, México y Perú disminuyen los usos habilitados para los biosólidos de Clase B y C con respecto a los biosólidos de Clase A.

Las restricciones y limitaciones, y por lo tanto, el enfoque restrictivo o de promoción con el que se presentan los distintos instrumentos normativos, surgen, entre otros, de dos puntos fundamentales: a) Los acuerdos intersectoriales necesarios para acordar la regulación, entre las autoridades responsables del producto, las autoridades sanitarias y las autoridades sectoriales que actúan como usuarios del mismo; b) las capacidades

institucionales para llevar a cabo el adecuado seguimiento de la disposición y uso de los lodos y biosólidos.

■ Uso en suelos y potencial agronómico

El sector agrícola se presenta como el mayor usuario potencial de lodos y biosólidos, por lo que valorar el potencial agronómico de los mismos es prioritario. Así se hace necesario regular el pH, y conductividad eléctrica/sodio, materia orgánica, los nutrientes, nitrógeno y fósforo. También, en menor medida, el calcio, el potasio y el magnesio, o micronutrientes esenciales para las plantas, como el níquel, zinc o cobre, pero que también son considerados como tóxicos.

Así, los países que incluyen el concepto en su norma definen la tasa agronómica, como la tasa de aplicación de biosólidos a suelos agrícolas diseñada para proveer la cantidad de nutrientes: nitrógeno, fósforo o micronutrientes, requerido por el cultivo o vegetación, evitando generar impactos adversos o negativos y minimizando el potencial de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, respondiendo al déficit estimado de nutrientes en función del uso que se da al suelo en el que se dispondrán los lodos o biosólidos.

El sector agrícola se presenta como el mayor usuario potencial de lodos y biosólidos, por lo que valorar el potencial agronómico de los mismos es prioritario

Chile y Colombia mencionan la tasa agronómica, pero no especifican cómo calcularla, mientras que Argentina (pese a no habilitar el uso agrícola), Brasil y Perú establecen cómo calcular la tasa agronómica sobre el nitrógeno, con enfoques ligeramente distintos. Adicionalmente, Argentina también plantea una tasa agronómica sobre el fósforo, tal y como se expone en la siguiente tabla.

Tabla 34. Tasas de aplicación agrónomica sobre nitrógeno consideradas en las normativas para lodos y biosólidos de Argentina, Brasil y Perú

	ARGENTINA	BRASIL	PERÚ
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> - Si el suelo contiene una concentración menor a 50 mg/kg de fósforo (P-Olsen), la dosis de aplicación se calcula en base al Nitrógeno. - Si el suelo contiene una concentración entre 50 y 100 mg/kg de fósforo (P-Olsen), deberá primero calcularse la limitación de aplicación en función de la concentración de fósforo presente en los biosólidos. - Si el suelo contiene una concentración mayor a 100 mg/kg (P-Olsen) no se deberá aplicar biosólidos. 		
Tasa de aplicación (Ton/Ha en peso seco)	<p>1° aplicación:</p> $T = \frac{\text{Déficit de N}}{N_{\text{Biosólidos}}}$ <p>Aplicación durante 2° año:</p> $T = \frac{\text{Déficit de N}}{N_{\text{Biosólidos}} + N_{\text{org}}^{(1)}}$	$T = \frac{N_{\text{Recomendado}}}{N_{\text{Disponible}}}$	$T = \frac{N_{\text{Demanda}}}{N_{\text{Oferta}}}$
Déficit de nitrógeno / Nitrógeno recomendado o demandado (numerador)	Déficit de nitrógeno o requerimiento de la cantidad de N deseado a aplicar en el sitio para la plantación forestal o vegetación elegida dentro de los otros usos habilitados (kg/ ha)	Cantidad de nitrógeno por hectárea recomendada para cada cultivo según recomendación agrónomica oficial del Estado.	Se presentan ejemplos para la demanda de nitrógeno de distintos cultivos.
Cálculo de Nitrógeno disponible en lodo/biosólido (denominador)	$N_{\text{Biosólidos}} = (NO_3^- - N) + K_v * (NH_4^+ - N) + F_m * N_{\text{org}}$	<p>Aplicación superficial</p> $N_{\text{Disponible}} = \frac{F_m}{100} * (N_{kj} - NH_3) + 0,5 * NH_3 + (NO_3 + NO_2)$ <p>Aplicación subsuperficial</p> $N_{\text{Disponible}} = \frac{F_m}{100} * (N_{kj} - NH_3) + (NO_3 + NO_2)$	Se establecen los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> - La concentración de N en los biosólidos, la cual varía en función de las características y tratamiento en la PTAR, orientando a concentraciones entre 1,5% a 6% de nitrógeno en relación al peso seco de biosólidos (15 a 60 kg N/ Ton ST). - Control de N en fuentes adicionales, como fertilizantes químicos, abonos orgánicos, cultivos de leguminosas y el riego con efluentes.

F_m: Factor de mineralización establecido según el tratamiento del lodo (% o sobre 100). *NO₂*: Nitrito. *NO₃*: Nitrato. *NH₃*: Nitrógeno amoniacal. *NH₄*: Amonio. *N_{kj}*: Nitrógeno Kjeldahl. *K_v*: Constante de volatilización de amonio (0,5 aplicado en superficie, 1 inyectado) (1) Nitrógeno orgánico remanente.

En cuanto a la tasas de aplicación agrónomica sobre fósforo, la normativa argentina establece lo siguiente:

Donde:

Déficit de P: Déficit de fósforo o requerimiento de la cantidad de fósforo deseado a aplicar en el sitio para la plantación forestal o vegetación elegida dentro de los otros usos habilitados (kg/Ha).

$P_{\text{Biosólidos}}$: es el fósforo aportado por los biosólidos (kg/Ton).

$$T \text{ (Ton/Ha)} = \frac{\text{Déficit de P}}{P_{\text{Biosólidos}}}$$

En la misma normativa, también se establece el cálculo de la tasa (dosis) de aplicación en peso húmedo, para ambos nutrientes:

$$T_{\text{Peso Húmedo}} \text{ (Ton/Ha)} = \frac{T \text{ (Ton/Ha)}}{\text{Contenido sólidos}}$$

Donde el contenido de sólidos se encuentra expresado en decimales, no en porcentaje de sólidos.

Valorización energética

La valorización energética de los lodos a través de la producción de biogás proveniente de la digestión anaerobia de los mismos supone una fuente de energía renovable, por lo que debe ser tomada en cuenta como parte de los usos de los lodos y biosólidos. Pese a ello, y dado que las tecnologías para la digestión anaerobia de lodos son relativamente recientes, aunque existen casos en la región, este uso se encuentra contemplado específicamente en las normas de Argentina, Colombia y Costa Rica.

Cuadro 7. Caso de aprovechamiento del biogás generado por la PTAR La Farfana en Santiago de Chile (Chile)

APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS DE LA PTAR LA FARFANA EN SANTIAGO DE CHILE³⁶

La PTAR La Farfana es la principal infraestructura de tratamiento de aguas residuales de la capital chilena, con una capacidad de 8,8 m³/s. Esta está operada por Aguas Andinas, la empresa prestadora de agua potable y saneamiento del área metropolitana de Santiago.

La planta trata aproximadamente 700.000 m³/día y genera 11.750 m³/mes de lodos, lo que supone una carga importante en la operación de la PTAR. Los lodos se espesan y estabilizan mediante digestores anaeróbicos antes de deshidratarse y enviarse a lechos de secado. Originalmente, alrededor del 24% del biogás producido en los digestores anaeróbicos (6 millones de m³) se utilizó para autoconsumo para calentar los biodigestores, y el 76% restante (19 millones de m³) se quemaba in situ.

En 2002, Aguas Andinas y Metrogas (la compañía que abastece de gas, entre otras ciudades, a Santiago de Chile) firmaron un Memorandum de Entendimiento para el uso residencial del biogás, a ser distribuido a cerca de 30.000 clientes en la capital. Así se acordó que el biogás fuese transformado en gas ciudad y en 2007 comenzó la construcción de la infraestructura necesaria para llevar a cabo dicho acuerdo, la mejora de la captación del biogás y el tratamiento por parte de Aguas Andinas, así como 13,5 km de conducción y el tratamiento final del biogás, por parte de Metrogas. Esta infraestructura comenzó a operar en el año 2009.

En 2017, los beneficios para Aguas Andinas por la venta del biogás ascendieron a US\$ 1.000.000 (US\$ 3.000.000 de ventas menos US\$ 2.000.000 por costos de operación y mantenimiento), mientras que Metrogas gastó US\$ 3.000.000, pero ahorró US\$ 1.600.000 por la diferencia del precio que hubiese pagado si hubiese tenido que importar biogás.

De esta forma, la utilización de biogás para producir energía reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y, por lo tanto, supone una acción de mitigación al cambio climático y parte fundamental de la agenda de economía circular, por lo que la valorización energética de lodos debe ser promovida e incluida en los instrumentos normativos, ofreciendo adicionalmente una fuente de energía estable y limpia.

Igualmente, es necesario que los lodos resultantes de la digestión anaerobia (o la codigestión, en caso de que haya mezcla de distintos tipos de sustratos) sean dispuestos adecuadamente, por lo que deben estar contemplados en la regulación.

³⁶ Wastewater: From Waste to Resource. The Case of Santiago, Chile. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/284951573498126244/pdf/Wastewater-From-Waste-to-Resource-The-Case-of-Santiago-Chile.pdf>

Cuadro 8. Norma Técnica para aplicación agrícola de digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica (Argentina)

NORMA TÉCNICA PARA LA APLICACIÓN AGRÍCOLA DE DIGERIDO PROVENIENTE DE PLANTAS DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA – RESOLUCIÓN 19/2019

Argentina considera el biogás producido durante el proceso de digestión anaeróbica como una fuente renovable de energía, a través de la Ley 27.191 de energías renovables. Su Decreto Reglamentario N° 531 del 30 de marzo de 2016 en lo relativo al “Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, establece el marco regulatorio para aumentar la participación de las energías renovables y diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la diversificación tecnológica y geográfica, creando un fondo fiduciario (FODER) para financiar y garantizar las inversiones e introduciendo incentivos fiscales y para el desarrollo de la cadena de valor.

Anticipando el aumento de instalación de digestores anaerobios dado el enfoque normativo para su promoción, y teniendo en cuenta que el lodo digerido es un material con contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, cuya concentración difiere en función de la materia prima que le da origen, era necesario regular la aplicación de los mismos.

Así, en 2019 se aprueba la Norma Técnica para aplicación agrícola de digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica mediante la Resolución 19/2019, que tiene por objeto fijar los criterios generales y establecer los requisitos mínimos que debe cumplir el digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica, a efectos de asegurar que su aplicación agrícola sea sustentable, y promover la valorización agronómica del digerido debido a su contenido de nutrientes y otras propiedades intrínsecas que lo hacen potencialmente benéfico para suelos y cultivos, protegiendo el ambiente y la salud de las personas y animales.

Comercialización de los biosólidos

Otra parte importante para la promoción del reúso de biosólidos y la generación de nuevos modelos de negocio es su comercialización, que está reconocida en los instrumentos normativos de Argentina, Colombia, Panamá y Perú.

Recomendaciones particulares sobre la norma para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Contar con instrumentos normativos adecuados para el uso de sólidos y biosólidos es un asunto prioritario en la región, ya que para los próximos años y, fruto de la inclusión del tratamiento de aguas residuales como uno de los ODS, se prevé que siga aumentando la inversión en este sector y por consiguiente también la cantidad de lodos que la nueva infraestructura genere. Por lo que es necesario atender de manera adecuada la utilización de este producto, entendiéndolo como una oportunidad y no como un problema.

La inclusión del TAR en los ODS implica un aumento la inversión en este sector y por consiguiente también la cantidad de lodos generados, por lo que es imprescindible atender de manera adecuada su gestión y manejo

Bajo este enfoque, y adicional a la recomendación de que aquellos países que no cuenten con un instrumento normativo específico, lleven a cabo el proceso de diseño y elaboración del mismo, se expone a continuación las recomendaciones sobre esta norma:

- **Gobernanza y consenso.** Los instrumentos normativos para el reúso de lodos y biosólidos deben ser acordados a través del diálogo y consenso entre todos los actores involucrados, lo que implica la necesidad de mecanismos de cooperación y una institucionalidad que habiliten esta gobernanza, entre las autoridades ambientales y de cuenca, de salud y las que regulan a los usuarios potenciales de estos, autoridades administrativas, empresas prestadoras de servicio, etcétera, con una definición clara de las relaciones entre ellos y las responsabilidades de cada uno. Así se han mostrado varios instrumentos normativos que constituyen resoluciones y decretos conjuntos entre varios organismos públicos.
- **Enfoque de promoción.** Tomando en cuenta la multiplicidad de actores involucrados en el proceso de manejo y disposición de lodos y biosólidos, resulta fundamental identificar y eliminar las barreras normativas que actualmente limiten la capacidad de fomentar un enfoque de promoción, necesario para aportar una flexibilidad que permita reconocer los diferentes casos que puedan calificar para el reúso los lodos y biosólidos. Este es el caso, por ejemplo, de las limitaciones excesivas en tiempos de aplicación o usos que impiden que los usuarios potenciales entiendan los biosólidos como un producto y, por lo tanto, que promuevan su uso. También es necesario tener en cuenta que las normas sean fáciles de aplicar y comprensibles para todos los actores involucrados.
- **Revisión periódica.** Tomando en cuenta que el reúso de biosólidos en la región se encuentra en un nivel todavía incipiente, es necesario valorar la revisión periódica los instrumentos normativos, en función no solo de los avances tecnológicos sino también de los aprendizajes durante su aplicación. Así es importante que estas revisiones se realicen sobre información fundamentada, por lo que se debe crear un inventario nacional sobre producción, características, incluyendo los parámetros agronómicos, tratamiento y disposición de lodos y biosólidos.
- **Inclusión del potencial agronómico.** Puesto que el uso agrícola es el principal uso potencial para lodos y biosólidos, es esencial considerar las concentraciones de los contaminantes presentes en el suelo antes de la aplicación, para evitar la acumulación de estos en el sitio de aplicación, orientando en el cálculo de los valores agronómicos para el aprovechamiento de los nutrientes, como nitrógeno y fósforo.

- **Valorización energética de los lodos.** El aprovechamiento energético de los lodos y biosólidos a través del biogás producido por los digestores anaerobios genera modelos de negocio adicionales, no sólo por el uso y comercialización del biogás, sino como medida de mitigación al cambio climático, lo que habilita nuevas fuentes de financiamiento. Así es necesario promover su aprovechamiento en los instrumentos normativos, adicional a otras medidas no regulatorias.
- **Especificaciones técnicas adicionales.**
 - Es aconsejable recomendar la tecnología de tratamiento disponible para alcanzar los diferentes grados de estabilización y de reducción de microorganismos patógenos en los lodos y biosólidos.
 - Fijar LMP de concentración de contaminantes inorgánicos, contaminantes orgánicos y microorganismos patógenos.
 - De acuerdo con la concentración permitida de contaminantes y microorganismos patógenos especificar la calidad del biosólido y definir su uso o aprovechamiento.
 - Dar recomendaciones sobre los requisitos que deben cumplir los sitios de aplicación o disposición final de lodos o biosólidos, para evitar la contaminación del suelo, del agua superficial o del acuífero.
 - Otros parámetros que pueden fijarse para un buen manejo o aprovechamiento de los lodos y biosólidos son el porcentaje de humedad, el pH, la salinidad, la RAS/conductividad eléctrica.
 - Recomendar las técnicas para el muestreo y caracterización de los lodos residuales y biosólidos.

Análisis

Aspectos centrales por atender en la normativa de los países

Soluciones individuales / Tanques sépticos
y tratamiento y disposición de los lodos

Contaminación difusa o no puntual

Contaminantes emergentes

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Además de los aspectos antes señalados, se presentan tres temas que no están contemplados en los instrumentos normativos, o bien figuran de manera somera.

Soluciones individuales / Tanques sépticos y tratamiento y disposición de los lodos

Las soluciones individuales y tanques sépticos son soluciones al saneamiento que resultan necesarias para el cumplimiento del ODS 6.2

Las soluciones individuales y tanques sépticos son soluciones al saneamiento que resultan necesarias para el cumplimiento del ODS 6.2., y es una alternativa ampliamente extendida en la región, tal y como se muestra en la tabla a continuación, según datos del JMP (actualizado a julio de 2021).

Tabla 35. Cobertura de saneamiento mejorado en los países analizados (JMP 2021)

PAÍS	AÑO	COBERTURA DE SANEAMIENTO MEJORADO (LETRINAS Y TANQUES SÉPTICOS)
Argentina	2016	39,8%
Bolivia	2020	32,8%
Brasil	2020	21,0%
Chile	2020	11,2%
Colombia	2020	18,9%
Costa Rica	2020	77,7%
Ecuador	2020	32,4%
México	2020	18,2%
Panamá	2020	53,0%
Paraguay	2020	87,8%
Perú	2020	13,9%
Uruguay	2020	37,9%

Existe, por tanto, una necesidad de que las soluciones individuales sean reconocidas en los instrumentos normativos, entendiendo sus complejidades en su mantenimiento post ejecución, y los problemas medioambientales que pueden surgir de su manejo inadecuado, tema que también se trata en el siguiente capítulo, sobre contaminación difusa, dado que los sistemas sépticos defectuosos son una de las fuentes de contaminación.

En este contexto, en Latinoamérica existen pocos ejemplos al respecto:

Colombia

El país establece, a través de la Resolución 0631/2015 y la Resolución 0883/2018, la caracterización de las exigencias para aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares, y a través de la Resolución 0699/2021, en el que se regulan los parámetros de vertidos a suelo para Usuarios equiparable y diferentes a Usuarios de vivienda rural dispersa.

Dada la dificultad de poder realizar el control y seguimiento en este tipo de soluciones, los parámetros están definidos en función del cumplimiento de los diseños establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, bajo los cuales no se requiere permiso de vertido al suelo.

Costa Rica

La propia normativa sobre lodos y biosólidos costarricense presenta, entre las distintas consideraciones, como uno de los grandes objetivos de la misma, solventar el problema generado de lodos procedentes de tanques sépticos:

“4. Que actualmente un 66% de lodos procedentes de los tanques sépticos no reciben tratamiento, siendo sólo recolectados, transportados y dispuestos en sitios no autorizados, lo que pone en riesgo o peligro la salud de la población, además de producir deterioro del medio ambiente.”

Como se ha expuesto anteriormente, ante la norma el país plantea la diferenciación de biosólidos ordinarios, como aquellos que provienen de aguas residuales domésticas, incluidas las sépticas, y presenta una de las normativas menos restrictivas para su uso y disposición.

Panamá

La normativa sobre lodos y biosólidos panameña también incluye los lodos provenientes de fosas y tanques sépticos como parte del campo de aplicación de la misma.

Contaminación difusa o no puntual

Según la U.S. EPA³⁷, la contaminación difusa generalmente resulta de la escorrentía, precipitación, deposición atmosférica, drenaje, filtración o modificaciones hidrológicas, y puede tener diversas fuentes, tales como:

- Exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas de zonas agrícolas o áreas residenciales.
- Aceites, grasas y químicos tóxicos de la escorrentía urbana y la producción de energía.
- Sedimentos de las zonas de construcción, cultivos y tierras forestales y modificaciones hidrológicas no gestionadas adecuadamente.
- Sal, a través de irrigación y ácidos de minas abandonadas.
- Bacterias y nutrientes de prácticas agropecuarias y sistemas sépticos manejados de manera inadecuada.
- Deposición atmosférica y alteración del hábitat.

El problema generado por la contaminación difusa no es contemplado por ninguno de los instrumentos normativos analizados, ni se presenta como un tema prioritario de la agenda regional

El problema generado por la contaminación difusa no es contemplado por ninguno de los instrumentos normativos analizados, ni se presenta como un tema prioritario de la agenda regional. Igualmente, dada la complejidad que implica su identificación y control, es un problema no resuelto a nivel internacional, llegando a ser la principal causa de contaminación de agua en países desarrollados, por ejemplo, en Estados Unidos³⁸.

Por ahora, tanto la Unión Europea como Estados Unidos están tomando medidas con un foco en generación de herramientas técnicas y financieras, más que regulatorias, dada la dificultad de imponer límites o valores sobre este tipo de contaminación

³⁷ <https://www.epa.gov/nps/basic-information-about-nonpoint-source-nps-pollution>

³⁸ <https://www.epa.gov/nps/basic-information-about-nonpoint-source-nps-pollution>

Cuadro 9. Enfoque para el control de la contaminación difusa en el Clean Water Act-CWA y el caso de éxito en Maryland (EEUU)

CONSIDERACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA EN EL CLEAN WATER ACT (EEUU)³⁹

El CWA es la ley principal que regula la contaminación de las masas de agua en EEUU, que data de 1948, y fue enmendada en 1972 para añadir programas sobre mejora de la calidad de agua que permanen hasta hoy. La Sección 303 requiere que los estados identifiquen las masas de agua donde la tecnologías para control de contaminación no son suficientes para cumplir con los estándares de calidad. Así, cada 2 años los estados deben presentar el listado de masas de agua contaminadas y cualquiera que pueda llegar a estarlo para aprobación de la EPA. Las masa de agua contaminadas son priorizadas en función de la severidad de la contaminación y el uso de la misma. Los estados deben establecer un valor máximo de carga contaminante diaria para estas masas de agua.

En 1987 se llevó a cabo una enmienda al CWA para incluir la Sección 319, a través de la cual se crea el Programa para el Manejo de las Fuentes No Puntuales, a través de la cual estados, territorios y tribus reciben subvenciones que apoyan una gran variedad de acciones que incluyen asistencia técnica, financiera, educación, desarrollo de capacidades, transferencia de tecnología, demostración de proyecto y monitoreo para evaluar el éxito de la implementación de proyectos para tratamiento de fuentes no puntuales⁴⁰.

La EPA reporta los casos de éxito de los programas llevados a cabo con los fondos de subvención establecidos en la Sección 319, con el objeto de compartir y transferir la experiencia de estos. Uno de ellos es el caso de río Aaron⁴¹, en Maryland. La problemática a resolver tenía origen en la escorrentía a través de las minas de carbón abandonadas, la cual contribuyó a acidificar la masa de agua cayendo por debajo del estándar de calidad para pH (6,5-8,5) del Estado de Maryland. Así, en 2004, el Departamento de Ambiente de Maryland añadió el río Aaron a la lista de masas de agua contaminadas establecida por la Sección 303 por el bajo pH.

La financiación a través del programa de subsidios de la sección 319 del CWA se obtuvo inicialmente en 2005, y el proyecto incluyó la construcción de un dosificador de cal, un lecho de lixividación de cal, dos sistemas de celdas productoras de alcalinidad y una laguna de oxidación. También creó 4.000 m² de humedales de tratamiento y recuperó de la erosión 180 m de río. En 2012, el Departamento de Recursos Naturales de Maryland repobló con truchas nativas. En 2013, la recuperación del estandar de calidad para pH fue satisfecho por lo que se solicitó eliminar el río Aaron del listado de masa de agua contaminadas de la Sección 303.

³⁹ <https://www.epa.gov/tmdl/statute-and-regulations-addressing-impaired-waters-and-tmdls>
⁴⁰ <https://www.epa.gov/nps/basic-information-about-nonpoint-source-nps-pollution>
⁴¹ https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-07/documents/md_aaronrun-508.pdf

Contaminantes emergentes

Otra materia pendiente en América Latina y el Caribe es la regulación de los contaminantes emergentes, que se definen como sustancias presentes en las aguas residuales (previamente desconocidas o no reconocidas como contaminante) cuya manifestación en el medio ambiente no es necesariamente nueva, pero que han pasado desapercibidas por falta de técnicas adecuadas para su identificación. Estos contaminantes se pueden encontrar en medicamentos, productos de limpieza doméstica, retardantes de fuego, derivados de los procesos de desinfección, pesticidas o plaguicidas, productos farmacéuticos de aplicación cutánea y de higiene personal (PPCP), nanopartículas de plata, oro y óxidos metálicos (actividades industriales), drogas ilegales (cocaína, heroína o anfetaminas, entre otras), disruptores endocrinos u hormonales, plastificantes y aditivos industriales, o microplásticos.

Estos productos pueden contener compuestos que deben ser regulados, por sus posibles consecuencias en el medio ambiente, en animales y en la salud en general. Sin embargo, se requiere de una amplia investigación sobre sus efectos potenciales (U.S. EPA 2014, USGS 2014)⁴². Por ejemplo, en las aguas residuales de ciudades de México, Colombia, Ecuador y Brasil se encuentran cantidades altas de naproxeno, mientras que en aguas subterráneas del Reino Unido de la Gran Bretaña se ha encontrado oseltamivir, sustancia activa del “Tamiflú”, fármaco que sirve para combatir la influenza A.

En el agua se pueden encontrar ftalatos, compuestos químicos empleados en la elaboración de plásticos, ropa, esmaltes de uñas, parabenos, químicos para producir cosméticos, cremas y champús, entre otros. El impacto de los microplásticos ya es conocido en el medio marino, pero recientemente se ha publicado su potencial impacto en el sistema endocrino de peces de río. A nivel de cuenca, los contaminantes emergentes, a pesar de que pueden ser biodegradables, suelen ser muy peligrosos, debido a su bioacumulación y persistencia. En América Latina, actualmente casi la totalidad de las PTARs municipales no los eliminan.

⁴² U.S. EPA (2014). EPA 505-F-14-006. Technical fact sheet polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polybrominated biphenyls (PBBs). Office of Solid Waste and Emergency Response. Hoja Técnica. Washington, DC, EUA, pp. 1-7. USGS. (2014). United States geological survey. Emerging contaminants in the environment [en línea]. <http://toxics.usgs.gov/regional/emc/> 18/05/2014.

Conclusiones y Recomendaciones

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Una normativa adecuada para promover el tratamiento de aguas residuales y la economía circular no asegura por sí sola que la inversión y el reúso se den, pero lo que no es aceptable es que sea la propia normativa la que limite el desarrollo del tratamiento.

Por ello, a lo largo del documento se ha planteado que no existe una receta única para una regulación adecuada, que cuide el medio ambiente y la salud y que a la vez promueva la inversión y la economía circular, pero sí se plantean varios principios a tener en cuenta a la hora de diseñar los instrumentos normativos, que se resumen a continuación.

- **Armonizar las normativas con visión de GIRH.** Transitar de la visión de infraestructura a una de servicio y de un enfoque lineal a un enfoque circular, lo cual también implica que las normativas comprendan y contemplen el enfoque de GIRH.

Así, el **proceso de diseño normativo** debe entender e incorporar la gobernanza de la GIRH como parte del proceso, a través de mecanismos de cooperación o consenso institucional entre todos los actores relevantes de la cuenca, sea como generadores de contaminación, como usuarios del recurso hídrico y de los productos del tratamiento, como operadores de infraestructura o autoridades competentes sobre los recursos naturales y su preservación. Con base en lo anterior, es necesario elevar el nivel de los procesos participatorios como parte de los acuerdos normativos.

De esta forma, los objetivos de calidad de los cuerpos de agua, los objetivos para vertidos y la reutilización de los productos, forman parte del mismo proceso, lo que deriva a que se revise la coherencia entre las normas, no sólo en cómo afectan los límites impuestos entre ellas, sino también cómo éstas pueden establecer barreras normativas sobre otras.

Esto lleva a entender el ciclo desde un punto de vista económico-financiero, y de cómo se asignan los costos de la infraestructura, cómo la normativa reconoce el concepto de que “aquel que contamina, paga”, o cómo se enfrentan los pagos de agua de primer uso frente a los de agua recuperada, y que esos flujos son parte fundamental para promover la descontaminación de los cuerpos de agua y la economía circular.

- **Adecuar la normativa a las posibilidades del país.** En general, la región toma como base las normativas de países desarrollados, como referente ideal. No obstante dicha revisión normativa, es necesario adecuarla a las posibilidades financieras, tecnológicas y de capacidades institucionales de cada país, bajo una perspectiva de progresividad.

Así, entendiendo las características de los cuerpos de agua del país, tanto en términos de cantidad como de calidad, y de cómo se asignan los recursos hídricos entre los distintos usuarios, se podrá establecer el balance entre preservar y proteger los cuerpos de agua y exigir medidas que sean cumplibles, evitando normativas excesivamente inadecuadas al contexto e incumplibles en función de las capacidades técnicas y económico-financieras del país.

El conocimiento del estado de inversión de los países a través de inventarios y relevamientos de la infraestructura con la que cuenta el país, tanto de tratamiento de aguas residuales como de reúso de agua tratada y biosólidos, permite plantear escenarios de cumplimiento progresivos conforme se avance en la cobertura de tratamiento y las prácticas de reúso.

- **Modificar el enfoque de restricción hacia uno de incentivos.** Uno de los principales retos para la recuperación de los productos del tratamiento es generar la demanda de los mismos, puesto que en países donde la reutilización es incipiente, suele existir reticencia por parte de los usuarios potenciales. Por lo que es esencial enfrentar el diseño normativo desde un punto de vista de promoción, sobre todo para las normativas que buscan reutilizar los productos del tratamiento de las aguas residuales.

Este enfoque no sólo debe habilitar los usos potenciales, en vez de restringirlos, sino que también debe promover modelos de negocio que estos usos permiten, a través de su comercialización, entendiendo cuáles son los costos de generación, cómo estos se reparten entre los operadores de infraestructura y los usuarios, y cuáles son los precios de los productos con los que compiten – agua de primer uso versus agua reutilizada, por ejemplo, permitiendo que estos constituyan un producto atractivo desde un punto de vista económico.

Adicionalmente, tanto la promoción del tratamiento de aguas residuales como del reúso de sus productos son medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, lo que permite acceder a fuentes de financiamiento adicionales.

- **Fortalecer las instituciones para su cumplimiento.** Normativas que no pueden monitorearse y como tal hacerse cumplir, no son efectivas, tanto desde el punto de vista de las autoridades responsables de su seguimiento y control, como de los operadores de la infraestructura. De esta forma, las normativas deben estar acompañadas de acciones que habiliten el fortalecimiento de las instituciones implicadas en todos los niveles: rectoría, regulación, desarrollo de capacidades, de operación y de medición, incluyendo en esta última a los laboratorios acreditados para los ensayos y muestras establecidos en las normativas.

Anexos

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Anexos

Ficha Argentina

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Argentina cuenta con 45,81 millones de habitantes⁴³ y se extiende en una superficie de 2.780 miles de km².

Posee 876,2 km³/año de recursos hídricos renovables⁴⁴, en los que la cuenca del Río de la Plata concentra más del 85%. Sin embargo, presenta una desigual distribución espacial, con dos tercios de su territorio constituido por regiones áridas y semiáridas.

Según datos del JMP (2016) presenta una cobertura de acceso a alcantarillado que asciende a 57,6 % y de tratamiento de aguas residuales de 25,8%.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

En Argentina, los derechos humanos al agua y al saneamiento no tienen un reconocimiento explícito; sin embargo, este derecho se contempla como parte del derecho a un medio ambiente sano, protegido en el artículo 41 de la Constitución. Estos derechos se pueden hacer justiciables a través de recursos ordinarios y especiales (acción de amparo) ante los tribunales nacionales y el Tribunal Supremo como tutor y el intérprete final de la Constitución.

En 1994, se llevó a cabo una reforma constitucional en el artículo 124 que reconoce que las 23 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) poseen los recursos naturales y, por lo tanto, los recursos hídricos, y tienen jurisdicción sobre ellos, incluidos los ríos interjurisdiccionales. Entre sus facultades se incluyen la formulación e implementación de políticas, la gestión operativa, el financiamiento y la regulación, habilitando al Gobierno Nacional establecer una política, estrategia, programa o plan nacional de agua, pero con la anuencia de las provincias.

A principios del año 2001, la Dirección Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico puso en marcha un programa denominado “Principios Rectores de Política Hídrica”⁴⁵, los cuales marcan los lineamientos que permiten integrar aspectos técnicos, sociales, económicos, legales, institucionales y ambientales del agua en una gestión moderna de los recursos hídricos. Posteriormente, se aprobó la Ley 25.688 de 2002, Régimen de gestión ambiental de las aguas creó los comités interjurisdiccionales de cuencas hidrográficas para promover la gestión ambiental sostenible de las cuencas interprovinciales, pero no se ha aplicado plenamente.

Actualmente no existe una ley o código de agua a nivel nacional para la gestión de recursos hídricos o la prestación de los servicios de agua, pero todas las provincias han establecido sus propios códigos o leyes de agua. Sin embargo, para otros sectores existen leyes a nivel nacional, como el Código Civil, el Código de Comercio, el Código de Minería, el Código Penal y otras leyes nacionales relacionadas con la energía, la navegación, los recursos naturales contienen disposiciones relacionadas directa o indirectamente con el agua.

Los marcos legales para la gestión de recursos hídricos varían ampliamente entre las provincias. Algunas provincias tienen legislaciones bien desarrolladas, mientras que otras no regulan aspectos importantes como los sistemas de riego, las organizaciones de usua-

⁴³ INDEC – Estimación 2021. <https://www.indec.gob.ar/>

⁴⁴ Aquastat. Ficha Argentina, revisión 2015. https://storage.googleapis.com/fao-aquastat.appspot.com/countries_regions/factsheets/water_resources/es/ARG-WRS.pdf

⁴⁵ <http://www.cohife.org/s60/principios-rectores-de-politica-hidrica>

Actualmente no existe una ley o código de agua a nivel nacional para la gestión de recursos hídricos o la prestación de los servicios de agua, pero todas las provincias han establecido sus propios códigos o leyes de agua

rios o los derechos del agua. En general, pocas leyes provinciales del agua se refieren explícitamente a la gestión de cuencas hidrográficas como concepto y escala apropiada, pero se observan ejemplos como el Código del Agua de la Provincia de Buenos Aires, que en su Ley 12.257 tiene una disposición completa sobre comités de cuenca; o en Santa Fe, que con la Ley 9.830 autoriza el establecimiento de comités de cuenca.

Cuadro 10. Programa para el Manejo Sustentable de Barros – ProBarros (Argentina)⁴⁶

CASO PROGRAMA PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE BARROS (ARGENTINA)

El Programa para el Manejo Sustentable de Barros (ProBarros) tiene por objetivo realizar un relevamiento a nivel nacional de plantas de tratamiento de efluentes (plantas depuradoras) de Argentina.

Lo implementó el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. En 2106 se había relevado 120 plantas correspondientes a 9 provincias: Buenos Aires, Corrientes, Santa Fe, Salta, Chaco, Córdoba, Jujuy, Santiago del Estero y Río Negro.

El relevamiento realizado siguió dos ejes principales, la denominada “línea líquidos” y la denominada “línea barros”. La eficiencia de tratamiento varía para cada planta analizada y puede ser estimada mediante ciertos parámetros de calidad, como la demanda biológica de oxígeno (DBO).

Marco institucional

Las responsabilidades de rectoría y coordinación del sector a nivel nacional le corresponden a la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica (SIPH) y de ella dependen los organismos descentralizados sectoriales. Y en lo relacionado a la **gestión del recurso hídrico**, el Comité Hídrico Federal (COHIFE), conformado por los Estados Provinciales, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Estado Nacional; es el responsable de proporcionar una plataforma para intercambiar ideas y experiencias, especialmente entre provincias que no forman parte de una misma cuenca.

En cuanto a la **gestión del agua potable y saneamiento**, la Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento (DNAPyS) tiene entre sus principales cometidos la formulación de las políticas sectoriales, velar por la calidad de los servicios, como así también la planificación de mediano y largo plazo de las inversiones. Otros organismos descentralizados, bajo el paraguas de la SIPH y con capacidad de ejecución de fondos, son: AySA, ENOHSA, ACUMAR y Unidad Ejecutora Plan Belgrano.

⁴⁶ Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2016

Existen otras agencias nacionales con competencias en recursos hídricos. Tal es el caso del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la autoridad de la política ambiental a nivel federal que trata los temas de calidad en los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos. El Ministerio de Relaciones Exteriores, por su parte, representa a Argentina en las instituciones internacionales de cuencas hidrográficas transfronterizas (como la Cuenca del Plata, Acuífero Guaraní, Río Uruguay, etcétera). El Ministerio de Agricultura atiende los programas de prácticas de riego sostenible, en tanto que el Ministerio de Seguridad se ocupa de la gestión del riesgo de desastres, y la Secretaría de Energía lidera las políticas de energía hidroeléctrica.

La estructura institucional frecuente a nivel provincial consiste en un organismo responsable de la planificación sectorial y la captación de recursos (ministerio, secretaría o subsecretaría) y un ente regulador, o a falta de éste sus funciones son ejercidas por direcciones o administraciones provinciales de agua. La prestación de los servicios se encuentra generalmente a cargo de empresas provinciales organizadas como sociedades comerciales, en su mayor parte de propiedad estatal, que cubren las ciudades principales (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2016).

Se estima que existen alrededor de 1.800 prestadores de localidades urbanas, de los cuales 22 corresponden a prestadores de jurisdicción provincial y una de orden regional, esta última referida a AySA que abarca dos jurisdicciones provinciales (la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires). De las 22, 19 corresponden a empresas o entidades estatales y el resto son concesionarias de capital privado (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2017).

Finalmente, COHIFE se encarga de proporcionar una plataforma de intercambio de ideas y experiencias, especialmente entre provincias que no forman parte de una misma cuenca.

■ Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Por ser un país federal, se seleccionaron dos provincias, de Buenos Aires (PBA) y San Juan (PSJ), como objeto del análisis normativo.

■ Normativa sobre el vertido a cuerpos receptores

Argentina es el único país de la región donde el instrumento normativo no es de competencia nacional, sino corresponde a las provincias, las cuales tienen la competencia de regular el uso del agua pública, y generar la normativa específica al respecto.

Tabla 36. Instrumento normativo para regular las descargas a cuerpos receptores en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA REGULAR LAS DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES
Argentina	Provincia de Buenos Aires	Resolución N° 336/2003 Anexo II
	Provincia de San Juan	Reglamentación Ley N° 5824/87. Decreto N° 2107 Anexo I (II)

En las dos provincias analizadas, los límites máximos permisibles (LMP) se definen en función de los cuerpos de agua receptores de los efluentes tratados:

- Provincia de Buenos Aires, distingue entre conducción pluvial o cuerpo de agua superficial; absorción por suelo; y mar abierto.
- Provincia de San Juan distingue entre curso de aguas naturales y artificiales, lagos, lagunas, arroyo, etc drenes y desagües (descarga de PTARs); y absorción en suelo.

A continuación se presenta un análisis de los valores máximos aceptados de los parámetros contenidos en la **normativa de descargas a cuerpos receptores**.

Temperatura. Los LMP de ambas provincias ascienden a 45°C. Sin embargo, la Provincia de San Juan establece un LMP más restrictivo (de 30°C) para descargas en curso de aguas naturales y artificiales, lagos, lagunas, arroyos, etcétera.

pH. Ambas provincias presentan intervalos flexibles, de 6,5 – 9/10.

Materia orgánica: ambas provincias contemplan indicadores DBO₅ y DQO, en función de los cuerpos receptores:

Tabla 37. Parámetros y LMP para el control de la contaminación orgánica en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan (Argentina)

PARÁMETRO (mg/l)	PROVINCIA DE BUENOS AIRES			PROVINCIA DE SAN JUAN		
	Cond. pluvial o cuerpo de agua superficial	Absorción por suelo	Mar abierto	Curso de aguas naturales y artificiales, lagos, lagunas, arroyo, etc	Drenes y desagües (descarga de PTARs) (1)	Absorción suelo (2)
DBO ₅	50	200	200	50	100 – 200	100 – 200
DQO	250	500	500	125	250 – 500	250 – 500

(1) y (2) Si el cuerpo receptor es el suelo o drenes y desagües, la Autoridad fijará el valor en función de las características del efluente producido y del cuerpo receptor (250 – 500 mg/L).

Sólidos: la PBA no regula sólidos totales, pero sí los sólidos sedimentables en función del tiempo de sedimentación. Para PBA en 10' no deben de existir sólidos y en 2h un máximo de 1,0 – 5,0 ml/l. La PSJ regula tanto sólidos suspendidos totales, para lo cual se establece un valor numérico límite para el parámetro y se mide como masa sobre volumen, 40 mg/l para cursos de agua y drenes y 50 mg/l para absorción en suelo, como sólidos sedimentables para 30' un máximo de 0,5 ml/l.

La PSJ regula la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), que es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, y establece 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para descargas a curso de aguas naturales y artificiales, lagos, lagunas, arroyos y 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para vertidos a suelo mediante absorción, como LMP.

Grasas y aceites. Ambas provincias establecen el mismo procedimiento para medir este parámetro: sustancias solubles en éter etílico, con un límite máximo de 50 mg/l, para todos los cuerpos receptores, a excepción de la PSJ que establece 30 mg/l, para descargar en cursos de agua, siendo más estricto que el promedio regional.

Nutrientes:

En ambas provincias se regulan los nutrientes. En el caso de la PBA, se exige los siguientes parámetros y sus LMP, pero con la particularidad que estos límites serán exigidos en las descargas a lagos, lagunas o ambientes favorables a procesos de eutrofización. De ser necesario, se fijará la carga total diaria permisible en kg/día de Fósforo Total y de Nitrógeno Total.

Tabla 38. Parámetros y LMP para el control de nutrientes en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan (Argentina)

PARÁMETRO (mg/l)	PROVINCIA DE BUENOS AIRES			PROVINCIA DE SAN JUAN		
	Cond. pluvial o cuerpo de agua superficial	Absorción por suelo	Mar abierto	Curso de aguas naturales y artificiales, lagos, lagunas, arroyo, etc	Drenes y desagües (descarga de PTARs)	Absorción suelo
Nitrógeno Total	35	105	105	15	30	30
Nitrógeno Amoniacal	25	75	75	5	10	10
Nitrógeno Orgánico	10	30	30			
Nitratos				10	20	20
Fósforo Total	1	10	10			
Fosfatos				0,7	0,7	5

Parámetros microbiológicos:

- La PBA establece límite para Coliformes fecales por el método del número más probable, con un límite permisible de 2.000 NMP/100 ml.
- La PSJ se basa en Coliformes Totales también por la técnica del NMP/100 ml. Sus límites permisibles son 1.000 para cuerpos de agua dulce y 5.000 para absorción en suelo. Adicionalmente, se establece el límite de 1 huevo de helminto/l, independientemente del cuerpo receptor.

Cianuros. El cianuro total es el parámetro más comúnmente utilizado a nivel regional y también en Argentina. El intervalo en ambas provincias es restrictivo. En la PBA va desde ausente a 0,1 mg/l, mientras que en la PSJ hasta 0,2 mg/l.

Metales. Ambas provincias norman los metales más comunes, como arsénico, bario, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc. Adicionalmente, la PSJ también regula antimonio, berilio, litio, magnesio, molibdeno, paladio y vanadio.

Otros parámetros:

- **Color.** En la PSJ se regula el color real (sustancias disueltas), y establece límites de 12 a 18 unidades de color. En la PBA no se regula este parámetro.
- **Cloro.** Este elemento está normado en ambas provincias, con un intervalo de 0,5 a 1,5 mg/L, muy similar al promedio regional.
- **Sulfatos.** Están normados en ambas provincias, en un intervalo de 400 (PSJ) a 1.000 mg/L, en PBA para absorción por suelo.
- **Compuestos organoclorados, organofosforados e hidrocarburos totales.** Ambas provincias incluyen estos parámetros.

Normativa sobre el vertido a sistemas de alcantarillado sanitario

En cuanto a las descargas no domésticas, esencialmente de servicios o de origen industrial, a redes de alcantarillado, se exponen a continuación la normativa que rige a nivel provincial.

Tabla 39. Instrumento normativo para regular las descargas a sistemas de alcantarillado en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA REGULAR LAS DESCARGAS A SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO MUNICIPAL
Argentina	Provincia de Buenos Aires	Resolución Núm. 336/2003 Anexo II (sustituye Resolución 389/1998 (AGOSBA) ANEXO II)
	Provincia de San Juan	Reglamentación Ley Núm. 5824/87. Decreto Núm. 2107 Anexo I (II) (descarga de efluentes industriales)

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan.

Tabla 40. Parámetros de control regulados en la normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado en Provincia de Buenos Aires y Provincia de San Juan

PARÁMETRO	PVCIA. BUENOS AIRES	PVCIA. SAN JUAN
Temperatura	+	+
pH	+	+
CN	+	+
As	+	+
Hg	+	+
Pb	+	+
Cd	+	+
Cu	+	
Ni	+	
DBO ₅	+	+
S ₂ ⁻	+	+
Zn	+	
S.Sed. (1h)		
SST		
AyG (Sustancias solubles)	+	+
Cr T	+	
Cr ⁺⁶	+	+
Comp. Fenólicos	+	+
SO ₄ ⁻²	+	
DQO	+	

Las normativas de ambas provincias presentan similitudes al promedio regional en lo que respecta a temperatura, pH, aceites y grasas

En general, las normativas de ambas provincias presentan similitudes al promedio regional en lo que respecta a temperatura, pH, aceites y grasas. Sin embargo, en ambas provincias se regula el parámetro de sólidos sedimentables, no así de sólidos suspendidos totales, pese a ser un parámetro de importancia para el control de las descargas, por su influencia en la recolección.

La materia orgánica biodegradable, medida como DBO_5 , está regulada en ambas provincias, con un máximo de 200 mg/l, por debajo del promedio regional. En lo que respecta a la materia químicamente oxidable, medida como DQO, está reglamentada solo en la PBA, con un valor de hasta 700 mg/l.

Otros parámetros recurrentes como:

- Los cianuros presentan valores máximos de 0,1 mg/l en ambas provincias, siendo este valor el más estricto a nivel regional.
- Los límites máximos aceptables para el arsénico van de 0,5 mg/l en ambas provincias.
- El cromo se regula en ambas provincias en cromo hexavalente (CrVI), que es la forma química más tóxica del metal cromo y se produce principalmente por procesos industriales: galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos y colorantes, revestimientos de superficies, curtido de cuero, entre otros. El CrVI tiene un límite de 10 mg/l en PBA y de 0,2 mg/l en PSJ.

Normativa sobre el uso y disposición de subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Argentina no cuenta con norma nacional, y las Provincias de Buenos Aires y San Juan tampoco cuentan con normas específicas para la reutilización del agua tratada.

A pesar de la gran diferencia en la distribución de los recursos hídricos en el país (85% en la cuenca del Plata, que corresponde al 30% de la superficie nacional, y el 75% del país corresponde a zonas áridas o semiáridas, FAO, 2014), no existe actualmente una política nacional para el aprovechamiento de este recurso. El documento “Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina”, de 2013, en su capítulo “Agua y el Ambiente”⁴⁷ establece en el principio 11, sobre Conservación y Reúso del Agua, que: “Las prácticas conservacionistas y el reúso del agua brindan oportunidades para el ahorro del recurso que derivan en importantes beneficios sociales, productivos y ambientales; beneficios que deben compartirse entre los múltiples usuarios del recurso. El reciclado del agua a partir de la modificación de procesos industriales, la disminución de los altos consumos de agua potable, el aprovechamiento de aguas recuperadas proveniente de centros urbanos e industriales en otras actividades, el aumento de eficiencia en el consumo de agua por el sector agrícola bajo riego; constituyen líneas de acción concurrentes en pos del uso racional y sustentable del recurso”.

⁴⁷ “Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina”, 2013, “Agua y el Ambiente”, instituido por el Consejo Hídrico Federal (COHIFE) en el Acuerdo Federal del Agua (Decreto 678/08).

En 2011 se presentó un Proyecto de Ley Nacional⁴⁸ que establece condiciones para promover el reúso de aguas residuales, pero no ha sido promulgado como Ley, y dadas las características del peso de la normatividad en las provincias no ha prosperado esta iniciativa. Solamente la Provincia de Mendoza, desde 1996, ha formalizado legalmente la utilización de las aguas recuperadas, definiendo los parámetros mínimos de calidad de los efluentes, tanto domésticos como industriales. Mientras que en otras provincias con características áridas y semiáridas se están llevando a cabo iniciativas similares (FAO, 2014). En general, se reconoce que en el país existe un desconocimiento generalizado de las guías de la OMS (2006), por lo que se hace patente la necesidad de fortalecer capacidades técnicas e institucionales en el aprovechamiento seguro de agua recuperada. Además, la información con respecto al volumen de aguas residuales municipales generadas, tratadas y vertidas no está sistematizada. Se presentan los casos de la Provincia de Buenos Aires y la Provincia de San Juan.

Provincia de Buenos Aires. No cuenta con normatividad al respecto y no se identifica aprovechamiento de agua recuperada en la Provincia.

Provincia de San Juan. A pesar de presentar escasez de precipitaciones, puesto que no superan en forma general los 100 mm⁴⁹ y escasez de cursos fluviales permanentes a nivel superficial, no cuenta con normatividad al respecto y no se identifica aprovechamiento de agua recuperada en la Provincia.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Argentina clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos y el Clase B el que tiene mayor concentración

En este caso, Argentina presenta un instrumento normativo a nivel nacional, la Resolución 410 de 2018 - Norma Técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales-Industriales, a la cual se han de adherir las provincias si quisiesen.

Argentina clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos y el Clase B el que tiene mayor concentración.

Los indicadores incluidos en la norma son:

- **Microbiológicos:** incluye los coliformes fecales y Salmonella, sin embargo, no estipula LMP para huevos de helminto o virus entéricos.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de ocho metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni y Zinc.

La legislación de Argentina fija la tasa anual de aplicación de elementos inorgánicos en kg/ha año, y también controla la carga máxima de aplicación en kg/ha, con el objetivo de que no se presente acumulación de sustancias tóxicas por la aplicación constante de biosólidos al suelo.

En cuanto a los usos contemplados en la norma, el uso agrícola no está regulado en la normativa federal, dado que la Resolución 264 del Servicio Nacional de Sanidad y

⁴⁸ Expediente: 0922-D-2011; Trámite Parlamentario N° 11, 17/03/2011. Régimen de Reúso para Aguas Residuales.

⁴⁹ <https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/san-juan/san-juan-1913/>

Calidad Agroalimentaria (SENASA), de 2011, prohíbe el uso de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, por lo que la Resolución 410 no limita sino habilita todos los usos posibles.

Adicionalmente, cabe destacar la Resolución Conjunta 1/2019, entre el Ministerio de Medio Ambiente y el SENASA, por el que se aprueba el Marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost, pero que igualmente no recoge los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Argentina contempla la valorización energética dentro de su instrumento normativo, y además, el Ministerio de Ambiente expidió, en 2019, la Resolución 19/19 - Norma Técnica para la Aplicación Agrícola de Digerido Proveniente de Plantas de Digestión Anaeróbica, con el objetivo de promover la recuperación del biogás producido durante el proceso de digestión anaeróbica. Y el cuello de botella que supone el digerido, es un material con contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, cuya concentración difiere en función de la materia prima que le da origen, por lo que no está alcanzado por ninguna regulación vigente, motivo por el cual se habilita el uso agrícola para los productos resultantes de la digestión anaeróbica.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.
- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos clase A y clase B.
- Considera la comercialización de los biosólidos.
- Define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Bolivia

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Bolivia cuenta con 11,84 millones de habitantes⁵⁰ y se extiende en una superficie de 1,1 millones de km². Posee 573 km³/año de recursos hídricos renovables⁵¹, pero con una distribución espacial y temporal desigual, entre la cuenca del Amazonas y el Altiplano.

Según datos del JMP, en 2020 el acceso a servicios de saneamiento seguro en el país alcanzó una cobertura del 52,9% y de tratamiento de aguas residuales de 32,9%.

En el país existen 219 plantas de tratamiento de aguas residuales inventariadas, de las cuales 74 no funcionan, 106 presentan un nivel de operación adecuado (48) o regular (58) y 23, aunque operan, lo hacen en un mal estado de funcionamiento. Sólo el 30,5% de las aguas residuales de toda la población boliviana son tratadas de manera adecuada, de acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA, 2020). En la Estrategia Nacional de Tratamiento de las Aguas Residuales (ENTAR) se plantea que, de acuerdo con los ODS, para 2030 el 65% de la población debe contar con el servicio de tratamiento de aguas residuales.

Los principales problemas asociados al agua en Bolivia son el crecimiento urbano, la ampliación y el mejoramiento de los sistemas de riego, la contaminación de las fuentes hídricas y la degradación de las cuencas, lo que originó que en el 2016 enfrentara una crisis de escasez de agua que afectó a 5 de las 9 ciudades cabeceras departamentales (MMAyA, 2017).

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

El marco de actuación legal de Bolivia se encuentra establecido en los artículos 16, 20 y 373 de la Constitución, en donde se establece que el agua es un derecho humano; mientras que, en el artículo 298, se designa al Estado para que promueva su uso y acceso de forma equitativa, sostenible y respetando los usos y costumbres de los pueblos.

En Bolivia se encuentra vigente la Ley del 26 de octubre de 1906 y Reglamento de aguas, que dispone sobre el dominio y aprovechamiento de aguas.

También existe la Ley 2066 que regula la prestación y utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. En su artículo 3 define el Saneamiento Básico, que comprende los Servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, disposición de excretas, residuos sólidos y drenaje pluvial. Asimismo, se establece que los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario del Sector de Saneamiento Básico quedan incorporados al Sistema de Regulación Sectorial (SIRESE) y sometidos a las disposiciones contenidas en la Ley 1600, Ley del Sistema de Regulación Sectorial de 28 de octubre de 1994 (art. 6).

Marco institucional

En el artículo 49 del Decreto Supremo 29.894 se plantean las funciones del MMAyA y de sus Viceministerios de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), de Medio Ambien-

⁵⁰ INE – Estimación 2021. <https://www.ine.gob.bo/index.php/censos-y-proyecciones-de-poblacion-sociales/>

⁵¹ Aquastat. Ficha Bolivia, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/BOL>

Bolivia cuenta con distintos modelos de gestión para la provisión de servicios de agua potable y saneamiento: empresas, cooperativas, asociaciones de usuarios, comités vecinales y de comunarios, entre otros

te, Biodiversidad, Cambios Climáticos y Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCGDF), y de Recursos Hídricos y Riego (VRHR).

De modo que el MMAyA tiene la responsabilidad de formular, ejecutar, evaluar y fiscalizar las políticas y planes de agua potable y saneamiento básico, riego y manejo integral de cuencas y rehabilitación forestal de cuencas y áreas degradadas, así como el aprovechamiento sustentable del agua en todos sus estados (superficiales o subterráneos).

Asimismo, en este decreto se establece en el art. 95 la descentralización de la gestión hídrica, a través de la formulación e implementación de planes departamentales de agua y cuencas, y el diseño, ejecución y administración de proyectos de GIRH y MIC a nivel regional y local. El marco institucional descentralizado requiere que el VRHR establezca acuerdos y convenios de delegación de funciones de planificación, regulación y ejecución, así como de administración de fondos de cofinanciamiento.

En el artículo 97 del Decreto Supremo 29.894 se plantea que el VRHR, en coordinación con el VAPSB y el VMABCCGDF, implementarán la gestión sobre los recursos hídricos, recursos naturales asociados, los territorios de cuenca y el desarrollo de una institucionalidad y gobernanza del agua participativa y descentralizada.

En el Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017-2020 se encuentra en consonancia con La Ley 777 del Sistema de Planificación Integral del Estado, de 2016, que tiene por objeto establecer el Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE). Este programa considera un enfoque denominado Gobernabilidad Hídrico Ambiental, que abarca 4 dimensiones de administración pública, social y ambiental del agua: 1) el derecho y acceso equitativo al agua; 2) el uso eficiente y cuidadoso del agua; 3) el control y la conservación de la calidad del agua y de las fuentes; y 4) la protección de las cuencas.

Bolivia cuenta con distintos modelos de gestión para la provisión de servicios de agua potable y saneamiento: empresas, cooperativas, asociaciones de usuarios, comités vecinales y de comunarios, entre otros. Muchos de estos se han desarrollado por iniciativas locales y de manera independiente, lo que ha generado, principalmente en las grandes ciudades, una segmentación de las áreas de servicio en varios operadores.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo vigente en Bolivia es la Ley 1.333 del Medio Ambiente - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH). En la misma se establece la clasificación de los cuerpos de agua, clase A, B, C y D, en función del uso que se le dé al mismo.

El reglamento fue publicado en 1995 con un periodo de vigencia de 5 años para el Anexo 2, en el entendido de que dejaría de aplicarse una vez que se clasificaran los ríos del país para que entrará en vigor el Anexo A1. En Bolivia tan solo hay tres ríos clasificados: el río Rocha (2018), el río Pirafí (2018) y el río Guadalquivir (2021). Así, se sigue utilizando el Anexo 2, cuyo periodo de vigencia concluyó hace 20 años, o el Anexo 1 aplicable para los ríos clasificados. Para este análisis se utilizará la revisión del Anexo 2, que rige para la mayoría de cuerpos receptores del país.

Si bien existen las condiciones que debe cubrir el efluente de las PTARs, en el Artículo 35° se señala que los valores máximos establecidos en la clasificación de aguas de los cuerpos receptores (cuadro N°A-1), 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. Asimismo, en el artículo 47 inciso b) se indica que “toda descarga de aguas residuales a ríos, cuyas características no satisfagan los límites de calidad definidos para su clase, deberá ser tratada de tal forma que, una vez diluida, satisfaga lo indicado en el Cuadro N° 1 del presente reglamento”.

En el artículo 72, que corresponde a las disposiciones transitorias, se señala que “En tanto sean definidas las Clases de los cuerpos receptores a las que hacen referencia los Art. 4, 5, 6 y 7 del presente reglamento, regirán los parámetros y sus respectivos valores límite, incluidos en el Anexo A-2”. En dicho anexo se definen los límites permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento. Sin embargo, el plazo temporal fijado ya caducó.

En el artículo 6 del RMCH se definen los parámetros básicos, cuyos límites permisibles no pueden ser rebasados bajo ninguna circunstancia por los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales: DBO₅, DQO, Coliformes fecales (NMP), Oxígeno Disuelto, Arsénico Total, Cadmio, Cianuros, Cromo Hexavalente, Fosfato Total, Mercurio, Plomo, Aldrin, Clordano, Dieldrin, DDT, Endrin, Malatión, Paratión.

- **Materia orgánica:** para el caso de DBO₅, se impone un límite de 80 mg/l de promedio diario. En lo referente a la DQO, se regula para el caso de descargas de procesos mineros e industriales en general, con un LMP de 250, y para descargas de procesos hidrocarburíferos, con un LMP de 300 mg/l.
- **Sólidos suspendidos totales:** se establece un valor numérico límite para el parámetro y se mide como masa sobre volumen, con un promedio diario de 60 mg/l.
- **Sólidos sedimentables:** no están regulados en el Anexo 2.
- **Aceites y grasas:** no están regulados en el Anexo 2.
- **Nutrientes:** regula Amonio como N, con un promedio mensual de 2 mg/l, no regula otras formas de nitrógeno ni fósforo.
- **Coliformes fecales:** se establece un promedio diario de 1.000 NMP/100 ml.

Adicionalmente, los siguientes parámetros son regulados en función del origen de la descarga, ya sean procesos mineros e industriales o procesos hidrocarburíferos, respondiendo así a las industrias establecidas en el país que pueden generar mayores problemas de contaminación.

Descargas de procesos mineros e industriales:**Tabla 41.** Parámetros de control y sus LMP regulados para las descargas de procesos mineros e industriales en la Ley 1.333 (Bolivia)

PARÁMETRO		LMP	
		P.D.	P.M.
DQO	mg/l	250	
Cianuro libre	mg/l	0,2	0,1
Aceites y Grasas	mg/l	10	

Descargas de procesos hidrocarburíferos:**Tabla 42.** Parámetros de control y sus LMP regulados para las descargas de procesos hidrocarburíferos en la Ley 1.333 (Bolivia)

PARÁMETRO		LMP	
		P.D.	P.M.
DQO	mg/l	300	
Cianuro libre	mg/l	0,5	3
Aceites y Grasas	mg/l	20	

Como se observa, no se regulan parámetros que han de ser controlados, como los nutrientes. Sin embargo, otros parámetros que sí son regulados resultan excesivamente restrictivos, estableciendo los LMP como promedios diarios, que obligan a llevar a cabo tratamientos secundarios y/o terciarios en toda la infraestructura de tratamiento, fuera de los 3 ríos clasificados.

Adicionalmente, de los parámetros básicos únicamente DBO_5 , DQO, oxígeno disuelto y cadmio se reportan como servicios incluidos en el alcance de acreditación de los Laboratorios de Ensayo del Sector Agua Potable y los Laboratorios de Ensayo del Sector Agua y Medio Ambiente (Catálogo de Organismos Acreditados 2020, DTA-PUB-023, actualizado a diciembre 2020). En cuanto a los coliformes fecales, si bien hay varios laboratorios que tienen la prueba acreditada, es a través de un método diferente al que se especifica en el Reglamento. En general, estos parámetros están asociados con el Anexo 1, pero DBO_5 , DQO, metales y cianuros están también incluidos en el Anexo 2 del RMCH.

Los parámetros de calidad del agua incluidos en el Anexo A-1 son 80. Todos ellos exigibles, aunque de los que no están definidos como básicos, hasta 20 de ellos pueden superar los valores máximos admisibles para la clase de agua que corresponda, sin que la concentración de cada uno de ellos exceda en 50 % su valor máximo admisible. Del universo de 80 parámetros, solo 17 pueden ser analizados por laboratorios acreditados a nivel nacional (pH, temperatura, Sólidos Disueltos Totales, DBO₅, DQO, oxígeno disuelto, turbidez, Al, Ca, Cd, cloruros, Cu, Fe, Mg, Mn y sulfatos). Hay 63 parámetros que son exigibles en el reglamento y que no hay forma de contar con un análisis acreditado dentro del territorio boliviano. En el reglamento se especifica que las pruebas deben ser llevadas a cabo por laboratorios acreditados, en el entendido que las pruebas deben estar acreditadas. En total, se cuenta con 11 laboratorios de Ensayo del Sector Agua Potable acreditados (2 de ellos se reportan en suspensión), y 14 laboratorios acreditados de Ensayo del Sector Agua y Medio Ambiente, con uno de estos reportado como suspendido (DTA-PUB-023, 2020). Por ello, se considera indispensable aumentar la capacidad analítica acreditada instalada en el país.

Es de destacar que, hasta ahora, Bolivia es el único país que no establece que el sitio en el que se debe verificar el cumplimiento de la regulación es en la descarga, entendida como el efluente de la PTAR.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

Bolivia cuenta con el Reglamento Nacional de prestación de servicios de agua potable y alcantarillado para centros urbanos⁵², de 1992, establece, en su artículo 56 y 57, una serie de condiciones mínimas respecto de sólidos sedimentables, sulfatos, temperatura y sustancias químicas, corrosivas o inflamables, sin indicación de parámetros específicos, a excepción de:

- Ausencia de sólidos sedimentables en 10 minutos.
- Sulfatos no deberán sobrepasar los 200 mg/l.

Adicionalmente, la Ley 1.333 del Medio Ambiente - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, establece:

- En el artículo 23º: que las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los colectores de alcantarillado sanitario serán aceptables si a juicio del correspondiente Servicio de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado o la administración del parque industrial no interfieren los procesos de tratamiento de la planta, ni perjudican a los colectores sanitarios. Los límites de calidad serán fijados por la EPSA propietaria de los colectores (inciso b).
- En el Artículo 29º:
 - i. Que las aguas residuales tienen, como promedio, una DBO₅ de 250 mg/l y los sólidos suspendidos totales una concentración de 200 mg/l. Las descargas de agua residual con concentraciones mayores a estas cifras estarán sujetas a una tarifa adicional en relación a las cargas en toneladas por mes, tanto de DBO₅ como de sólidos suspendidos totales.

⁵² <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bol201432.pdf>

- ii. Se podrán imponer tasas adicionales o limitar las descargas de los siguientes elementos: arsénico, cadmio, cromo +6 y cromo +3, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc.

Por lo tanto, la facultad de definir las calidades de agua cruda que se pueden aceptar es de la EPSA correspondiente, por lo que depende de su capacidad técnica y económica el poder llevar a cabo esta facultad, así como el control y monitoreo de las calidades que se establezcan.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

No existe una ley específica que regule el aprovechamiento de aguas recuperadas en la agricultura, sin embargo, existen leyes sectoriales que determinan reglas de uso del agua (MMAyA, 2013). El instrumento normativo que rige el reúso del agua tratada en Bolivia es el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)⁵³, en el marco del Desarrollo sostenible.

En el Capítulo II, artículo 10°, inciso f del Reglamento, se atribuye al prefecto aprobar el reúso por el mismo usuario de aguas residuales crudas o tratadas, descargadas al cuerpo receptor. En sentido estricto, el reglamento permite al usuario el reúso de las aguas residuales crudas. Sin embargo, el Artículo 67 (Capítulo V) restringe el reúso de aguas residuales crudas o tratadas por terceros, ya que indica que éste será autorizado por el prefecto cuando el interesado demuestre que estas aguas satisfacen las condiciones de calidad establecidas en el cuadro N° 1 Anexo A, que indica la clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso. De facto, esto equipara al agua de reúso con la clasificación de los cuerpos de agua y los LMP que tienen los cuerpos receptores son sensiblemente menores que los correspondientes a las descargas de agua residual tratada.

El primer obstáculo para el aprovechamiento de agua recuperada se encuentra en los LMP para DBO5: < 2 mg/L < 5 mg/L < 20 mg/L y < 30mg/L para cuerpos de agua clase A, B, C y D respectivamente, mientras que para descargar el agua residual tratada el LMP es de 80 mg/L.

Otro parámetro en conflicto son Grasas y Aceites, ya que los límites respectivos de los cuerpos A, B, C y D, son: ausentes, ausentes, 0,3 y 1,0, respectivamente, mientras que, en el caso de las aguas residuales municipales tratadas, no está expresado el parámetro (no normado) y solo se fijan límites para aguas residuales industriales, mineras y del petróleo.

Esto implica que el aprovechamiento del agua recuperada solo será posible después de la dilución con los cuerpos receptores, es decir, la reutilización indirecta o, en su defecto, las PTARs deberán tener un desempeño mucho más eficiente que el que está implicado en los LMP para descarga (Anexo A-2 del reglamento).

A pesar de lo que establece la normatividad actual, una gran parte de las aguas residuales son utilizadas (directa o indirectamente) en el riego, y muy a menudo para hortalizas

⁵³ Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, que reglamenta la Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica.

(FAO, 2017). Se estima que en el país se riegan de forma directa (sin apenas dilución) entre 5.700 y 7.000 ha con aguas residuales tratadas y no tratadas (MMAyA, 2013; Marka, 2016).

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Bolivia no cuenta con un instrumento normativo para el manejo y disposición de lodos y biosólidos. En el RMCH, Título III, Capítulo V. Artículo 68, establece que los lodos producidos en PTAR que hayan sido secados en lagunas de evaporación, lechos de secado o por medios mecánicos, serán analizados y, en caso de que satisfagan lo establecido para uso agrícola, deberán ser estabilizados antes de su uso o disposición final, todo bajo control de la prefectura.

Anexos

Ficha Brasil

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Brasil cuenta con 213,59 millones de habitantes⁵⁴ y se extiende en una superficie de 8,52 millones de km².

Posee 8.647 km³/año de recursos hídricos renovables⁵⁵ y 41.603 m³/año per cápita. La cuenca del Amazonas cuenta con el 73,6% de los recursos superficiales internos del país, mientras que en el noreste predomina un clima semiárido, con precipitaciones medias de 600 mm/año⁵⁶.

Según datos del JMP, en 2020 el país presentaba una cobertura de acceso a servicios de saneamiento seguro del 48,7%, y de tratamiento de aguas residuales de 37,6%. El Sistema Nacional de Informaciones de Saneamiento (SNIS)⁵⁷ publicó, en 2019, que el promedio de acceso a servicios de saneamiento ascendía a 54,1% y el tratamiento de efluentes al 49,1%, con importantes brechas a nivel geográfico: entre la zona sudeste (formada por los estados de Sao Paulo, Minas Gerais, Río de Janeiro y Espírito Santo), cuya cobertura asciende a 79,5%, y la zona norte (formada por los estados de Acre, Rondonia, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá y Tocantins), con una cobertura del 12,3%.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

Los derechos humanos al agua y al saneamiento no están reconocidos explícitamente en la Constitución brasileña de 1988, aunque se podría argumentar que están reconocidos tácitamente en los derechos a la vida⁵⁸.

Asimismo, la Ley N° 9.433/97, de Recursos Hídricos, garantiza el uso prioritario del agua para el consumo humano (derivado del reconocimiento del agua como un derecho humano) y para los animales. Adicionalmente, en el artículo 1 se dicta que la Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) debe: tomar como base la gestión de los recursos hídricos, ser descentralizada, y garantizar la participación del Poder Público, los usuarios y las comunidades.

El 15 de julio de 2020 se publicó la Ley N° 14.026, que actualiza el marco legal del saneamiento básico y permite la apertura de más inversiones privadas en el sector. Esta ley introduce modificaciones en 7 disposiciones legales, que a continuación se detallan.

Sobre la Ley No. 9.984: El artículo 1 crea la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA), entidad federal que implementa la PNRH, parte del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SINGREH) y responsable del establecimiento de estándares de referencia para la regulación de los recursos hídricos y los servicios públicos de saneamiento básico. En este sentido, establece las reglas para su desempeño, estructura administrativa y fuentes de financiamiento.

Del mismo modo, el artículo 3 se cambió para establecer que la ANA creará las normas de referencia para la regulación de los servicios públicos de saneamiento básico. En la

⁵⁴ IBGE – Estimación 2021. https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html?utm_source=portal&utm_medium=popclock&utm_campaign=novo_popclock

⁵⁵ Aquastat. Ficha Brasil, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/BRA>

⁵⁶ Aquastat. Ficha Bolivia, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/BOL>

⁵⁷ <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitarios>

⁵⁸ En trámite en la Asamblea Nacional una PEC para incluir el derecho a agua y saneamiento en la Constitución. <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2277279>

fracción II de este mismo artículo se establece que dichas normas deberán “estimular la libre competencia, la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad económica en la prestación de servicios”. En este sentido, en el artículo 4 (párrafo III) se establece “la estandarización de instrumentos empresariales para la prestación de servicios públicos de saneamiento básico suscrito entre el titular del servicio público y el delegado, que incluirá metas de calidad, eficiencia y ampliación de cobertura del servicio, así como especificación de la matriz de riesgos y mecanismos de mantenimiento el equilibrio económico y financiero de las actividades”.

Sobre la Ley N° 10.768: Se introducen cambios en la plantilla de la nueva ANA y establece las atribuciones del puesto de Especialista en Regulación de Recursos Hídricos y Saneamiento Básico, como la seguridad, otorgamiento, inspección, fiscalización y control del uso de recursos hídricos y de la prestación de servicios públicos en el área de saneamiento básico, entre otras. Asimismo, en el Artículo 3 § 2° se establece que podrá tener el ejercicio de las funciones de carácter fiscal o de policía y podrá “promover la prohibición de establecimientos, instalaciones o equipos, así como la incautación de bienes o productos, y solicitar, en caso necesario, la ayuda de la policía federal o estatal en caso de desacato o vergüenza en el ejercicio de sus funciones”.

Sobre la Ley N° 11.107: Esta ley establece reglas generales para la contratación de consorcios públicos y, en el artículo 8, se instituye que los miembros del consorcio sólo entregarán recursos al consorcio público mediante contrato de prorrateo, y se cambió el numeral 1, para quedar de la siguiente forma: “el contrato de prorrateo se formalizará en cada ejercicio y su plazo no será superior a las dotaciones que lo sustentan, salvo los contratos que tengan por objeto exclusivamente proyectos constituidos por programas y acciones contemplados en un plan plurianual”. Por su parte, el artículo 13 establece que “Los contratos para la prestación de servicios públicos de saneamiento básico deben cumplir con el art. 175 de la Constitución Federal, se prohíbe formalizar nuevos contratos de programas con este fin”.

Sobre la Ley N° 11.445: Esta ley establece las directrices nacionales para el saneamiento básico. Entre los principales cambios introducidos, se encuentran los establecidos en los principios del artículo 2:

- Universalización del acceso y prestación efectiva del servicio (fracción I).
- Integralidad, entendida como el conjunto de actividades y componentes de cada uno de los diversos servicios de saneamiento que propicie a la población el acceso a ellos, en función de sus necesidades, y maximice la eficacia de las acciones y de los resultados (fracción II).
- Abastecimiento de agua, saneamiento, limpieza urbana y manejo de los residuos sólidos realizados de forma adecuada a la salud pública, a la conservación de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente (fracción III).
- Estímulo a la investigación, al desarrollo y a la utilización de tecnologías adecuadas, consideradando la capacidad de pago de los usuarios, la adopción de soluciones graduales y progresivas, y la mejora de la calidad con mejoras de eficiencia y reducción de los costos para los usuarios (fracción VIII).
- Reducción y control de las pérdidas de agua, inclusive en la distribución de agua tratada, estímulo a la racionalización de su consumo por los usuarios y fomento a la

eficiencia energética, al reuso de efluentes sanitarios y al aprovechamiento de aguas de lluvia (fracción XIII).

- Selección competitiva del proveedor de servicios (fracción XV).

En el artículo 3 queda establecido que el saneamiento básico es el conjunto de servicios públicos, infraestructuras e instalaciones operativas de:

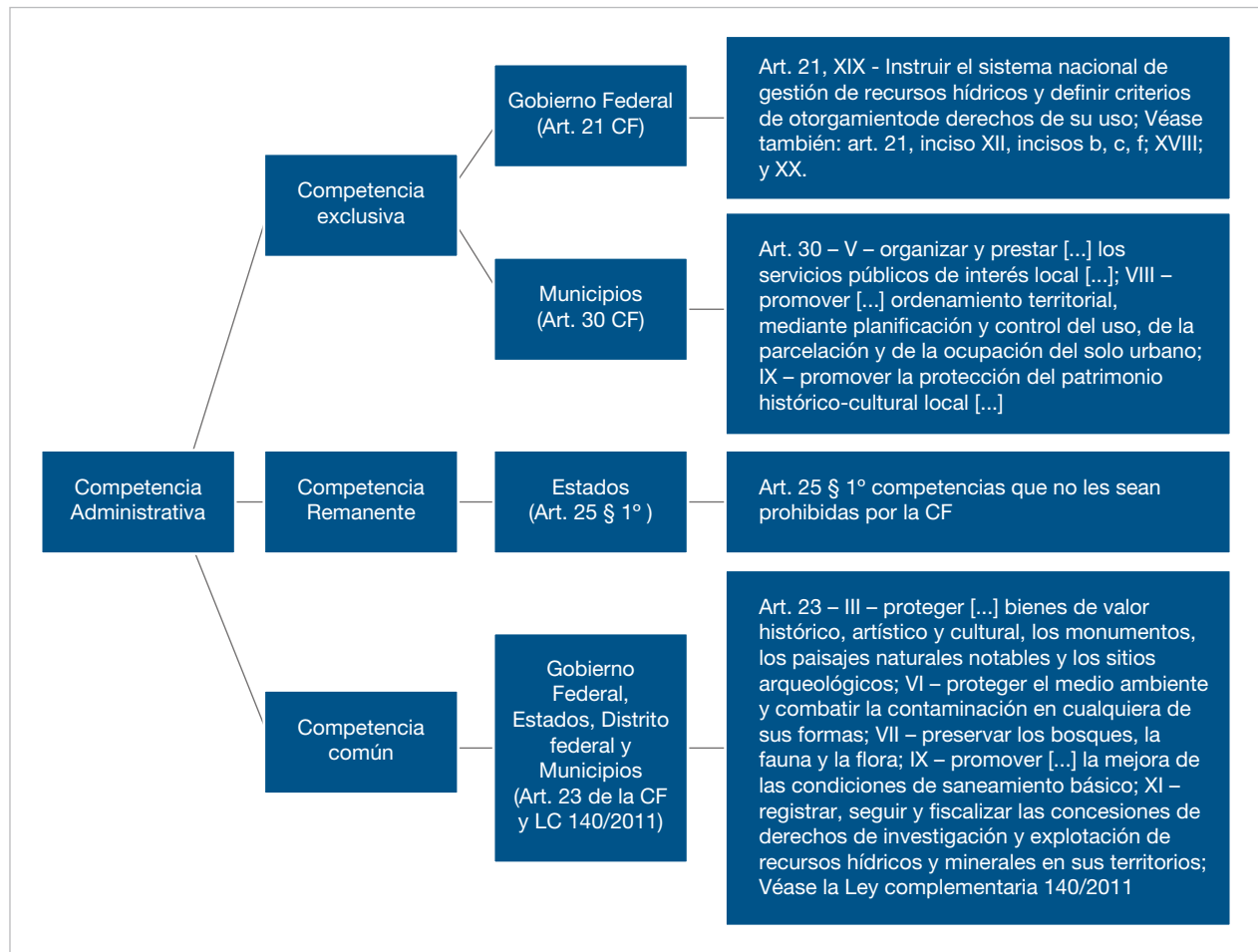
- a) suministro de agua potable;
- b) alcantarillado;
- c) limpieza urbana y manejo de residuos sólidos;
- y d) drenaje y manejo de las aguas pluviales urbanas.

También se introducen cambios en las siguientes leyes: **Ley N° 12.305**, que trata sobre la Política Nacional de Residuos Sólidos, en la que se estipula que los planes municipales de manejo integral de los residuos deben ser revisados, como máximo, cada 10 años. En la **Ley N° 13.089** se establece que la ley publicada el 15 de julio de 2020 se extiende a las unidades regionales de saneamiento básico. Finalmente, en la **Ley N° 13.529** se “autoriza a la Unión a participar en un fondo cuyo objeto exclusivo es financiar servicios técnicos profesionales especializados, con miras a apoyar la estructuración y desarrollo de proyectos concesionales y alianzas público-privadas de la Unión, los Estados, el Distrito Federal y Municipios, en régimen de aislamiento o consorcio” (art. 1).

■ Marco institucional

Brasil está organizado por un Gobierno Federal, los Estados, los municipios y un Distrito Federal. En la Constitución de 1988 se consideró un sistema de repartición de competencias administrativas, legislativas, tributarias y jurisdiccionales, por lo que hay múltiples centros de decisión política. En el tema del agua en particular, las competencias administrativas se dividen en tres categorías: exclusiva, remanente y común, como se detalla en el siguiente gráfico.

Gráfico 5. Síntesis de las competencias administrativas para los entes federativos y su impacto en los recursos hídricos



A nivel local, la PNRH creó los comités de cuencas hidrográficas como instancia de gestión del agua. Estos comités aprueban los planes del agua y los cobros por el uso, fijan el valor de estos cobros y la intermediación en caso de conflictos entre usuarios. Los comités están conformados por representantes del gobierno federal, estatal y municipal, y de los usuarios y de la sociedad civil.

Cuadro 11. Programa PRODES (Brasil)

CASO PROGRAMA DE DESCONTAMINACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS-PRODES (BRASIL)⁵⁹

El Programa Descontaminación de Cuencas Hidrográficas (PRODES) constituye un innovador programa FBR impulsado por el Gobierno Central de Brasil y gestionado por la Agencia Nacional de Agua (ANA), creado en 2001 con el fin de promover la inversión en las cuencas hidrográficas para reducir los niveles de contaminación por alcantarillas domésticas, disminuyendo los riesgos para la salud de la población y del ecosistema. El PRODES consiste en la concesión de estímulo financiero a los prestadores de servicios (públicos o privados) que invierten en la implementación y operación de PTARs. Este programa constituye además una estrategia innovadora de inversión basada en resultados, sustituyendo al viejo sistema basado en subsidios a los insumos, motivando así la eficiencia en la gestión y la disminución de costes del proyecto.

Los principales objetivos del Programa son:

- Reducir los niveles de contaminación hídrica observados en las cuencas del país.
- Fomentar la implantación de sistemas de manejo de recursos hídricos y la implementación de instrumentos de gestión.

En la última resolución del Programa, la Resolución 604 de 2015(2), se establece el sistema de puntaje para acceder a los fondos, en función de:

1. La eficiencia del tratamiento para la contaminación de los indicadores seleccionados y la población equivalente atendida por el proyecto:

Tabela de Pontuação									
Indicador	Padrões de Eficiência para Tratamento de Esgotos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
DBO	30%	60%	75%	85%	85%	90%	90%	90%	90%
SST	40%	60%	75%(1)	85%(1)	85%(1)	90%	90%	90%	90%
CF					99,999%		99,999%		99,999%
PT								85%	85%
e/ou								e/ou	e/ou
NTK								85%	85%
Pop. Equivalente (hab.)	Pontos								
até 10.000	0,4	0,8	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
de 10.001 a 20.000	0,8	1,7	2,1	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
de 20.001 a 50.000	1,7	3,3	4,2	4,7	4,7	5,0	5,0	5,0	5,0
de 50.001 a 100.000	4,2	8,3	10,4	11,8	11,8	12,5	12,5	12,5	12,5
de 100.001 a 200.000	8,3	16,7	20,8	23,6	23,6	25,0	25,0	25,0	25,0
acima de 200.000	16,7	33,3	41,7	47,2	47,2	50,0	50,0	50,0	50,0

(1) - A ANA, a seu critério, poderá considerar 60% no caso de lagoas de estabilização produtoras de algas.

⁵⁹ <https://www.ana.gov.br/prodes/>

2. Existencia de Comité de Cuenca en funcionamiento.
3. Las cuencas hidrográficas priorizadas por la ANA en función de la problemática de contaminación.
4. Municipios priorizados en el Atlas Brasil.
5. Destino de los recursos PROFES por los Comités
6. Proyecto identificado en planes de gestión del recurso hídrico, programas de inversión, etc.
7. Proyecto situado en municipios y cuerpos receptores identificados por la ANA, en función de los criterios de criticidad.

Los responsables de los servicios de agua y saneamiento son el gobierno federal, el Ministerio de las Ciudades (actual Ministerio de Desarrollo Regional) y la Fundación Nacional de Salud. Para municipios con menos de 50.000 personas, la Fundación Nacional de Salud (FUNASA) del Ministerio de Salud es la institución responsable de promover la inclusión social a través de acciones de saneamiento, con foco en la prevención y control de enfermedades. Para los demás casos (pero con eventuales sobreposiciones), en lo que se refiere al abastecimiento de agua y al alcantarillado sanitario, los servicios se prestan mayoritariamente en áreas urbanas por compañías pertenecientes a los estados (atención a cerca del 71% de las municipalidades), consorcios regionales y prestadores de servicios locales/municipales (atendimiento a cerca de 24% de las municipalidades), y operadores privados (con presencia en cerca de 5% de las municipalidades).

En temas de calidad de agua y de sistemas de información, varios estados brasileños monitorean la calidad del agua superficial en sus territorios y la transmiten a la ANA

En temas de calidad de agua y de sistemas de información, varios estados brasileños monitorean la calidad del agua superficial en sus territorios y la transmiten a la ANA. Sin embargo, como cada región utiliza diferentes criterios y parámetros, no siempre es posible comparar datos a nivel nacional. Por lo que, en 2013, la ANA lanzó la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNQA), que tiene una estrategia de cooperación entre los operadores de las redes de monitoreo, estandarizando y expandiendo el monitoreo a nivel nacional. Por lo tanto, los Estados continúan siendo los principales responsables del establecimiento y operación de las redes de calidad del agua, pero los datos generados son más fáciles de interpretar y los costos de implementación y operación se reducen.

El Programa Nacional de Consolidación del Pacto Nacional para la Gestión de las Aguas (PROGESTÃO)⁶⁰, se configura como una estrategia de cooperación federativa con el objetivo de fortalecer los sistemas y órganos estatales de gestión de recursos hídricos y su mayor integración en el ámbito del SINGREH. El PROGESTÃO es un espacio de articulación política y administrativa para apoyar la implementación del modelo brasileño de gobernación de las aguas, integrado, descentralizado y participativo, conforme prevé la PNRH. Sabiendo de las diferencias regionales entre las unidades de la Federación, la ANA ofrece una metodología para que ellas puedan adherir al Pacto y encuadrarse en una topología de gestión para que cada estado puede definir sus propias metas de

⁶⁰ <https://progestao.ana.gov.br/>

acuerdo con las necesidades actuales en el área de gestión de recursos hídricos, asociadas a una visión de futuro.

Adicionalmente, el Ministerio de Salud cuenta con el Programa *Vigiagua*, que se sustenta en el decreto presidencial 5.440 de 2005, que estableció los mecanismos e instrumentos para la difusión de información al consumidor sobre la calidad del agua para consumo humano, de acuerdo con las normas de potabilidad establecidas en la legislación específica.

Normativa en aguas residuales

Por ser un país federal, se seleccionaron dos estados (Sao Paulo y Ceará) como objeto de este análisis normativo.

Normativa sobre el vertido a cuerpos receptores

En Brasil existe una norma federal y los estados generan leyes complementarias, que deben cumplir al menos con unos requerimientos mínimos establecidos por la norma nacional.

Tabla 43. Instrumento normativo para regular las descargas a cuerpos receptores a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA REGULAR LAS DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES
Brasil	A nivel federal	Resolución 430 (2011) del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
	Edo. Ceará	Resolución del Consejo Estatal de Medio Ambiente (COEMA) Núm. 2 (2017) que dispone sobre los patrones y condiciones para el vertido de efluentes líquidos generados por fuentes contaminantes.
	Edo. Sao Paulo	Decreto Estatal 8468 (1976), que aprueba el reglamento a la Ley 997 que dispone sobre la prevención y el control de la contaminación al medio ambiente.

En el instrumento normativo federal y el del Edo. de Sao Paulo no se distingue en función de los cuerpos receptores de los efluentes tratados, sino que se aplica un enfoque combinado entre establecer los LMP para los parámetros establecidos en la norma y el cumplimiento de los objetivos de calidad de los cuerpos de agua. Por ejemplo, en el caso del Estado de Sao Paulo, se establecen los objetivos de calidad en función de la clasificación mostrada en la siguiente tabla. Para los cuerpos de agua clasificados como Clase 1, no se pueden realizar descargas de efluentes con cualquier tipo de tratamiento.

Tabla 44. Clasificación de los cuerpos de agua en el Estado de Sao Paulo

CLASE 1	Aguas para abastecimiento doméstico, sin tratamiento previo
CLASE 2	Aguas para abastecimiento doméstico, irrigación de hortalizas y plantas fructíferas o recreación de contacto primario, después tratamiento convencional
CLASE 3	Aguas para establecimientos doméstico, preservación de peces y otras fauna y flora, después de tratamiento convencional
CLASE 4	Aguas para abastecimiento doméstico, navegación, paisajismo, abastecimiento industrial, irrigación y otros usos menos exigentes, después de tratamiento avanzado

En el caso particular de Ceará, el instrumento normativo distingue:

- Efluentes no sanitarios vertidos a cuerpo receptor (Art. 11).
- Efluentes sanitarios vertidos a cuerpo receptor (Art. 12).
- Efluentes sanitarios vertidos mediante emisario submarino (Art. 13).
- Efluentes provenientes del lavado de filtros de las estaciones de tratamiento de aguas residuales (Art. 14).

A continuación, se presenta una síntesis de los parámetros contenidos en la normativa de descargas a cuerpos receptores.

Temperatura. La normativa federal establece un LMP de 40°C, y la variación de temperatura del cuerpo receptor no deberá exceder de 3°C en la zona de mezcla. Las normativas estatales establecen el mismo LMP.

pH. La normativa federal establece un rango flexible entre 5-9. Las normativas estatales establecen el mismo rango.

Materia orgánica: tanto a nivel federal como estadual, solo se establece como parámetro la DBO₅, la DQO no es considerada, a excepción del Edo. de Ceará, para los efluentes no sanitarios. La normativa federal establece un LMP de 120 mg DBO₅/l, sin embargo, habilita la posibilidad de sobrepasar el límite siempre y cuando la eficiencia de remoción de DBO₅ sea superior al 60%. En el caso del estado de Sao Paulo, es más restrictivo, llevando el LMP a 60 mg DBO₅/l, pudiendo ser este sobrepasado siempre y cuando la eficiencia de remoción de DBO₅ sea superior al 80%. En el caso de Ceará, es de 120 mg DBO₅/l para efluentes sanitarios y 200 mg/l de DQO en el caso de efluentes no sanitarios. Para este último se establece también un límite mínimo de Oxígeno Disuelto de 3 mg/l en el caso que de que los efluentes no sanitarios hayan sido tratados en lagunas de estabilización.

Sólidos: tanto la normativa federal como la del Edo. de Ceará establecen un LMP diferenciado para vertidos mediante emisario submarino en el caso de sólidos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 45. Parámetros de control y sus LMP para sólidos regulados en los instrumentos normativos a nivel federal, en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo

	A NIVEL FEDERAL		EDO. CEARÁ			EDO. SAO PAULO
	Descargas a cuerpo receptor	Descargas mediante emisario submarino	Descargas a cuerpo receptor	Descargas mediante emisario submarino	Descargas a suelo	Descargas a cuerpo receptor
Sólidos sedimentables	1 ml/l	Virtualmente ausentes después de la desarenación	1 ml/l			1 ml/l
Sólidos suspendidos totales		Eficiencia mínima de remoción de 20% en la desarenación	150 mg/l (Lagunas de estabilización); 100 mg/l (otras tecnologías)	Eficiencia de remoción mínima de 20% después de desarenación	150 mg/l (Lagunas de estabilización); 100 mg/l (otras tecnologías)	

Adicionalmente, tan sólo el Edo. de Ceará establece un LMP para la conductividad y es en el caso de disposición en suelo, el cual no podrá superar 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Grasas y aceites. Los 3 instrumentos normativos establecen el mismo LMP para el parámetro sustancias solubles en hexano, con un límite máximo de 100 mg/l.

Nutrientes: tan sólo el instrumento normativo del Edo. de Ceará establece nitrógeno amoniacal como parámetro, cuyo límite se establece hasta 20 mg/l, cuando el pH sea menor o igual que 8 y hasta 5 mg/l cuando el pH sea mayor que 8. Ambos estados determinan nitritos y nitratos, aunque en Ceará estos parámetros no son obligatorios, solo que el órgano ambiental así lo decida

Ni el fósforo ni fosfatos están contemplados en ninguna de las 3 normas, pero sí en la clasificación de cuerpos de agua, por lo que es determinado mediante balance de masas

Ni el fósforo ni fosfatos están contemplados en ninguna de las 3 normas, pero sí en la clasificación de cuerpos de agua, por lo que es determinado mediante balance de masas.

Parámetros microbiológicos. La norma federal no establece ningún parámetro para el control de contaminación microbiológica. Sin embargo, los estados sí establecen parámetros al respecto:

- El Edo. de Sao Paulo no establece ningún parámetro para vertidos de efluentes tratados, sin embargo, sí en la clasificación de los cuerpos de agua, para las clases 2, 3 y 4.
- El Edo. de Ceará establece, para coliformes termotolerantes, un límite de 5.000 NMP/100 ml, para vertido a cuerpos receptores. Para vertido mediante emisario submarino y a suelo no se establece ningún parámetro al respecto.

Cianuros. El cianuro total es el parámetro más comúnmente utilizado a nivel regional y en el caso federal establece un LMP de 1,0 mg/l superior al promedio regional, al igual

que en el Edo. de Ceará, en su Anexo I. Sin embargo, a el Edo. de Sao Paulo establece un límite es más restrictivo, bajando el LMP hasta 0,2 mg/l.

Metales. La norma federal establece el control de los metales más comunes, como arsénico, bario, boro, cadmio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc. En el caso del Edo. de Ceará añade metales como antimonio, cobalto o molibdeno para los vertidos a suelo, pero cabe señalar que la medición de los metales no es obligatoria para las descargas municipales a menos que las autoridades ambientales así lo consideren.

Otros parámetros

- **Color.** La normativa federal no establece LMP para este parámetro.
- **Cloro.** Este elemento no está normado en ninguno de los instrumentos normativos analizados.
- **Sulfuro.** La normativa federal establece 1 mg/l como LMP para sulfuro.
- **Compuestos organoclorados, organofosforados e hidrocarburos totales.** Tan solo la normativa del Edo. de Ceará norma estos parámetros.

Normativa sobre el vertido a sistemas de alcantarillado sanitario

En cuanto a las descargas no domésticas, esencialmente de servicios o de origen industrial, a redes de alcantarillado, se exponen a continuación la normativa que rige a nivel provincial.

Tabla 46. Instrumento normativo para regular las descargas a alcantarillado a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA REGULAR LAS DESCARGAS A ALCANTARILLADO
Brasil	A nivel federal	-
	Edo. Ceará	Decreto Estatal 8.468. Ajustado por Decreto Estatal 15.425, 1980.
	Edo. Sao Paulo	Resolución 2 COEMA (02/02/2017) Artículo 24.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 47. Parámetros de control regulados en la normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo (Brasil)

PARÁMETRO	EDO. CEARÁ, BRASIL	EDO. SAO PAULO, BRASIL
Temperatura	+	+
pH	+	+
CN	+	+
As	+	+
Hg	+	+
Pb	+	+
Cd	+	
Cu	+	+
Ni	+	+
DBO ₅		
S ₂ ⁻	+	+
Zn	+	+
S.Sed. (1h)	+	+
SST	+	
AyG (Sustancias solubles)		+
Cr T		+
Cr ⁺⁶	+	+
Comp. Fenólicos	+	+
SO ₄ ⁻²	+	+
DQO	+	

Fuente: elaboración propia.

En general, la normativa de ambos estados presenta similitudes al promedio regional en lo que respecta a temperatura, pH, aceites y grasas. Sin embargo, en ambas provincias se regula el parámetro de sólidos sedimentables, y sólo Ceará adicionalmente establece

LMP para sólidos suspendidos totales, pese a ser un parámetro de importancia para el control de las descargas por su influencia en la recolección.

La materia orgánica no se encuentra regulada en el Edo. de Sao Paulo; y en el caso del Edo. de Ceará, se mide a través de la DQO, para la cual se establece un límite 600 mg/l, situándose en el promedio regional.

Existen otros parámetros recurrentes, como:

- Los **cianuros**, que presentan valores máximos de 0,2 mg/l en ambos estados, siendo este valor más estricto que el promedio regional.
- Los límites máximos aceptables para el **arsénico** van de 0,5 mg/l en el Edo. de Ceará, a 1,5 mg/l en el Edo. de Sao Paulo, el más límite más alto a nivel regional.

Normativa sobre el uso y disposición de subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Brasil cuenta con normativa específica para la reutilización del agua tratada tanto a nivel federal y como en ambos estados también.

Tabla 48. Instrumento normativo para regular el reúso de agua tratada a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA UTILIZACIÓN DE AGUA TRATADA
Brasil	A nivel federal	Resolución 54 (28 de noviembre de 2005), Consejo Nacional de Recursos Hídricos.
	Edo. Sao Paulo	Resolución Conjunta 01 de las Secretarías de Salud, Medio Ambiente y de Saneamiento y Recursos Hídricos (28 junio, 2017).
	Edo. Ceará	Resolución 02 del COEMA (2 febrero, 2017).

Las particularidades, tales como los límites máximos permisibles de las distintas sustancias o parámetros que puede contener dichas aguas, son establecidos por los órganos ambientales competentes de los estados.

En el caso de Brasil, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos estableció en la Resolución 54⁶¹ las modalidades, directrices y criterios generales para la reutilización directa, no potable, del agua recuperada. Sin embargo, las particularidades, tales como los límites máximos permisibles de las distintas sustancias o parámetros que puede contener dichas aguas, son establecidos por los órganos ambientales competentes de los estados.

⁶¹ Resolución 54 (28 de noviembre de 2005, publicada no DOU em 09/03/06) Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNR. Ministério do Meio Ambiente.

Los límites permisibles para el agua recuperada se tienen perfectamente tipificados y deben satisfacer tanto los valores establecidos para la descarga de agua tratada como de los usos posibles para el agua recuperada

Estado de Sao Paulo. El instrumento normativo que regula la reutilización del agua recuperada para usos no potables es la Resolución Conjunta 01 , en la cual se definen como sujetos de reutilización los siguientes usos, a nivel urbano:

- Riego de áreas verdes;
- Lavado de calles, banquetas y espacios públicos y privados;
- Construcción civil;
- Destapado de redes de drenaje, sanitario y pluvial;
- Lavado de vehículos y;
- Control de incendios.

Las características que debe tener el agua recuperada se definen más bien en función de los usos con restricción moderada o usos con restricción severa, en el entendido que la restricción se refiere a la cercanía del público con el uso en el que se aplica el agua recuperada. Así, el agua recuperada con restricción moderada tiene límites permisibles mucho más estrictos que los del agua recuperada con restricción severa. El agua con restricción moderada puede aplicarse, con las debidas precauciones en los seis tipos de aprovechamiento, mientras que el agua recuperada de restricción severa no puede aplicarse ni en el lavado interior de vehículos ni en el control de incendios. Los límites permisibles para el agua recuperada se tienen perfectamente tipificados y deben satisfacer tanto los valores establecidos para la descarga de agua tratada como de los usos posibles para el agua recuperada (ya sea con restricción moderada o con restricción severa).

En general, los límites permisibles establecidos para usos con restricción moderada implican un nivel de tratamiento exhaustivo que presuponen un tratamiento terciario o procesos como los biorreactores con membranas (ver matriz comparativa de instrumentos normativos para el aprovechamiento de agua recuperada).

Los usos de agua recuperada con restricción severa tienen límites menos estrictos, que en principio son alcanzables con tratamientos secundarios bien diseñados y bien operados.

Estado de Ceará. La Resolución 02⁶² regula tanto las descargas de aguas residuales tratadas en cuerpo receptor, como el agua recuperada para aplicar en los usos permitidos. Los proyectos de reutilización deben ser sometidos ante, y analizados por, el órgano ambiental competente. Los límites máximos establecidos para el agua recuperada solo comprenden de forma obligatoria pH (6- 8.5), conductividad (< 3000 μ S/cm), Coliformes Totales (de No detectable a 1000 Coliformes Termotolerantes/100 mL dependiendo del uso), y Huevos de Helmintos hasta 1/L. El índice de absorción de sodio (RAS) también está normado, pero sólo para usos que impliquen riego. Los demás parámetros, como metales o compuestos orgánicos, pueden ser exigibles, pero eso debe ser determinado por las autoridades ambientales.

⁶² Resolución 02 del Consejo Estatal de Medio Ambiente, Estado de Ceará, emitida el 2 de febrero de 2017.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Brasil presenta un instrumento normativo a nivel nacional y el Edo. de Sao Paulo establece una norma técnica para la aplicación de lodos de sistemas de tratamiento biológico para actividades agrícolas:

Tabla 49. Instrumento normativo para regular el manejo y disposición de lodos y biosólidos a nivel federal y en el Estado de Ceará y el Estado de Sao Paulo

PAÍS		INSTRUMENTO NORMATIVO PARA EL MANEJO DE BARROS Y BIOSÓLIDOS
Brasil	A nivel nacional	Resolución 375/2006 CONAMA .
	Edo. Sao Paulo	Norma Técnica 4230 Aplicación de lodos de sistemas de tratamiento biológico en áreas agrícolas – Criterios para proyecto y operación - Manual técnico.

Brasil clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos y, el Clase B, el que tiene mayor concentración.

Los indicadores incluidos en la norma son:

- **Microbiológicos:** incluye los coliformes termotolerantes, huevos de helminto y helminto o virus entéricos.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de once metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se⁶³ y Zn.

La legislación brasileña indica la carga máxima de aplicación en kg/ha, con el objetivo de que no se presente acumulación de sustancias tóxicas por la aplicación constante de biosólidos al suelo.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.
- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos clase A y clase B.
- No considera la comercialización de los biosólidos.
- Define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

⁶³ Elemento químico no metálico

Anexos

Ficha Chile

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

La población de Chile comprende 19,68 millones de habitantes⁶⁴ y se extiende en una superficie de 75 mil km².

El país cuenta con 923 km³/año de recursos hídricos renovables y 51.432 m³/año per cápita⁶⁵. Destaca su gran variedad de condiciones climáticas y una marcada heterogeneidad hídrica, tanto geográfica como temporal, situando al norte del país en estrés hídrico, que va disminuyendo hacia el sur. Chile realizó el primer balance hídrico nacional entre los años 1983 y 1987, con su actualización más reciente en 2021⁶⁶.

De acuerdo a los datos del JMP, en 2020 presentaba una cobertura de acceso a alcantarillado que de 88,9% y de tratamiento de aguas residuales de 72,8%.

Según el Informe Anual de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en 2019 la cobertura nacional de tratamiento de aguas servidas fue de un 99,98% y de alcantarillado alcanzó un 97,27%⁶⁷.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

Si bien no existe una mención explícita y directa al derecho humano al agua en el ordenamiento interno chileno, existe una serie de disposiciones que, de uno u otro modo, se relacionan con los derechos humanos. En este sentido, Chile reconoce tanto dentro de su constitución como en su institucionalidad la regulación internacional en materia de derechos humanos, pues el Ministerio de Justicia y Derechos humanos tiene el propósito de incorporar el enfoque de derechos humanos en la gestión pública de las distintas instituciones del Estado.

El principal instrumento para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico es el Código de Aguas de 1981, que luego fue modificado mediante la Ley 20.017, de 2005, con el fin de asegurar sostenibilidad, competencia y equidad en el uso del agua, y posteriormente por la Ley 20.411, de 2009, que impide la constitución de derechos de aprovechamiento de agua.

Actualmente se encuentra en proceso de aprobación un nuevo Código de Aguas, con el fin de reconocer los retos que supone el cambio climático y reforzar el carácter de bien de uso público del agua, así como garantizar el derecho humano de acceso a agua potable y saneamiento.

El actual Código dispone el uso y aprovechamiento de aguas, así como la protección de aguas y cauces. En su art. 5 dispone que las aguas son *“bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código”*. En su art. 6 indica que *“El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código”* y *“El derecho de aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quién podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley”*. El Código separa la propiedad del agua del dominio de la tierra.

⁶⁴ INE Chile – Proyección 2021. <https://www.ine.cl/>

⁶⁵ Aquastat. Ficha Chile, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/CHL>

⁶⁶ <https://snia.mop.gob.cl/sad/REH5796v1.pdf>

⁶⁷ https://www.siss.gob.cl/586/articles-17972_recurso_1.pdf

Adicionalmente, en el art. 47 establecen: “Constituyen un sistema de drenaje todos los cauces naturales o artificiales que sean colectores de aguas que se extraigan con el objeto de recuperar terrenos que se inundan periódicamente, desecar terrenos pantanosos o vegosos y deprimir niveles freáticos cercanos a la superficie”.

Mientras que en el art. 51 se explica que: “(...) los beneficiarios que sanean sus predios por medio de un mismo sistema de drenaje constituyen por ese hecho, una comunidad de drenaje”.

En el artículo 299 se estipulan las atribuciones de la Dirección General de Aguas (DGA), que es un servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Entre sus funciones se encuentra la de medir el recurso y monitorear tanto su calidad como su cantidad, en atención a la conservación y protección de las aguas. Este artículo fue modificado por la Ley 20.017, añadiendo más responsabilidades a la DGA.

La ley 19.300, de 1994, modificada por la Ley 20.417 (de 2010), presenta las bases generales del medio ambiente y establece que el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

Por otro lado, en la ley 20.998 (de 2017) se regula el servicio sanitario rural, que consiste en la provisión de agua potable y/o saneamiento, con el debido aporte de inversión y capacitación del Estado (art. 2 inciso n). Y el servicio puede ser operado por un comité o una cooperativa con licencia otorgada por el Ministerio de Obras Públicas, las cooperativas deberán ser sin fines de lucro (art. 1). Del mismo modo, se reconoce la gestión comunitaria, definiéndola *“como aquellas acciones destinadas a apoyar y acompañar a los licenciarios en el proceso de funcionamiento, como, entre otras, capacitación continua de dirigentes y trabajadores, apoyo en el financiamiento de obras de mejoras del sistema y asesoría continua de comités y cooperativas”* (art. 2 inciso r).

La prestación de este servicio incluye la producción y distribución de agua potable, la recolección de aguas servidas y el tratamiento y disposición final de aguas servidas. En particular, la etapa de recolección de aguas servidas consiste en la conducción de dichas aguas desde el inmueble hasta la entrega para su tratamiento y disposición final, así como en la remoción de los contaminantes presentes para la posterior evacuación de éstas en cuerpos receptores, y en el manejo de los lodos generados (art. 7). Para el desarrollo de cada una de estas etapas se podrá considerar contratar a terceros.

Marco institucional

Dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la DGA tiene la función primordial de aplicar el Código de Aguas.

En el art. 299 se establecen las responsabilidades de la DGA:

- a) Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento y arbitrar las medidas necesarias para prevenir y evitar el agotamiento de los acuíferos.
- b) Investigar, medir el recurso y monitorear tanto su calidad como su cantidad, en aten-

ción a la conservación y protección de las aguas. Para ello deberá:

- Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, el que incluye tanto mediciones de cantidad como calidad de aguas, y proporcionar y publicar la información correspondiente.
 - Encomendar a empresas u organismos especializados los estudios e informes técnicos que estime conveniente y la construcción, implementación y operación de las obras de medición e investigación que se requiera.
 - Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público y a las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado. Para la realización de estas funciones, la DGA deberá constituir las servidumbres a que se refiere el artículo 107.
 - Corresponderá a la DGA declarar la alerta de amenaza asociada al recurso hídrico, informando el nivel y cobertura del mismo, y comunicarla de manera oportuna y suficiente al Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, en la forma que determinen los protocolos generados para estos efectos.
- c) Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en estos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización previa del servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación.
- d) En el caso de que no existan Juntas de Vigilancia legalmente constituidas, impedir que se extraigan aguas de los mismos cauces sin título o en mayor cantidad de lo que corresponda. Para estos efectos, podrá requerir el auxilio de la fuerza pública en los términos establecidos en el artículo 138 de este Código.
- e) Supervigilar el funcionamiento de las organizaciones de usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en este Código.
- f) Requerir directamente el auxilio de la fuerza pública, con facultades de allanamiento y descerrajamiento, para efectos del ejercicio de las atribuciones señaladas en los literales b), número 1; c) y d) de este artículo. El requerimiento deberá ser presentado por el director regional correspondiente.

Las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA), que son entidades privadas, reguladas por el Código de Aguas, responsables de la captación, conducción y distribución de las aguas a las que tienen derecho sus titulares

Adicionalmente, la DGA tiene la responsabilidad de llevar el Catastro Público de Aguas.

Cabe mencionar las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA), que son entidades privadas, reguladas por el Código de Aguas, responsables de la captación, conducción y distribución de las aguas a las que tienen derecho sus titulares. En los cauces naturales, se organizan en Juntas de Vigilancia, y en los cauces artificiales (canales, embalses) se organizan en Asociaciones de Canalistas o Comunidades de Aguas. No persiguen fines de lucro, obtienen personalidad jurídica por su registro ante la DGA, y cumplen una función fundamental en la gestión del recurso hídrico.

La Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), también dependiente del MOP, tiene por misión proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas, mediante un equipo de trabajo competente, con eficiencia en el uso de los recursos y la participación de la ciudadanía en las distintas etapas de los proyectos, para contribuir al desarrollo sus-

tentable del país. En el mismo ministerio se encuentran la Dirección General de Obras Públicas, que articula la gestión técnica de los servicios de infraestructura, y la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas, que administra el sistema de explotación de obras públicas fiscales concesionadas.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) tiene como misión garantizar a los clientes de los servicios de agua potable y saneamiento de las zonas urbanas del país, que estos corresponden (en cantidad y calidad) a los ofrecidos, que su precio es justo y sostenible en el largo plazo; y asegurar a la comunidad que el agua, una vez utilizada, será tratada para ser devuelta a la naturaleza de forma compatible con un desarrollo sustentable. La SISS actúa como reguladora de los proveedores de agua potable y saneamiento urbanos. También es el organismo normativo y fiscalizador de las empresas concesionarias que prestan los servicios de agua potable y alcantarillado. Además, debe controlar y fiscalizar los residuos líquidos generados por establecimientos industriales y los vertidos de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

El Instituto Nacional de Hidráulica (INH) desarrolla estudios e investigación aplicada de proyectos de infraestructura hidráulica, con un enfoque integral y criterios sustentables, así como apoyo técnico a organismos públicos y privados.

En la ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales, en su Art. 68, se crea el Consejo Consultivo Nacional para la orientación de la política de asistencia y promoción de los servicios sanitarios rurales. El Consejo Consultivo Nacional está compuesto por representantes del Ministerio de Obras Públicas (que lo preside); de Hacienda; de Economía, Fomento y Turismo; del Ministerio de Salud; del Ministerio de Vivienda y Urbanismo; del Ministerio de Desarrollo Social; del Ministerio del Medio Ambiente; de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior y Seguridad Pública; de la Asociación de Municipalidades que reúna la mayor cantidad de municipios asociados a nivel nacional; así como nueve representantes de asociaciones, federaciones o confederaciones de comités y cooperativas de agua potable rural, de carácter nacional, regional o provincial.

El organismo encargado de los proyectos e inversiones en saneamiento rural es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales y, en cada región, existirá un Subdirector Regional de Servicios Sanitarios Rurales, quien tendrá por funciones la ejecución de las políticas y programas (art. 72 de la ley 19.882).

La SISS, por su parte, ejerce las atribuciones y facultades regulatorias y fiscalizadoras respecto de todo operador de un servicio sanitario rural. También fiscaliza a los organismos colectivos privados con fines de lucro, independientemente de la forma jurídica que tengan, que operen servicios sanitarios en sectores rurales.

En tanto, la Comisión Nacional de Riego (CNR) es la encargada de fomentar la seguridad y cantidad de riego en el país, además de la administración de la Ley 18.450, que fomenta las obras privadas de construcción y reparación de obras de riego y drenaje y promueve el desarrollo agrícola de los productores de las áreas beneficiadas.

Asimismo, existen otros organismos que participan activamente en la gestión del recurso, como el Ministerio de Medio Ambiente, la Dirección Meteorológica de Chile, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Energía, el Servicio Agrícola y Ganadero, la Corporación Nacional Forestal, entre otros.

Por lo que se puede observar, la institucionalidad vinculada con la gestión de las aguas en Chile es amplia y compleja e involucra a varios organismos públicos. En 2011, la Or-

ganización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) publicó un estudio en el que reconoce a Chile como el país con la mayor diversidad de autoridades administrativas involucradas en la gestión del recurso, lo que acarrea dificultades para planificar coordinadamente su desarrollo.

Normativa analizada sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

Las normas primarias de emisión en Chile son:

- El Decreto 90/00, que establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- El Decreto 46/02 - Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.

Adicionalmente, se establecen normas secundarias de calidad ambiental referentes al recurso hídrico para la protección de las aguas continentales superficiales:

- D.S. MMA N° 9/15 La Cuenca del río Biobío.
- D.S. MMA N° 53/13 La Cuenca del Maipo.
- D.S. MMA N° 19/13 Del Lago Villarrica.
- D.S. MMA N° 122/10 Del Lago Llanquihue.

A los efectos de este trabajo, se analizan exclusivamente las normas primarias.

Los dos decretos mencionados determinan lo que se considera como establecimiento o fuente emisora de contaminación a partir de la determinación de la carga contaminante media diaria de 100 hab/día, para una dotación de 200 l/hab/día y un coeficiente de retorno de 0,8. Las fuentes que emitan una carga contaminante media diaria o de valor característico igual o inferior a lo establecido en la norma, no son consideradas como fuentes emisoras y, por lo tanto, no quedan sujetos a la misma, en tanto se mantengan esas circunstancias.

Chile establece los parámetros de control y sus LMP en función del cuerpo receptor, y así es que dispone otro concepto clave, en el caso del Decreto 90/00, que es la tasa de dilución del efluente vertido, de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Tasa de dilución } d = \frac{\text{Caudal disponible del cuerpo receptor}}{\text{Caudal medio mensual del efluente vertido}}$$

Para el caso del Decreto 46/02, la distinción se realiza en función de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero, de acuerdo a la velocidad con la que un contaminante puede migrar hasta la zona saturada del acuífero, a mayor velocidad mayor vulnerabilidad, estableciendo así 3 categorías: alta, media y baja.

De acuerdo a estos conceptos, los instrumentos normativos distinguen los LMP de los parámetros de control básico, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 50. Parámetros básicos de control y LMP regulados en el Decreto 99/00 y Decreto 46/02 (Chile)

PARÁMETROS	DECRETO 90/00 - DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES					DECRETO 46/02 -DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS			
	A cuerpos de agua fluviales (a)	A cuerpos de agua fluviales con capacidad de dilución del receptor	A aguas lacustres no artificiales	A cuerpos de agua marinos en zona de protección litoral	A cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral	En condiciones de vulnerabilidad alta	En cond.de vulnerabilidad media	En cond. de vulnerabilidad baja	
pH	6 - 8,5	6 - 8,5	6 - 8,5	6 - 9	5,5 - 9		6 - 8,5	6 - 8,5	
Temperatura (°C)	35	40	30	30	N/A		N/A	N/A	
DBO5 (mg/l)	35	300	35	60	N/A		N/A	N/A	
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	80	300	80	100	700				
A partir del 10° año de vigencia - 300		N/A	N/A						
Sólidos sedimentables (mg/l)	N/A	N/A	5	5	50				
A partir del 10° año de vigencia - 20		N/A	N/A			Solo se podrá disponer residuos líquidos mediante infiltración, cuando la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural del acuífero			
Aceites y Grasas (mg/l)	20	50	20	20	350				
A partir del 10° año de vigencia - 150		10	10						
Coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 ml)	1.000	1.000	1.000						
70 (b)	1.000								
70 (b)	N/A		N/A	N/A					
Cianuro (mg/l)	0,2	1	0,5	0,5	1			0,2	0,2
NTK (mg/l)	50	75	10 (c)	50	N/A			10	15
Fósforo (mg/l)	10	15	2	5	N/A			N/A	N/A
Hidrocarburos totales (mg/l)	N/A	N/A	5	10	20			N/A	N/A
Hidrocarburos fijos (mg/l)	10	50	N/A	N/A	N/A			N/A	N/A
Hidrocarburos volátiles (mg/l)	N/A	N/A	N/A	1	2			N/A	N/A

(a) Se podrá tomar aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo receptor incrementando las concentraciones límites establecidas, multiplicando el LMP exigido por la tasa de dilución (1+d). En caso de que esta concentración sea superior a la concentración límite exigida para descargas a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor, aplica este último. (b) Para áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos. (c) Suma de las concentraciones de nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato.

En lo referente a los metales pesados, ambos instrumentos establecen lo siguiente:

Tabla 51. Parámetros de control y LMP para metales pesados regulados en el Decreto 99/00 y Decreto 46/02 (Chile)

PARÁMETROS (mg/l)	DECRETO 90/00 - DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES					DECRETO 46/02 -DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS SUBTERRÁNEAS		
	A cuerpos de agua fluviales	A cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor	A aguas lacustres	A cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral	A cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral	En condiciones de vulnerabilidad alta	En condiciones de vulnerabilidad media	En condiciones de vulnerabilidad baja
Aluminio	5	10	1	1	10	Solo se podrá disponer residuos líquidos mediante infiltración, cuando la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural del acuífero	5	5
Arsénico	0,5	1	0,1	0,2	0,5		0,01	0,01
Boro	0,75	3	N/A	N/A	N/A		0,75	0,75
Cadmio	0,01	0,3	0,02	0,02	0,5		0,002	0,002
Cobre	1	3	0,1	1	3		1	1
Cromo Hexavalente	0,05	0,2	0,2	0,2	0,5		0,05	0,05
Hierro	5	10	2	10	N/A		5	5
Manganeso	0,3	3	0,5	2	4		0,3	0,3
Mercurio	0,001	0,01	0,005	0,005	0,02		0,001	0,001
Molibdeno	1	2,5	0,07	0,1	0,5		1	1
Niquel	0,2	3	0,5	2	4		0,2	0,2
Plomo	0,05	0,5	0,2	0,2	1		0,05	0,05
Selenio	0,01	0,1	0,01	0,01	0,03		0,01	0,01
Zinc	3	20	5	5	5		3	3
Fósforo (mg/l)	10	15	2	5	N/A		N/A	N/A
Hidrocarburos totales (mg/l)	N/A	N/A	5	10	20		N/A	N/A
Hidrocarburos fijos (mg/l)	10	50	N/A	N/A	N/A		N/A	N/A
Hidrocarburos volátiles (mg/l)	N/A	N/A	N/A	1	2	N/A	N/A	

Se observa que como parámetro de materia orgánica solo se establece como parámetro la DBO5, e igualmente no se distinguen los LMP en función del tipo de industria. Se hace, sin embargo, la distinción sobre los establecimientos de servicios sanitarios que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos industriales líquidos provenientes de establecimientos de residuos industriales. Estos estarán obligados a cumplir la presente norma, reduciendo la concentración de cada contaminante en su descarga final, en la cantidad que resulte de la diferencia entre la

concentración del valor característico establecida para definir las fuentes emisoras, para cada contaminante, y el límite máximo permitido señalado en la tabla que corresponda, siempre que la concentración del valor característico sea mayor al valor del límite máximo establecido en esta norma.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente es el Decreto D.S. 609 de 1998, del Ministerio de Obras Públicas, modificado por el D.S. 3.592 (del 2000) y por el D.S. 601 (de 2004).

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 52. Parámetros de control regulados en el Decreto D.S. 609 de 1998 y sus modificaciones (Chile)

PARÁMETRO	CHILE
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	+
Comp. Fenólicos	
SO ₄ ⁻²	+
DQO	

La normativa chilena para vertido a alcantarillado distingue como establecimiento industrial emisor en función de la caracterización del efluente de residuos industriales líquidos, o RILes, previo a cualquier forma de tratamiento, cuando:

- Descarga a una red de alcantarillado de un servicio sanitario con población abastecida inferior o igual a 100.000 habitantes, supere la carga media diaria superior equivalente a las aguas servidas de una población de 100 habitantes.
- Descarga a una red de alcantarillado de un servicio sanitario con población abastecida superior a 100.000 habitantes, supere la carga media diaria superior equivalente a las aguas servidas de una población de 100 habitantes, excepto los parámetros DBO5, fósforo, nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos que corresponderán a una población de 200 personas.

En función de la designación como establecimiento emisor, se efectúa la distinción para establecer los LMP en función de si las redes de alcantarillado cuentan o no con plantas de tratamiento de aguas servidas.

Adicional a esto, se distinguen 94 actividades según la CIU, y así los parámetros a controlar de cada una de ellas.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

La reutilización del agua está definida por la Ley 21.075⁶⁸ y se limita a las aguas grises, es decir, a aquellas aguas domésticas residuales provenientes de duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras (Artículo 2 inciso a). Esto implica que existen redes separadas para las aguas negras (provenientes de inodoros y urinarios) y para las aguas grises, tanto al interior de las viviendas y edificaciones, como hacia el exterior (es decir, hasta el sistema de tratamiento, ya sea este público o privado).

Para ser reutilizadas, las aguas grises deben recibir un tratamiento. El sistema en el que se depura el agua debe contar con la aprobación de proyecto y autorización de funcionamiento de la autoridad regional respectiva (Art. 3).

Los usos permitidos del agua recuperada son:

- 1.- Urbanos:** riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
- 2.- Recreativos:** riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
- 3.- Ornamentales:** riego de las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- 4.- Industriales:** uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos

⁶⁸ Ley 21075. Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Ministerio de Obras Públicas. Chile. Fecha Publicación :15-02-2018. Fecha de Promulgación: 01-02-2018.

alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.

5.- Ambientales: riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental (artículo 8).

Los usos no permitidos son los señalados en el Artículo 9 de la Ley:

- 1.- Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.
- 2.- Procesos productivos de la industria alimenticia.
- 3.- Uso en establecimientos de salud en general.
- 4.- Cultivo acuícola de moluscos filtradores.
- 5.- Uso en piletas, piscinas y balnearios.
- 6.- Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- 7.- Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas.
- 8.- Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Como el origen de las aguas grises es, en esencia, doméstico, el tipo de contaminantes que podrán contener son jabones, detergentes y productos asociados con el cuidado personal y la limpieza de las instalaciones; grasas y aceites y materia orgánica distinta de la materia fecal o de la orina. En principio, no contendrán sustancias de alta toxicidad, metales pesados ni agroquímicos; o en caso de contenerlos, no en concentraciones que pudieran representar un riesgo para la salud pública por exposición a dichas sustancias. Por ello, sólo se regulan los siguientes parámetros: DBO₅, Sólidos Suspendedos Totales, Turbiedad, Coliformes fecales y para los usos permitidos 1 y 2 cloro libre residual.

Estos parámetros se definen en el artículo 35 del Proyecto del Reglamento a la Ley 21.075 y que emana del artículo 3 (de la ley) en el que se especifica que el Ministerio de Salud emitirá un reglamento que contendrá las condiciones sanitarias que deberán cumplir los sistemas de reutilización de aguas grises. Cabe señalar que, en octubre de 2021, el reglamento no había sido publicado⁶⁹.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente en Chile es el Decreto 4, de 2009, que reglamenta el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas, a través del Ministerio del Medio Ambiente.

El instrumento normativo no maneja el término biosólido, pero define el lodo y lo clasifica en Clase A y Clase B, siendo el lodo de Clase A el que tiene menor concentración de

⁶⁹ <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Reglamento-Aguas-Grises.pdf>

Como el origen de las aguas grises es, en esencia, doméstico, el tipo de contaminantes que podrán contener son jabones, detergentes y productos asociados con el cuidado personal y la limpieza de las instalaciones; grasas y aceites y materia orgánica distinta de la materia fecal o de la orina

microorganismos patógenos y el Clase B el que tiene mayor concentración.

Se establecen las concentraciones máximas de metales pesados que pueden contener los suelos receptores previa aplicación de los lodos.

Los parámetros establecidos son:

- **Microbiológicos:** incluye los coliformes termotolerantes, salmonella, huevos de helminto y virus entéricos.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de ocho metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: **As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn.**

La legislación chilena fija la tasa de aplicación de lodos que cumplan con todos los LMP de compuestos inorgánicos en 90 Ton/ha, e incluye el compost. Igualmente, exige un plan de aplicación de lodos al suelo, el cual no debe ser superior a un año y debe ser presentado un mes antes del inicio de su aplicación, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Pendiente (expresada como porcentaje); Profundidad efectiva del suelo; pH; Conductividad eléctrica; Porcentaje de arena; Materia orgánica; Contenido total de los metales pesados en el suelo receptor; Cantidad de biosólidos a aplicar anualmente; Clasificación de los biosólidos y Frecuencia de aplicación.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.
- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos clase A y clase B.
- No considera la comercialización de los biosólidos.
- Define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Colombia

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Colombia tiene una población de 48,26 millones de habitantes⁷⁰ y se extiende en una superficie de 1.141 miles de km².

Con 2.360 km³/año de recursos hídricos renovables y 48.800 m³/año per cápita, Colombia es uno de los países con mayor oferta hídrica del mundo, donde se encuentran las cuencas del Amazonas y del Orinoco. En condiciones secas, se observan reducciones significativas en la cuenca del Caribe, especialmente en La Guajira. También son sensibles la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca en las zonas del Cesar, Sogamoso y Cauca⁷¹.

En 2020, el país presentaba una cobertura de acceso a alcantarillado que asciende a 78,1% y de tratamiento de aguas residuales de 12,2%, según datos del JMP.

En 2018, y conforme a la información reportada por los municipios, el porcentaje de cobertura nacional del servicio público de alcantarillado fue de 82,84% para el área urbana y de 14,36% para el área rural. En lo referente a tratamiento de aguas residuales, la Superintendencia de Servicios estima que las aguas residuales tratadas alcanzan un 48,56%, en función del número de suscriptores a alcantarillado y el caudal de agua depurado⁷².

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

Si bien el derecho al agua no está reconocido explícitamente en la Constitución de 1991, la Corte Constitucional lo ha sostenido en varios casos. El derecho implícito al agua deriva del “derecho a un medio ambiente sano”, consagrado en el artículo 79, y de la norma que garantiza los derechos fundamentales, en particular el derecho a una vida digna. Al mismo tiempo, según el artículo 366 de la Constitución, el suministro de agua pertenece a la categoría de servicio público que debe prestar el Estado. En lo concerniente al derecho humano al saneamiento, el Tribunal protegió los derechos a la vida en la sentencia SU-442, de 1997, después de encontrar contaminación en varias bahías del norte debido al vertido de aguas residuales del sistema de alcantarillado de la ciudad, y para el tratamiento de residuos sólidos, que consideraba una situación particularmente irregular que amenazaba la salud, la vida y el medio ambiente de residentes y turistas (Olmos & Paz, 2015).

Uno de los antecedentes de la gestión del agua en Colombia es la expedición en 1974 del Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente (CNRN), una de las cinco primeras legislaciones ambientales del mundo, y planteó el uso de herramientas económicas para el control de la contaminación (tasas retributivas) y la preservación del recurso hídrico (tasas por uso del agua).

En particular, en el artículo 134 del CNRN se establece que el Estado garantiza la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para ello, entre otras cosas, deberá clasificar las aguas y fijar su destino

⁷⁰ DANE Colombia – Censo 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuanto-somos>

⁷¹ Aquastat. Ficha Colombia, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/COL>

⁷² Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado – 2019. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Dic/estudio_sectorial_de_los_servicios_publicos_domiciliarios_de_acueducto_y_alcantarillado_28_dic_rev_1.pdf

y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas; se debe determinar, previo análisis físico, químico y biológico, los casos en que debe prohibirse, condicionarse o permitirse el vertido de residuos, basuras, desechos y desperdicios en una fuente receptora, entre otras más. Asimismo, en dicho Código se establece la prevención y control de la contaminación, según lo indicado en los artículos 136, 137 y 138.

Con el establecimiento de nueva Constitución Política, en 1991, se establece una nueva visión de los aspectos ambientales. En 1993, la Ley 99 crea el Ministerio de Ambiente, que en 2003 se convirtió en Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y, en 2012, en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, asumiendo una función clave para la gestión del agua, como coordinador de los programas de gestión del recurso hídrico. Por su parte, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, funciona como órgano rector de la política sectorial.

La Ley 142 (1994) establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, indicando en su artículo 1 que aplica “a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades complementarias definidas en el Capítulo II del presente título y a los otros servicios previstos en normas especiales de esta Ley”.

La Ley 373, de 1997, estableció el reúso obligatorio de las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible instituye las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas que permitirán incidir a nivel nacional, regional y local. Mientras que, el Decreto 1.076 de 2015 promueve el Reúso de las Aguas Residuales a través de los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos (PRTLGV) y lo incluye en la gradualidad para el cumplimiento de la norma de vertidos.

En la resolución 1.433, del 2004, se estipula que los usuarios prestadores del servicio público de alcantarillado que están sujetos al pago de la tasa retributiva deberán presentar, ante la Autoridad Ambiental competente, su Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), a partir del establecimiento de los Objetivos de Calidad de la Cuenca correspondiente.

Marco institucional

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos renovables. La Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico, que forma parte del Ministerio, tiene como misión aportar los elementos técnicos para la elaboración de la política y regulación en materia de gestión integral del recurso hídrico continental y, en coordinación con el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, proponer medidas para promover el uso y ahorro eficiente del agua, formular la Política Hídrica Nacional y el Plan Hídrico Nacional.-

Como parte de la estructura del Minambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda) tiene por objetivo formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país

y de Desarrollo Sostenible (CAR)⁷³ tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables y es la máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción (Ley 99, 1993). Entre sus funciones destacan:

- fijar los límites permisibles de descarga (normalización), los cuales en ningún caso podrán ser menos estrictos que los definidos por el Ministerio del Medio Ambiente;
- otorgar concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas,
- ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, lo cual comprenderá el vertimiento a las aguas superficiales;
- recaudar las contribuciones, tasas, derechos, tarifas y multas por concepto del uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, y fijar su monto con base en las tarifas mínimas establecidas por el Minambiente;
- e imponer y ejecutar las sanciones previstas en la ley, en caso de violación a las normas de protección ambiental y de manejo de recursos naturales renovables.

Por su parte, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda) tiene por objetivo formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país; la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, el cual promueve el desarrollo sostenible a través de la formulación y adopción de las políticas, programas, proyectos y regulación para el acceso de la población a agua potable y saneamiento básico (Decreto 1.604, 2020).

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) es una entidad del orden nacional adscrita al Minvivienda (Decreto 1.077, 2015), con autonomía administrativa, técnica y patrimonial, cuya función es regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, y promover la competencia entre quienes presten servicios para mejorar las condiciones del mercado de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo del país, y contribuir al bienestar de la población colombiana. También fija las reglas que deben cumplir todas las empresas prestadoras de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Superservicios, es una entidad con rango constitucional conforme al artículo 370 de la Constitución Política de 1991. Por delegación presidencial, ejerce las funciones de inspección, vigilancia y control sobre las entidades y empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas. Su creación legal, naturaleza, principios y funciones están señaladas en la Ley 142 de 1994 que establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia. Cuenta con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonial.

Superservicios se encuentra adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP). Los ministerios antes mencionados, así como la CRA, tienen una relación directa con el

⁷³ CAR: entes corporativos de carácter público e integrados por entidades territoriales que conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica o constituyen un mismo ecosistema.

DNP, ya que éste pertenece a la rama ejecutiva del poder público, depende directamente de la Presidencia de la República y tiene la misma categoría de los Ministerios, pero sin iniciativa legislativa. El DNP coordina labores para la formulación del Plan Nacional de Desarrollo e impulsa la implantación de una visión estratégica del país en el ámbito social, económico y ambiental, a través del diseño, la orientación y evaluación de las políticas públicas colombianas, el manejo y asignación de la inversión pública y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos del Gobierno.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

Los instrumentos normativos vigentes del Minambiente son:

- Resolución 631, de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y otras disposiciones.
- Resolución 0883 (2018), que estipula los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas y otras disposiciones.
- Resolución 0699, de 2021, que instaura los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas Tratadas al suelo, y dicta otras disposiciones⁷⁴.

Colombia establece la normativa en función de los cuerpos receptores; y en lo que respecta a los parámetros y sus límites de control, establecen la siguiente distinción.

Resolución 0631/2015 - Vertidos a cuerpos de aguas superficiales:

- Aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares.
- Aguas residuales domésticas y de las aguas residuales domésticas y no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO₅.
- Aguas residuales domésticas, y aguas residuales no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado, con una carga mayor a 625 kg/día y menor o igual a 3.000 kg/día DBO₅.
- Aguas residuales domésticas, y aguas residuales no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado, con una carga mayor a 3.000 kg/día DBO₅.

Resolución 0883/2018 - Vertidos a cuerpos de aguas marinas:

⁷⁴ Resolución expedida el 6 de julio de 2021 cuya entrada en vigencia se establece a partir del 1 de julio de 2022.

- Aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares y de actividades industriales, comerciales o de servicios.
- Aguas residuales domésticas, y aguas residuales no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado, por medio de conducción de desagüe.
- Aguas residuales domésticas, y aguas residuales no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado, por medio de emisario submarino.

Resolución 0699/2021 - Vertidos a suelo:

- Parámetros para Usuarios equiparables a Usuarios de vivienda rural dispersa⁷⁵⁷⁶.
- Parámetros para Usuarios diferentes a Usuarios equiparables a Usuarios de vivienda rural dispersa⁷⁷.

Es de destacar la particularidad que presentan los instrumentos normativos en Colombia, en vista de que no todos los parámetros de control especificados en la norma presentan un LMP, sino que son controlados mediante Análisis y Reporte a las autoridades competentes, cuyo objetivo es construir la línea base de país para los mismos.

Por su parte, las resoluciones 0631 y 0883 disponen los parámetros y sus valores máximos permisibles de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas de 8 sectores económicos del país⁷⁸, así como la norma sobre vertidos a cuerpos de aguas marinas añade el sector de puertos marítimos.

Estas dos resoluciones establecen el control de 3 parámetros indistintamente de la clasificación contemplada en las mismas:

i. Temperatura:

- Para todas las actividades industriales, comerciales o de servicios que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a un cuerpo de agua superficial o a los sistemas de alcantarillado público, tendrán en el parámetro de temperatura como valor límite máximo permisible el de 40°C.

⁷⁵ Vivienda rural dispersa: Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado que hace uso de infraestructura denominada vivienda rural dispersa, considerada como la unidad habitacional localizada en el suelo rural de manera aislada que se encuentra asociada a las formas de vida del campo y no hace parte de centros poblados rurales ni de parcelaciones destinadas a vivienda campestre.

⁷⁶ Usuario equiparable a vivienda rural dispersa: toda persona natural o jurídica de derecho público o privado que hace uso de infraestructura asociada a una actividad productiva o de uso de vivienda campestre, cuya generación de aguas residuales domésticas son semejantes en cantidad y calidad (expresado en carga de DBO5), a las producidas por los Usuarios de vivienda rural dispersa, con valores menores o iguales a 1,0 Kg DBO5/d.

⁷⁷ Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado que hace uso de infraestructura locativa de retretes y servicios sanitarios, sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), cocinas y cocinetas, pocetas de lavado de elementos de aseo, realiza lavado de paredes y pisos de esta infraestructura locativa, y lavado de ropa (No se incluyen servicios de lavandería industrial), cuya generación de aguas residuales domésticas son diferentes en cantidad y calidad a las producidas por los Usuarios de vivienda rural dispersa y de los equiparables a vivienda rural dispersa.

⁷⁸ (i) Actividades productivas de agroindustria; (ii) Actividades productivas de ganadería; (iii) Actividades de minería; (iv) Actividades de hidrocarburos; (v) Actividades de elaboración de productos alimenticios y bebidas; (vi) Actividades de fabricación y manufactura de bienes; (vii) Actividades asociadas con servicios y otras actividades; y (viii) Actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las anteriores.

- La diferencia de los valores de temperatura en la zona de mezcla térmica del cuerpo de agua superficial receptor con respecto a la temperatura del mismo antes del punto de vertimiento puntual, a una distancia máxima de 100 m deberá ser menor o igual a 5°C.

ii. Parámetros microbiológicos:

El control se realiza mediante análisis y reporte de los valores de la concentración en NMP/100mL de los Coliformes Termotolerantes presentes en los vertidos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) mediante las cuales se gestionen excretas humanas y/o de animales a cuerpos de aguas superficiales, cuando la carga másica en las aguas residuales antes del sistema de tratamiento es mayor a 125,00 Kg/día DBO₅.

iii. Plaguicidas:

Se establecen LMP para aguas residuales no domésticas, en función de la categoría toxicológica IA, IB y II⁷⁹.

Los parámetros básicos, con control mediante LMP o análisis y reporte, en función de la clasificación establecidas en los instrumentos normativos, se exponen en la tabla continuación.

⁷⁹ Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y Directrices para la clasificación. OMS 2019.

Tabla 53. Parámetros y modalidad de control en la Resolución 0631/2015 y Resolución 0883/2018 (Colombia)

PARÁMETROS (mg/l)	RESOLUCIÓN 0631/2015 -VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES				RESOLUCIÓN 0883/2018 -VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS MARINAS		
	De soluciones individuales de saneamiento	Efluentes ARD y ARND con carga menor o igual a 625 kg/día DBO5	Efluentes ARD y ARND con una carga mayor a 625 kg/día y menor o igual a 3.000 kg/día DBO5	Efluentes ARD y ARND con una carga mayor a 3.000 kg/día DBO5	De soluciones individuales de saneamiento y act. industriales, comerciales o servicios	Efluentes ARD y ARND por medio de conducción de desagüe	Efluentes ARD y ARND por medio de emisario submarino
pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
DQO (mg/l)	200	180	180	150	200	180	450
DBO5 (mg/l)		90	90	70	100	90	250
SST (mg/l)	100	90	90	70	100	90	250
S. Sed (mg/l)	5	5	5	5	1,5	5	6
Grasas y Aceites (mg/l)	20	20	20	10	15	20	50
Cianuro total (mg/l)			0,50	0,50			Análisis y reporte
Metales pesados			Cadmio (0,10 mg/l) Zinc (3,00 mg/l) Cobre (1,00 mg/l) Cromo (0,50 mg/l) Mercurio (0,02 mg/l) Níquel (0,50 mg/l) Plomo (0,50 mg/l)	Cadmio (0,10 mg/l) Zinc (3,00 mg/l) Cobre (1,00 mg/l) Cromo (0,50 mg/l) Mercurio (0,02 mg/l) Níquel (0,50 mg/l) Plomo (0,50 mg/l)			Análisis y reporte
Parámetros adicionales con control mediante análisis y reporte		Sustancias activas al azul de metileno (detergentes) Hidrocarburos totales Nutrientes (compuestos de fósforo y nitrógeno)	Detergentes Hidrocarburos totales Nutrientes (comp. de fósforo y nitrógeno) Iones (Cloruros, sulfatos y sulfuros) Metales pesados (aluminio y hierro) Otros (acidez total, alcalinidad total, dureza cálcica y total y color real)	Comp. Semivolátiles Fenólicos y Fenoles totales Detergentes Comp. de Hidrocarburos Nutrientes (comp. de fósforo y nitrógeno) Iones (Cloruros, sulfatos y sulfuros) Metales pesados (Al, Fe y Ag) Otros (acidez total, alcalinidad total, dureza cálcica y total y color real)		Comp. Semivolátiles Fenólicos y Fenoles totales Detergentes Hidrocarburos totales Nutrientes (comp. de fósforo y nitrógeno) Iones Metales Otros (acidez total, alcalinidad total, color real, coliformes termo, E. coli)	Comp. Semivolátiles Fenólicos y Fenoles totales Detergentes Hidrocarburos totales Nutrientes (comp.s de fósforo y nitrógeno) Iones Metales Otros (acidez total, alcalinidad total, dureza cálcica y total y color real, coliformes termo, E. coli)

Adicionalmente, en la Resolución 0883/2018, para el caso de soluciones individuales de saneamiento y actividades industriales, comerciales o de servicios, se establecen LMP para los parámetros de fenoles totales, sustancias activas al azul de metileno (detergentes), hidrocarburos totales, compuestos de fósforo y compuestos de nitrógeno.

Para el caso específico de la Resolución 0699/2021, dependiendo del tipo de usuario (rural, equiparable o distinto), dispone parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, entre otros, y establece sus LMP en función de la velocidad de infiltración del agua en el suelo

Cabe destacar que esta resolución permite que para las soluciones individuales de saneamiento básico para el tratamiento de las aguas residuales domésticas provenientes de viviendas rurales dispersas, que sean diseñados bajo los parámetros definidos en el Reglamento Técnico Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS⁸⁰, no se requiera permiso de vertido al suelo.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente es el mismo que para vertidos en cuerpos receptores, la Resolución Ministerial 631 (2015), que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y otras disposiciones, en el Capítulo VIII.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 54. Parámetros de control regulados en la Resolución Ministerial 631 de 2015 para descargas a alcantarillado (Colombia)

PARÁMETRO	COLOMBIA
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+

⁸⁰ <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>

S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	
Comp. Fenólicos	+
SO ₄ ⁻²	+
DQO	+

Esta resolución enumera las actividades generadoras de agua residual no doméstica en función de la distinción de 9 sectores y 61 actividades industriales. Para todos los parámetros establecidos -generales, hidrocarburos, compuestos de nitrógeno, compuestos de fósforo, iones, metales y metaloides y otros- no se establece el LMP particular, sino que se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales (Capítulos VI y VII). Para el caso de DBO5, DQO, sólidos, grasas y aceites, compuestos de nitrógeno y fósforo, se aplica el factor multiplicador de 1,50.

Cabe mencionar que la Ley 1.955, de 2019, que explica el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, en su artículo 13 establece que solo son objeto de permiso de vertimientos los establecimientos que realicen descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de agua superficial, marina o al suelo, dejando de ser exigible el permiso que exige la Resolución Ministerial 631 para descargas no domésticas al alcantarillado público. En su artículo 14 establece que las descargas de agua residual no doméstica podrán contar con un sistema de conexión sin tratamiento previo al sistema, siempre y cuando el prestador del servicio público cuente con la infraestructura para cumplir con los LMP establecidos en las Resoluciones anteriormente descritas.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Colombia permite la reutilización de agua recuperada conforme al instrumento normativo, la Resolución 1.207 (2014), por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas, del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Esta Resolución especifica que el Estado no será responsable de garantizar la cantidad (volumen o caudal) concesionado al usuario receptor (Artículo 3°) y que, en ningún caso, el usuario generador de agua tratada podrá cobrar al usuario receptor por el agua entre-

gada. De esta forma, el receptor del agua recuperada será el responsable de garantizar el cumplimiento de los criterios de calidad.

En el Reglamento se contemplan 8 tipos de aprovechamientos.

1. Uso Agrícola. Para el riego de:

- Cultivos de pastos y forrajes para consumo animal.
- Cultivos no alimenticios para humanos o animales.
- Cultivos de fibras celulósicas y derivados.
- Cultivos para la obtención de biocombustibles (biodiesel y alcohol carburante) incluidos lubricantes.
- Cultivos forestales de madera, fibras y otros no comestibles.
- Cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos.
- Áreas verdes en parques y campos deportivos en actividades de ornato y mantenimiento.
- Jardines en áreas no domiciliarias.

2. Uso Industrial. En actividades de:

- Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas.
- Descarga de aparatos sanitarios.
- Limpieza mecánica de vías
- Riego de vías para el control de material particulado.
- Sistemas de redes contra incendio.

La Resolución 1.207 indica que para reúso agrícola y áreas verdes (artículo 7), el LMP de nitratos no debe ser mayor a 5 mg/L, para lo cual el proceso de tratamiento utilizado debe considerar la eliminación del nitrógeno. En este sentido, si el agua recuperada será utilizada para el riego de cultivos o pastos, el aporte de nutrientes debe ser un punto favorable y no debería ser penalizado, en donde contar con una fuente de nutrientes es favorable, pero no se reglamenta la presencia de materia orgánica (DBO). Cuando el agua recuperada es utilizada en la limpieza mecánica de vías y para el riego de vías para el control de material particulado (reutilización industrial) se señala un contenido no mayor de 30 mg/l.

Esta Resolución está en proceso de ser sustituida.

Cuadro 12. Necesidades de ajuste normativo según el Documento 3394 del CONPES 2018 (Colombia)

DOCUMENTO 3.934 DEL CONPES (2018) – POLÍTICA DE CRECIMIENTO VERDE (COLOMBIA)⁸¹

En el Documento 3934 del Consejo Nacional de Política Económica y Social-CONPES (2018), denominado “Política de Crecimiento Verde”, la línea de acción 23 tiene como objeto: “Promover el reúso de agua residual tratada dado el potencial como fuente de abastecimiento para diferentes actividades económicas, principalmente en zonas de escasez hídrica”. Por lo tanto, el Minambiente, con el apoyo del Minvivienda, busca establecer una estrategia que permita la apropiación de tecnologías para el desarrollo del aprovechamiento del agua recuperada por parte de los diferentes usuarios. De esta manera, se busca realizar el ajuste normativo de la Resolución 1.207, de 2014, seguido del diseño de un documento que compile las buenas prácticas en la reutilización del agua, en el año 2020. Por último, se también se destaca la necesidad de fortalecimiento de las autoridades ambientales, en la promoción y seguimiento de la reutilización del agua, actividad que será permanente hasta el año 2030. En diciembre 2019 se presentó la Propuesta de ajuste Resolución 1.207, de 2014, por parte de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (Minambiente, 2019), la cual destaca como necesidades de ajuste:

- Usuarios que no cuentan con concesión no pueden desarrollar prácticas de reutilización, solicitan abrir esta posibilidad siendo consecuentes con la Ley 373 de 1997.
- Los criterios establecidos son restrictivos y no existe disponibilidad de laboratorios en el país.
- Incorporar nuevas actividades para la práctica de reutilización, teniendo en cuenta que las contempladas en la norma son taxativas y no permiten a los usuarios implementar otras actividades que no se consideraron previamente.
- Los usuarios requieren la diferenciación de los conceptos para aplicación correcta de la Resolución 1.207 de 2014.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente en Colombia es el Decreto 1.287 de 2014, por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, en este caso del Minvivienda, pero como trabajo conjunto con el Minambiente y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Colombia clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos y el Clase B el que tiene mayor concentración. Los usos habilitados en función del tipo de biosólido son:

⁸¹ <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/Resumen%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde%20-%20diagramaci%C3%B3n%20FINAL.pdf>

Tipo A: En zonas verdes tales como cementerios, separadores viales, campos de golf y lotes vacíos, como producto para uso en áreas privadas tales como jardines, antejardines, patios, plantas ornamentales y arborización, en agricultura y todos los usos de la Categoría B.

Tipo B:

- En agricultura, se aplicará al suelo.
- En plantaciones forestales.
- En la recuperación, restauración o mejoramiento de suelos degradados.
- Como insumo en procesos de elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos o productos acondicionadores para suelos a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original. Los procesos de elaboración y características de los productos finales y su uso, queda sujeto a la regulación establecida por el ICA.
- Para remediación de suelos contaminados, lechos biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato biológico en sistemas de filtración, absorción y adsorción.
- Como insumo en la fabricación de materiales de construcción.
- En la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, red vial secundaria o terciaria.
- En la operación de rellenos sanitarios como: cobertura diaria, cobertura final de cierre y de clausura de plataformas y en actividades de revegetalización y paisajismo.
- Actividades de revegetalización y paisajismo de escombreras.
- En procesos de valorización energética.

Los LMP se distinguen en caso de que la disposición sea en relleno sanitario o en disposición de suelos. Los parámetros establecidos son:

- **Microbiológicos:** incluye los coliformes fecales, salmonella, huevos de helminto y virus entéricos.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de diez metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se y Zn.

La legislación colombiana fija la tasa anual de aplicación de elementos inorgánicos en kg/ha año y también controla carga máxima de aplicación en kg/ha, con el objetivo de que no se presente acumulación de sustancias tóxicas por la aplicación constante de biosólidos al suelo.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para esta-

bilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.

- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos clase A y clase B.
- Considera la comercialización de los biosólidos.
- Define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Costa Rica

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

El caudal que reciben los sistemas de tratamiento de condominios y urbanizaciones privadas es de 62.271 m³/día, y el caudal que reciben los operadores es de 139.498 m³/ día

Costa Rica cuenta con 5,16 millones de habitantes⁸² y se extiende en una superficie de 51.200 km².

Posee 113 km³/año de recursos hídricos renovables, y 23.190 m³/año per cápita. El país se encuentra dividido por un sistema de montañas que da lugar a dos vertientes: la vertiente del Caribe, húmeda y lluviosa, sin déficit hídrico en todo el año, y la vertiente del Océano Pacífico, más seca, con marcada disminución de caudales en el estiaje⁸³.

Según datos del JMP, en 2020 presentaba datos de acceso a servicios de saneamiento seguro con una cobertura del 30,2% y de tratamiento de aguas residuales de 9,2%.

Predomina el uso de tanque séptico⁸⁴ con 75,4% de cobertura, y según el Ministerio de Salud, la cobertura de alcantarillado es de 22,9% (36,2% en zonas urbana⁸⁵), del cual solamente el 14% recibe tratamiento, 1,4% utiliza letrinas y otros sistemas, y el 0,3% defeca al aire libre.

Existen un total de 912 plantas de tratamiento en condominios y urbanizaciones privadas, y 29 plantas de tratamiento, de operadores como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y las Municipalidades (AyA, MINAE y MS, 2016)⁸⁶. El caudal que reciben los sistemas de tratamiento de condominios y urbanizaciones privadas es de 62.271 m³/día, y el caudal que reciben los operadores es de 139.498 m³/ día, sobre los cuales el sistema de tratamiento de Los Tajos de AyA aporta un caudal de 44.456,9 m³/día, (AyA, MINAE y MS, 2016). Al incorporarse dicha planta, la cobertura de tratamiento sobre las aguas recolectadas alcanzó el 14% a nivel nacional en 2018 (AyA, 2019).

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

Desde el año 2000, la Sala Constitucional reconoció el derecho humano de acceso al agua derivado del derecho a la vida y a la salud (voto 00-02755 de marzo del 2000) y emitió una reiterada jurisprudencia en ese sentido, la cual ha evolucionó a lo largo de los años, según las distintas resoluciones internacionales (Votos 2002-10.776 del año 2002 y 4.654-2003 de 2003).

Asimismo, el Decreto Ejecutivo 30.480-MINAE, de 2002, determina los principios que regirán la política nacional en materia de gestión de los recursos hídricos. Entre estos principios se destacan: el acceso al agua como un derecho humano inalienable y su garantía constitucional. A partir del reconocimiento del acceso al agua potable como derecho humano se establecieron lineamientos estratégicos, a través de los cuales se desarrollan los distintos elementos que conforman este derecho.

La actual Ley de Aguas, como marco legal superior, data de 1942 y es producto de las corrientes jurídicas de la primera mitad del siglo XX, por lo que fue emitida en un contexto socioeconómico y ambiental muy diferente al actual. Por esta razón, no brinda en

⁸² INEC Costa Rica – Estimación 2021. <https://www.inec.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>

⁸³ Aquastat. Ficha Costa Rica, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/CRI>

⁸⁴ No existe información sobre el grado de mantenimiento y funcionamiento de estas fosas sépticas.

⁸⁵ Plan Nacional de Inversiones en Saneamiento 2016-2045 (AyA, 2016).

⁸⁶ Reportes operacionales de aguas residuales entregados al Ministerio de Salud 2014-2015.

los inicios del siglo XXI el marco para que la gestión del agua sea hecha de una manera integrada. Desde hace más de 15 años se han presentado diversos proyectos de ley a la Asamblea Legislativa para actualizar esta ley, pero hasta la fecha no se ha logrado.

Como se señaló previamente, la institución rectora del recurso hídrico es el Ministerio de Ambiente y Energía (MNAE), a través de la Dirección de Agua. En su marco de Políticas Públicas se ejecuta la construcción de la Política, tomando como guía el documento elaborado por el Ministerio de Planificación y Política Económica (MIDEPLAN, 2016) “Guía para la elaboración de Políticas Públicas”. No obstante, más allá de ello, se espera que la Política Nacional de Agua Potable (PNAP) sirva como un instrumento de planificación con una visión prospectiva del desarrollo de los pueblos y las comunidades (PNAP, 2016: 13).

La mencionada Ley de Aguas 276, promulgada por el Congreso de la República en 1942, ha sido reformada por las leyes 2.332, 5.046 y 5.516, y establece la regulación de la vigilancia de las aguas nacionales de dominio público y privado. Estipula que las aguas de los ríos y sus afluentes directos e indirectos, desde el punto de la naciente hasta su desembocadura, son aguas de dominio público o de propiedad nacional. Lo anterior fue reformado por el Código de Minería en 1982 y Ley Orgánica del Ambiente 1995, delegando su administración y custodia al MINAE, mediante el órgano técnico de la Dirección de Agua.

La Ley General de Agua Potable 1.634, promulgada por la Asamblea Legislativa, declara de utilidad pública el planeamiento, proyección y ejecución de las obras de abastecimiento de agua potable en las poblaciones de la República. Mientras que, la ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados 2.726, promulgada en 1961, y sus reformas, le dan al AyA la competencia (planeamiento, financiamiento y desarrollo) a nivel nacional en relación con el servicio público de agua potable, la recolección de aguas residuales y su tratamiento, así como la normativa del sistema de alcantarillado pluvial urbano.

Por su parte, la Ley General de Salud fue promulgada por la Asamblea Legislativa en 1973 y reformada posteriormente, y estipula que le corresponde al Ministerio de Salud dictar las medidas para la planificación y coordinación de las actividades públicas referentes a la salud. Además, esta entidad establece los principios de la sanidad de las aguas en relación con su calidad, regula la prioridad en el uso del agua y, en sus artículos 266 y 268, establece la obligatoriedad de que el suministro de agua sea de calidad potable.

La Ley Forestal indica cuáles son los incentivos para la conservación y la delimitación de las áreas de protección a las riberas de los ríos.

Adicionalmente, la Ley Orgánica del Ambiente vela por la utilización racional de los elementos ambientales y dictamina que, quien contamine, será responsable. Por otro lado, la Ley de la Biodiversidad tiene como objetivo conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos, así como distribuir de forma justa los beneficios y costos derivados.

Mientras que la ley para la Gestión Integral de Residuos (promulgada en el año 2010) regula la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación.

Finalmente, es importante mencionar también el Decreto 38.071, que crea la Comisión de Gestión Integral de la Cuenca Río Grande de Tárcoles, con el objetivo de generar una instancia gestora en aspectos de coordinación, planificación, protección y rehabilitación.

La Ley Forestal indica cuáles son los incentivos para la conservación y la delimitación de las áreas de protección a las riberas de los ríos

Lo anterior, a través del diseño y construcción conjunta de soluciones técnicas viables, que promueva el desarrollo sostenible, la calidad de vida de la población, la protección de los recursos naturales y la biodiversidad de los territorios incluidos en dicha cuenca.

Marco institucional

El Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Salud, como rectores políticos, emiten la Política Nacional de Saneamiento.

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley de creación N° 2.726 al “Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado – AyA” como órgano encargado de la rectoría técnica de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento. En el Anexo I se exponen sus funciones y responsabilidades.

Las principales autoridades en relación con políticas y regulación se exponen a continuación:

- El MINAE promulga las normas y reglamentos referentes a las aguas residuales en lo relacionado con la gestión y protección del recurso hídrico (superficial y subterráneo), así como el otorgamiento de licencias ambientales.
- El MINSALUD promueve las normas y reglamentos en el sector salud, y bajo estos términos fiscaliza al sector agua.
- El AyA establece y aplica otras normas y reglamentos, aunque enfocados más en torno a los criterios técnicos de los servicios.

Desde una perspectiva de gestión del recurso hídrico se puede observar una fragmentación de las responsabilidades entre MINAE, MINSALUD, AyA y otros organismos, como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) o el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA), en lo que se refiere a aguas subterráneas y riego. Esta fragmentación puede afectar a la gestión de la contaminación y consecuentemente de las aguas residuales, desde el punto de vista de servicio medioambiental y reúso (PNSAR,2016).

La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) ejerce las funciones de regulador económico, fija las tarifas de servicios, vela por el cumplimiento de normas de calidad, cantidad y prestación de los servicios, determina la relación que debe existir entre tarifas y calidad del servicio, y tiene la facultad de reglamentar la calidad de los servicios.

Las municipalidades, en su calidad de gobiernos locales, no se encuentran dentro de los alcances regulatorios de la ARESEP.

La vigilancia y control del sector de saneamiento son competencia del MINAE, que vela por la protección del ambiente; del MINSALUD que vela por la protección de la salud; de la ARESEP, que fiscaliza a los prestadores; y de la Contraloría, que ejerce el control y fiscalización del uso de los fondos públicos.

La capacidad analítica instalada consta de seis laboratorios con el equipamiento e instrumentación necesarios para analizar todos los parámetros de la norma. Uno de ellos está fuera del país; tres laboratorios acreditados que pueden llevar a cabo los análisis

fisicoquímicos y de metales en el agua, pero no cuentan con análisis cromatográficos; y algunos otros laboratorios que pueden determinar principalmente pH, DBO₅, DQO, SST, parámetros microbiológicos o tienen acreditado el muestreo de aguas residuales⁸⁷.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo vigente en Costa Rica es el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S, Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (Decreto No. 33.601, 2007). Es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional, en relación con el manejo de las aguas residuales que independientemente de su origen sean vertidas o reutilizadas.

Costa Rica establece los parámetros y LMP sin diferencias entre tipos de cuerpos receptores, ni usos a los que se destina el cuerpo receptor. Sin embargo, el Decreto Ejecutivo 33.903-MINAE-S, Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de los Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto No. 33.903, 2007), reglamenta los criterios y la metodología a utilizar para evaluar la calidad de los cuerpos de agua superficiales, con miras a clasificarlos para sus diferentes usos, estableciendo así sus objetivos de calidad en función de 5 clases.

Adicionalmente, realiza una distinción entre: (i) parámetros universales de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo ordinario⁸⁸ y especial⁸⁹, que son caudal, DBO₅, DQO, pH, grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, sustancias activas al azul de metileno y temperatura; y (ii) parámetros complementarios de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo especial, como son nitrógeno total, fosfatos, metales pesados, plaguicidas, color, sulfuros, sulfitos, etcétera, en función de la CIU, reconociendo así 209 actividades industriales diferentes.

A continuación, se presenta una síntesis de los parámetros contenidos en la normativa de descargas a cuerpos receptores.

Temperatura. La normativa establece un LMP de 40°C, y es el único país que establece un mínimo, indicando que la temperatura del vertido no debe ser inferior a 15°C.

pH. La normativa establece un rango flexible entre 5-9, similar al de toda la región.

Materia orgánica: establece LMP tanto para DBO₅, 50 mg/l, como DQO con límite de 150 mg/l, siendo unos de los más restrictivos de la región para contaminación orgánica. Sin embargo, el Art. 23 establece otros LMP para ambos parámetros en función del tipo de actividad y su CIU, prevaleciendo estos sobre los anteriores.

Sólidos: Costa Rica norma los sólidos sedimentables con LMP de 1 ml/l y los sólidos suspendidos totales con un LMP de hasta 50 mg/l, uno de los más restrictivos de la

⁸⁷ A partir de información del Ente Costarricense de Acreditación <https://www.eca.or.cr/entidades-acreditadas/laboratorios-de-ensayo>. Consultado 29.03.21. Laboratorios con capacidad completa: Central de A y A; ALS Dominican Republic S.A.S.; Agrotek Laboratorios Analíticos, S.A.; Aqyla. S.A.; Chemlabs, S.A.; Centro Médico San Martín, S.A.-Laboratorios San Martín.

⁸⁸ Agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.). Decreto No. 33601, 2007, Art. 3. Definiciones.

⁸⁹ Agua residual de tipo diferente al ordinario. Decreto No. 33601, 2007, Art. 3. Definiciones.

región.

Adicionalmente, indica otros LMP para el caso de sólidos suspendidos totales, en el Art. 23, en función del tipo de actividad y su CIU, prevaleciendo estos sobre los anteriores, y en el Art. 24, para el caso exclusivo de las lagunas de estabilización tipo facultativas, cuyo diseño sea exclusivamente para el tratamiento de aguas residuales, predominantemente ordinarias, provenientes de redes de alcantarillado sanitario, cuya carga de superficie de diseño y de funcionamiento se encuentre en el rango de 150 a 350 kg DBO5/Ha/día, aumentando el LMP a 150 mg/l.

Los sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica no se encuentran normados.

Grasas y aceites. La norma establece el parámetro para sustancias solubles en hexano, con un límite máximo de 30 mg/l, también en el rango más restrictivo de la región.

Nutrientes: tan solo regula nitrógeno total, lo que es recomendable para el control efectivo de los procesos de tratamiento, como para la protección del medio acuático, y establece un LMP de 50 mg/l. Sin embargo, ni el fósforo ni fosfatos están normados.

Parámetros microbiológicos: en el caso de Costa Rica se utilizan los coliformes fecales por el método del número más probable, con un LMP de 1.000 NMP/100 ml, para el caso de las aguas residuales de hospitales y otros establecimientos de salud para atención de humanos o animales y de laboratorios microbiológicos que sean vertidas a cualquier cuerpo receptor, así como las aguas residuales ordinarias de cualquier origen que sean vertidas a un cuerpo receptor utilizado para actividades recreativas de contacto primario.

Cianuros. El cianuro total es el parámetro más comúnmente utilizado a nivel regional y, en el caso de Costa Rica, establece un LMP de 1,0 mg/l superior al promedio regional. También se norma, además del total, el cianuro libre, disociable en ácido débil y destructible por cloración, siendo el único país que norma los dos últimos parámetros.

Metales. Están normados el aluminio, arsénico, bario, boro, cadmio, cobre, cromo total, estaño, mercurio, plata, plomo, selenio y zinc. Adicionalmente, los metales pesados son el parámetro complementario más común para las aguas residuales de tipo especial.

Otros parámetros:

- **Color.** Costa Rica mide el color como pureza, con un LMP de 15%.
- **Cloro.** Está normado el cloro residual como un máximo de 1 mg/l.
- **Detergentes.** Está normado como sustancias activas al azul de metileno (SAAM) hasta 5 mg/L, promedio regional.
- **Sulfatos, sulfitos y sulfuros.** Costa Rica no regula sulfatos y es el único país que regula sulfitos (LMP 1 mg/l), ya que no se encuentran en aguas naturales porque se oxidan a sulfato fácilmente. En cuanto a sulfuros, establece un LMP de 25 mg/l, siendo el más alto de la región.
- **Compuestos organoclorados, organofosforados e hidrocarburos totales.** Costa Rica es uno de los pocos países que regula compuestos organoclorados y organofosforados, como sumatoria.

Cabe destacar una herramienta que acompaña este instrumento normativo, el Decreto N° 34.431-MINAE-S, del 2008, mediante el cual se reglamenta el canon ambiental por los vertidos al recurso hídrico, que es implementado mediante la Directriz N° 2-2018-MINAE, que dispone que, según los porcentajes establecidos en el Decreto N° 34.431-MINAE-S, los fondos generados por el cobro del Canon Ambiental por Vertidos, serán invertidos anualmente de la siguiente forma:

- Para financiar acuerdos voluntarios de producción más limpia, asistencia técnica, elaboración de manuales de P+L e investigación, para reducir las cargas contaminantes vertidas, por la Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental (DIGECA) del MINAE, en coordinación con la Dirección de Agua;
- Para financiar los gastos de administración del canon;
- Para financiar los requerimientos de monitoreo de las fuentes emisoras;
- Para actividades de educación ambiental, enfocadas en el ahorro del agua y prevención de la contaminación de la misma;
- Para apoyar el financiamiento a inversiones de proyectos de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales domésticas, que será transferido por el MINAE a los entes prestatarios del servicio público de abastecimiento de agua y saneamiento.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente es el mismo que para vertidos en cuerpos receptores: el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S, Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 55. Parámetros de control regulados en el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S para descargas a alcantarillado (Costa Rica)

PARÁMETRO	COSTA RICA
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+

Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	
Comp. Fenólicos	
SO ₄ ⁻²	+
DQO	+

Se presenta a continuación la descripción de los parámetros más comunes:

- Temperatura, con un LMP de 40°C. Sin embargo, es el único país que establece un valor mínimo de 15°C para la descarga.
- pH, establece el rango más amplio de los países analizados, de 5 a 12.
- Sólidos sedimentables, se establece un LMP de 5 ml/l, para una prueba de duración de 1 hora. Este límite se establece para un promedio mensual.
- Sólidos suspendidos totales, un parámetro de importancia para el control de las descargas por su influencia en las redes de recolección y cuyo LMP es de 300 mg/l.
- La materia orgánica, que se encuentra regulada tanto para DBO₅, con un LMP de 300 mg/l, como de DQO de 750 mg/l, uno de los promedios más altos de la región.
- Los aceites y grasas, que son regulados mediante el método de determinación de sustancias solubles en hexano, con un LMP de 50 mg/l, en este caso en el promedio regional.
- Los cianuros, presentando un valor máximo de 2 mg/l, siendo uno de los valores más altos en la región.
- El arsénico, con un LMP de 0,5 mg/l, dentro del promedio regional.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

En Costa Rica se permite la reutilización de agua recuperada conforme al mismo instrumento normativo, el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S, en el Capítulo V. En el mismo se indica específicamente que, en ningún caso, se podrán utilizar para consumo humano (Capítulo V, artículo 27).

En el Reglamento se contemplan 8 tipos de aprovechamiento:

- 1.- Urbano:** Riego con acceso del público (zonas verdes, campos de golf, parques, plazas deportivas y cementerios), lavado de automóviles, inodoros, contra incendios y otros usos con similar acceso o exposición al agua.
- 2.- Riego con acceso restringido:** Cultivo de césped, silvicultura y otras áreas donde el acceso del público es prohibido o restringido.
- 3.- Agrícola en cultivos de alimentos que no se procesan previo a su venta:** Riego superficial o por aspersión, de cualquier cultivo comestible que no se procese previo a su venta, incluyendo los que se consumen crudos.
- 4.- Agrícola en cultivos de alimentos que se procesan previo a su venta:** Riego de cultivos, previo a su venta, reciben el procesamiento físico o químico necesario para la destrucción de organismos patógeno que pudieran contener.
- 5.- Agrícola en cultivos no alimenticios:** Riego de pastos de piso, forrajes, cultivos de fibras y semillas, así como otros cultivos no alimenticios.
- 6.- Recreativo:** Reúso en cuerpos de agua artificiales donde pueda existir un contacto ocasional (pesca, canotaje y navegación).
- 7.- Paisajístico:** Aprovechamientos estéticos donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.
- 8.- Construcción:** Compactación de suelos, control del polvo, lavado de materiales y producción de concreto.

El Reglamento especifica parámetros de calidad y los límites máximos permisibles de reúso para dos tipos de aguas residuales, definidas en el Capítulo I, Art 3, agua residual de tipo ordinario y agua residual de tipo especial.

Tabla 56. Parámetros de calidad, LMP y factores multiplicadores para reúso de las aguas residuales ordinarias y especiales según el Decreto Ejecutivo 33.601-MINAE-S (Costa Rica)

PARÁMETRO	TIPO DE REÚSO	AGUAS RESIDUALES ORDINARIAS	AGUAS RESIDUALES ESPECIALES
Nematodos intestinales (promedio aritmético N° De huevos por litro)	Todos los tipos	1	
Coliformes fecales (NMP/100ml)	Tipo 1	1000	
	Tipo 2	10000	
	Tipo 3	1000	
	Tipo 4	10000	
	Tipo 5	-	
	Tipo 6	10000	
	Tipo 7	-	
	Tipo 8	1000	
Coliformes fecales (NMP/100ml)	Tipo 1	No son parámetros de carácter obligatorio	1
	Tipo 2		1.5
	Tipo 3		1
	Tipo 4		1.5
	Tipo 5		2
	Tipo 6		1
	Tipo 7		2
	Tipo 8		1

Es decir, para aguas residuales de tipo ordinario están restringidos a parámetros microbiológicos, en donde los coliformes fecales deben ser inferiores a 1.000 NMP/100ml – 10.000 NMP/100 ml, dependiendo del tipo de reúso, y el promedio aritmético para los nemátodos intestinales debe ser 1 huevo/L, y no se considera ningún otro parámetro en específico.

Para aguas residuales de tipo especial, se añaden los parámetros DBO5, DQO, pH, Grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, temperatura y aquellos parámetros adicionales en función del tipo de actividad y su CIU, cumpliendo con las características exigidas para vertidos y, para el caso de DBO, DQO y SST, se añade

el factor multiplicador, multiplicando el límite máximo correspondiente, por actividad, por dicho factor.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente en Costa Rica es el Decreto Ejecutivo N° 39.316-S. 2015-S, Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos. Adicionalmente, el Decreto Ejecutivo N° 33.601 prohíbe el vertido de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de potabilización de aguas y de tanques sépticos a los cuerpos de agua y alcantarillado sanitario

Esta normativa no sólo incluye los lodos y biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, sino también de los tanques sépticos.

Costa Rica clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos y, el Clase B, el que tiene mayor concentración.

- **Tipo A:** biosólidos dispuestos en terrenos donde puede existir contacto directo con el público.
- **Tipo B:** biosólidos dispuestos en terrenos donde no debe existir un contacto directo con el público. En terrenos de uso agrícola, la disposición debe cesar dos semanas antes de la cosecha. Debe evitarse el pastoreo de ganado durante los 15 días siguientes a la finalización de la disposición.

Los LMP se distinguen en caso de que la disposición sea en relleno sanitario o en disposición de suelos. Los parámetros establecidos son:

- **Microbiológicos:** incluye los coliformes fecales y huevos de helminto.
- **Metales pesados:** es la única normativa que no regula ningún parámetro al respecto.
- Adicionalmente, incluye pH, porcentaje de humedad y parámetros complementarios que el MINSALUD, con base en los insumos, materias primas y procesos de producción utilizados, deberá definir los parámetros complementarios a analizar para la disposición final de biosólidos especiales en rellenos sanitarios. En lo que se refiere a uso de biosólidos ordinarios y especiales, como combustible alterno, deberá cumplir conforme al reglamento específico de la actividad.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación no presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad tipo A y tipo B.
- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos clase A y clase B.
- No considera la comercialización de los biosólidos.
- No define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Ecuador

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Ecuador cuenta con 17,51 millones de habitantes⁹⁰ y se extiende en una superficie de 256 mil km².

Posee 442,4 km³/año de recursos hídricos renovables y 27.403 m³/año per cápita. El balance hídrico global del país es muy positivo, incluso por vertiente, pero existen cuencas deficitarias en diferentes zonas y en algunas épocas del año. Estas cuencas deficitarias se concentran en dos áreas: la provincia de Manabí (sistemas hidrográficos de Jama, Portoviejo y Jipijapa) y al este y sur del golfo de Guayaquil (sistemas de Taura, Balao y Arenillas-Zarumilla) (SENAGUA, 2011b)⁹¹.

De acuerdo a los datos del JMP (2020), presenta una cobertura de acceso a alcantarillado que asciende a 66,5% y de tratamiento de aguas residuales de 16,7%.

Según el Informe Estadístico de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) municipales, 2015 (Agua y Alcantarillado)⁹², del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ecuador cuenta con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales, en 133 GAD Municipales. De las cuales, el 50% se encuentra en la Región Sierra, en la Región Costa el 30,50%, el 19% está en la Región Amazónica y el 0,50% restante se localiza en la Región Insular.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

La Constitución Ecuatoriana del 2008 concede gran importancia al agua. En el artículo 3 establece como obligación del Estado la garantía del derecho al agua sin restricciones ni discriminaciones. Y en el artículo 12 se señala el Derecho Humano al Agua y lo caracteriza como fundamental e irrenunciable. Mientras que, en el artículo 15, pone la soberanía alimentaria por encima de la soberanía energética. Cabe señalar que este reconocimiento se da incluso antes de que la Asamblea General de las Naciones Unidas expidiera la resolución A/RES/64/292, en el 2010, que establece el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida.

En el artículo 282 se prohíbe el acaparamiento y la privatización del agua

Es necesario señalar también que, en el artículo 276, se pone la garantía del acceso a agua de calidad entre los objetivos del desarrollo. En el artículo 282 se prohíbe el acaparamiento y la privatización del agua. Y en el artículo 318 se prohíbe también toda privatización y se establece que la gestión del agua sólo puede ser pública o comunitaria.

En 2014 se aprobó la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, y en el 2017 entró en vigor un nuevo Plan de Desarrollo con políticas públicas en temas de agua.

Por su parte, la Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua publicado en Registro Oficial establece el “derecho humano al agua como el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura, entre otros aspectos” (SENAGUA, 2020).

⁹⁰ INEC Ecuador – Proyección 2020. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

⁹¹ Aquastat. Ficha Ecuador, revisión 2015. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/ECU>

⁹² https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf

En el tema de Planificación Nacional se menciona que “es una responsabilidad del Estado central que está definida en la Constitución de la República, según lo establecido en el artículo 261 numeral 4. A su vez, en el artículo 141 se establece como atribuciones de los Ministerios de Estado la “rectoría, planificación, ejecución y evaluación de las políticas públicas nacionales y planes que se creen para ejecutarlas” (Plan Nacional de Riego y Drenaje-PNRD, 2019: 17).

- A.** Conforme a lo establecido en el segundo párrafo del artículo 275 de la Constitución de la República, tal planificación tiene que “garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución de la República del Ecuador. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente” (PNRD, 2019:17).
- B.** El artículo 318 de la Constitución establece que “El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinaran a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación” (PNRD, 2019:17).
- C.** Tal disposición se complementa con la definida en el artículo 412, que establece que “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico” (PNRD, 2019:17).

Por último, en 2017 se aprobó el Código Orgánico del Ambiente (COA), que regula los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Marco institucional

El Ministerio de Ambiente se encarga de la Planificación y Política Nacional Ambiental. Entre sus funciones, se encuentran:

- Emisión de certificaciones, permisos y licencias ambientales.
- Definir en coordinación con los GAD Provinciales las políticas de manejo y conservación de ecosistemas vinculados al ciclo hidrológico.
- Velar por que todos los proyectos de infraestructura y riego parcelario incorporen el componente ambiental. (SENAGUA en PNRD, 2019:108).

Otra entidad importante señalada en el PNRD es la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), que está encargada de la Planificación Hídrica Nacional y del mismo PNRD, entre sus facultades cuenta:

- Formular y ejecutar el Plan Nacional de recursos hídricos.

- Formular el Plan Nacional de Riego.
- Identificar fuentes de financiamiento territorial de los proyectos de riego.
- Otorgar autorizaciones de Uso y Aprovechamiento de agua.
- Reconocer a las Juntas de Regantes.
- Establecer la normativa y requerimientos para la presentación de proyectos de inversión.
- Emitir informes de concordancia con los objetivos del PNRD, de los proyectos de riego y drenaje presentados por los GAD Provinciales y que serán financiados con recursos de la competencia (SENAGUA en PNRD, 2019:108).

En el artículo 133 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) se establece que es deber de los GAD Provinciales ejercer su competencia exclusiva en riego y drenaje en el marco de la planificación provincial de esta materia; planificación que, a su vez, y según la norma citada, debe articularse a los lineamientos del PNRD. A su vez, en el ámbito provincial, la planificación del riego tiene que articularse con la de su fomento productivo, gestión ambiental, desarrollo y ordenamiento territorial y, desde luego, con la planificación nacional de riego y drenaje (PNRD, 2019:12).

Los Consejos de Cuenca son organismos dirigidos por la SENAGUA y en estos participan autoridades de diferentes sectores, tanto de gobierno, como de Universidades y Escuelas Politécnicas. Entre sus funciones están:

- Elegir de entre sus miembros a los representantes al Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua;
- Generar propuestas de políticas públicas sectoriales relacionadas a los recursos hídricos, que serán presentadas al Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua a través de sus representantes; d) Pronunciarse ante la SENAGUA, en todos los temas que sean de su interés (se entiende como tales a todos los vinculados a la planificación y gestión del agua en su ámbito territorial y aquellos que les solicite).
- Monitorear que las decisiones de las políticas y planes de manejo integral de las cuencas que conforman la Demarcación Hidrográfica se concreten en partidas presupuestarias de los diferentes niveles de gobierno (SENAGUA, 2015:10).

El Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua tienen la finalidad de realizar el control social sobre la garantía y el ejercicio del derecho humano al agua. Así como participar en la formulación de las directrices y seguimiento del Plan Nacional y contribuir y propiciar la resolución de controversias y conflictos que se susciten entre los usuarios del agua.

Las Juntas Administradoras de Agua Potable se conforman a través de su artículo N° 43 y establecen que son “organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable así como en su caso, el de saneamiento. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua” (SENAGUA 2015:12).

Las Juntas deben reconocer el derecho humano al agua además de tener dentro de sus acciones la elaboración del Plan de implementación que se elabora con el GAD municipal en cuya jurisdicción se encuentre la Junta, el Plan se comunicará a la Secretaría del Agua, como rector normativo. El Plan estipula el saneamiento básico y la creación de nuevas Juntas de Agua Potable.

Las Juntas Administradoras de Agua Potable deberán enviar anualmente a la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o al responsable del Centro de Atención al Ciudadano, las que podrán requerir también por su propia iniciativa la información relativa a su gestión, todo ello sin perjuicio de que la Agencia de Regulación y Control del Agua pueda requerir también el envío de información relativa a sus competencias. Ella incluirá, al menos, lo relativo al presupuesto anual y su liquidación, desarrollo de las infraestructuras hidráulicas en construcción y previsión de la construcción de otras nuevas con su forma de financiamiento, tarifas existentes y estados financieros. Igualmente, se enviará información sobre las formas de gestión del agua atribuida al Sistema y sobre su suficiencia a los efectos de cumplimiento del derecho humano al agua. Periódicamente se enviará la información sobre la composición de los órganos directivos tras la celebración de los correspondientes procesos electorales (SENAGUA, 2015:13).

En este contexto, la SENAGUA presenta la Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento (ENAS), con objeto de establecer la hoja de ruta a seguir para alcanzar, en los próximos diez años, el acceso universal a unos servicios de agua potable y saneamiento de calidad, dignos y sostenibles. Con el establecimiento de este objetivo, SENAGUA propone dar el paso definitivo para conseguir que el conjunto de la ciudadanía pueda ejercer un derecho humano fundamental reconocido por la Constitución del Ecuador y el derecho internacional, y se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (SENAGUA, 2016:7).

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El COA regula los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, y por lo tanto, todo lo que es referido a la contaminación de los recursos. En lo que se refiere al vertido de aguas residuales a cuerpos receptores, la normativa es el Acuerdo Ministerial 97-A, de 2015, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, que se mantiene vigente con el COA.

Este instrumento regula tanto los criterios de calidad de cuerpos de agua en función del uso más restrictivo que se le dé al mismo (consumo humano, preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios, uso agrícola o de riego, uso pecuario, fines recreativos mediante contacto primario y mediante contacto secundario y uso estético), como las descargas de efluentes a cuerpos receptores. Estableciendo así un enfoque combinado entre ambos criterios, en función del balance de masas, para lo cual presenta la determinación de la carga máxima permisible, en función de lo siguiente:

$$Q_e \cdot C_e = (Q_e + Q_r) \cdot C_c - Q_r \cdot C_r$$

Donde:

- **Ce** = concentración media diaria (del contaminante) máxima permitida en la descarga (o efluente tratado), para mantener el objetivo de calidad en el tramo aguas abajo de la descarga, en condiciones futuras.
- **Cc** = concentración media diaria igual al criterio de calidad para el uso asignado en el tramo aguas abajo de la descarga.
- **Cr** = concentración del contaminante en el tramo aguas arriba de la descarga, cuyo valor debe ser menor que la concentración que el criterio de calidad Cc.
- **Qr** = caudal crítico del cuerpo receptor, generalmente correspondiente a un período de recurrencia de 10 años y 7 días consecutivos o caudal con una garantía del 85%, antes de la descarga o caudal ambiental.
- **Qe** = Caudal de la descarga en condiciones futuras (generalmente se considera de 25 años, período utilizado en el diseño de las obras de descontaminación).

La norma establece unos principios básicos para la descarga de efluentes, como, por ejemplo, que los laboratorios que realicen los análisis de muestras de agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE)

La norma establece unos principios básicos para la descarga de efluentes, como, por ejemplo, que los laboratorios que realicen los análisis de muestras de agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE); la prohibición de utilización de cualquier tipo de agua con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados, o de todo tipo de descarga en las cabeceras de las fuentes de agua.

Adicionalmente, se señalan criterios para el control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos en áreas no anegadas, estableciendo una franja de seguridad de 60 metros sin barreras vivas y de 30 metros con barreras vivas, respecto a áreas sensitivas, tales como ríos, esteros y cuerpos hídricos principales, que no estén destinados para el consumo humano.

Para otros cuerpos hídricos, tales como canales internos de los cultivos, se establece la siembra de plantas nativas para la protección de estas fuentes de agua. Las barreras vivas deberán ser implementadas con especies nativas aprobadas por la Autoridad Ambiental Nacional, las mismas que constituirán barreras naturales respecto a acuíferos principales, que deberán tener 30 metros de ancho y una altura mayor a la del cultivo. Así también, se deberán respetar las zonas de protección permanente de todo cuerpo de agua. De esta manera, es una de las pocas normativas a nivel regional que hace alguna referencia a la contaminación difusa.

En lo referente a los parámetros de control y sus LMP, estos se establecen función del tipo de cuerpo receptor, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 57. Parámetros básicos de control y sus LMP regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)

PARÁMETRO	A CUERPO DE AGUA DULCE	A CUERPO DE AGUA MARINA	
		En zona de rompientes	Mediante emisarios submarinos
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Temperatura (°C)	Condición natural \pm 3	35	35
DBO5 (mg/l)	100	200	400
DQO (mg/l)	200	400	600
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	130	250	250
Sólidos totales (mg/l)	1600	N/A	N/A
Aceites y Grasas (mg/l)	30	30	30
Coliformes fecales (NMP/100ml)	2000	2000	2000
Cianuro (mg/l)	0,1	0,2	0,2
NTK (mg/l)	50	40	40
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	30	N/A	N/A
Fósforo total (mg/l)	10	N/A	N/A
Hidrocarburos totales (mg/l)	20	20	20

No se regulan sólidos sedimentables ni sólidos disueltos totales. Otros parámetros que sí regula son el color real, los detergentes como sustancias activas al azul de metileno, cloro, sustancias fenólicas e índice de fenol, sulfatos y sulfuros.

Por su parte, en cuanto a los metales pesados:

Tabla 58. Parámetros de control y sus LMP para metales pesados regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)

PARÁMETROS (mg/l)	A CUERPO DE AGUA DULCE	A CUERPO DE AGUA MARINA (A)	
		En zona de rompientes	Mediante emisarios submarinos
Aluminio	5	5	5
Arsénico	0,1	0,5	0,5
Bario	2	N/A	N/A
Boro	2	N/A	N/A
Cadmio	0,02	N/A	N/A
Cobre	1	1	1
Cobalto	0,5	0,5	0,5
Cromo Hexavalente	0,5	0,5	0,5
Estaño	5	N/A	N/A
Hierro	10	N/A	N/A
Manganeso	2	N/A	N/A
Mercurio	0,005 (b)	0,01	0,01
Niquel	2	N/A	N/A
Plata	0,1	N/A	N/A
Plomo	0,2	N/A	N/A
Selenio	0,1	N/A	N/A
Zinc	5	10	10

(a) Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujo de mareas. (b) Tampoco debe ser detectable el alkil mercurio.

Se prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de efluentes tratados o no, que alteren la calidad del recurso

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo que regula el vertido de alcantarillado público es también el Acuerdo Ministerial 97-A, de 2015, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, que se mantiene vigente con el COA.

En la tabla a continuación se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan.

Tabla 59. Parámetros de control regulados en el Acuerdo Ministerial 97-A (Ecuador)

PARÁMETRO	ECUADOR
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	
Comp. Fenólicos	+
SO ₄ ⁻²	+
DQO	+

En general, la normativa presenta similitudes al promedio regional en lo que respecta a temperatura, pH, aceites y grasas; y también lo que respecta a sólidos, tanto sedimentables, cuyo tiempo de duración de la prueba se estipula en 1 hora, como suspendidos

totales, parámetro de importancia para el control de las descargas por su influencia en la recolección.

La materia orgánica biodegradable, medida como DBO_5 , está regulada con un máximo de 250 mg/l, y la materia químicamente oxidable, medida como DQO, con un valor de hasta 500 mg/l. Ambos límites dentro del promedio regional.

Otros parámetros recurrentes son:

- El cianuro total presenta valores máximos de 1 mg/l.
- Los límites máximos aceptables para el arsénico son de 0,1 mg/l, uno de los LMP más restrictivos de la norma.
- El cromo se regula como cromo hexavalente (CrVI), que es la forma química más tóxica del este metal y se produce principalmente por procesos industriales: galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos y colorantes, revestimientos de superficies, curtido de cuero, para el que se establece un límite de 0,5 mg/l, cercano al promedio regional.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

No existe una norma específica para el aprovechamiento del agua recuperada. Sin embargo, el COA establece en su art. 196 que *“Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública”*.

De la misma forma, el Acuerdo Ministerial 97-A establece la posibilidad de utilizar las aguas servidas tratadas, y fomenta la implementación de sistemas de recuperación y reúso para disminuir los desechos. Así es que habilita en los criterios de calidad de aguas de uso agrícola, o de riego, el uso de aguas residuales tratadas, siempre que cumplan con los mismos criterios de calidad.

Estos criterios de calidad contemplan principalmente los metales, indicadores microbiológicos y ausencia de grasas y aceites, pero no toman en cuenta la presencia de materia orgánica en el agua (medida como DBO y/o DQO), considerando que la concentración de este parámetro no tiene impacto en este tipo de aprovechamiento.

En otros rubros, no se considera el aprovechamiento del agua recuperada, y tampoco se identifican proyectos al respecto en el país.

Los criterios de calidad contemplan principalmente los metales, indicadores microbiológicos y ausencia de grasas y aceites, pero no toman en cuenta la presencia de materia orgánica en el agua

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Ecuador no tiene una norma específica para el manejo y disposición de lodos y biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales. Según el Acuerdo Ministerial 97-A, los sedimentos, lodos de tratamiento de aguas residuales y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales, secos o no; y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos peligrosos o no peligrosos, de acuerdo a su composición. Sin embargo, el Acuerdo no indica cómo determinar cuándo un desecho puede ser considerado peligroso o no y se adscribe a las normas técnicas aceptadas a nivel internacional.

El Acuerdo Ministerial 061, de 2015 y aún vigente, en su Art. 129 establece que para efectos de la disposición final de desechos peligrosos y/o especiales, de la cual resulten efluentes líquidos, lodos, sólidos y gases, estos serán considerados como peligrosos, salvo que las caracterizaciones respectivas demuestren lo contrario. Los efluentes líquidos provenientes del tratamiento de desechos líquidos, sólidos y gaseosos peligrosos y/o especiales, deben cumplir, además de lo establecido en el presente texto, con las disposiciones que sobre este tema expida la Autoridad Ambiental Competente.

Anexos

Ficha México

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

México tiene una población de 126,01 millones de habitantes⁹³ y se extiende en una superficie de 1.964 mil km².

Cuenta con 461,9 km³/año de recursos hídricos renovables y 3.776 m³/año per cápita. Estos recursos hídricos se encuentran repartidos de una forma desigual en el territorio mexicano, lo que da lugar a variaciones significativas de las disponibilidades de agua según regiones. El 50% del escurrimiento superficial se genera en el sureste, que supone tan sólo el 20% del territorio, mientras que el norte (que abarca el 30% del territorio) genera sólo el 4% de dicho escurrimiento⁹⁴.

Según datos del JMP, en 2020 presentaba una cobertura de acceso a alcantarillado de 81,0% y de tratamiento de aguas residuales de 49,7%.

En 2017 se tenían contabilizadas 2.526 PTAR, que tratan 135,6 m³ de agua, y 3.025 plantas industriales que tratan 83,7 m³ (Comisión Nacional del Agua-CONAGUA; 2018). Sin embargo, para la fecha existían 4.474 puntos de descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento, de los cuales 2.461 tienen salida a un río o a un arroyo, siendo el Estado de México el que tiene 544 puntos de descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento⁹⁵.

El método más utilizado en las plantas de tratamiento es el de lagunas de estabilización, que se aplica en 732 plantas, equivalentes a 31% del total de éstas. Le sigue el de lodos activados, aplicado en 698 plantas, 29.8% del total; y en tercer lugar, figura el proceso de RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), que se utiliza en 188 plantas, que equivalen al 8% del total (CONAGUA, 2012). En cuanto a la reutilización, la CONAGUA (2018) estimaba que en 2017 se reutilizaban directamente (antes de su descarga) 39.8 m³/s de aguas residuales tratadas. Y se reutilizaban indirectamente (después de su descarga) 78.8 m³/s.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

En 2012, se realizó una modificación al artículo 4to constitucional en el párrafo 6, donde se reconoció el derecho humano al agua, estableciendo la promulgación de una nueva ley general de aguas que, sin embargo, hasta el momento no se ha expedido.

Por otro lado, en el artículo 27 constitucional se establece que la propiedad de las aguas corresponde originalmente a la Nación, y menciona los tipos de cuerpos de agua y las condiciones para que las aguas sean consideradas como federales. Fuera de estos casos, podrán ser de jurisdicción estatal o privadas. Mientras que, en el artículo 115 constitucional, la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento corresponde a los municipios, sujetos a la observancia de leyes, tanto federales como estatales.

La Ley de Aguas Nacionales (1992), por su parte, establece los principios de la política hídrica mexicana, y en su artículo 1 se señala que esta es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales y que tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas

⁹³ INEGI México – Censo 2020. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=00>

⁹⁴ Aquastat. Ficha México, revisión 2014. <http://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/MEX>

⁹⁵ Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015. Módulo ambiental de agua potable y saneamiento. INEGI 2015.

La LAN establece que, para otorgar los permisos de descarga de aguas residuales, se deberán contemplar las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua de propiedad nacional

aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

La administración de las aguas nacionales México se divide en 757 cuencas y 653 acuíferos. La Ley de Aguas Nacionales (LAN) establece que, para otorgar los permisos de descarga de aguas residuales, se deberán contemplar las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua de propiedad nacional. La CONAGUA tiene la atribución de elaborar y publicar estas declaratorias en el Diario Oficial de la Federación.

De acuerdo con el Artículo 87 de la LAN, las declaratorias de clasificación contienen la delimitación de los cuerpos de agua estudiados, en los que se determina la capacidad de asimilación y dilución de contaminantes, es decir, su aptitud de autodepurarse; los parámetros de calidad que deben cumplir las aguas residuales y los límites máximos de descarga de dichos parámetros en las áreas clasificadas. La LAN establece que, para otorgar los permisos de descarga de aguas residuales, se deberán contemplar las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua de propiedad nacional.

Otro instrumento de política es el Programa Nacional Hídrico (PNH) 2014-2018, en el que se reconoce el derecho humano al agua y al saneamiento básico. El proceso de integración del PNH responde a los principios que emanan de varios ordenamientos legales, siendo el principal la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que señala, en el artículo 25, que le corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la nación y su régimen democrático, así mismo que todos los mexicanos tengan acceso al recurso de manera suficiente, asequible, de buena calidad y con oportunidad para hacer valer el derecho humano previsto en el artículo 4 constitucional.

Marco institucional

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es un órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Entre las funciones de la Comisión destaca el control de las aguas nacionales, con la emisión de concesiones, asignaciones y permisos de descarga de aguas nacionales. Es la responsable de integrar y formular el PNH, así como de actualizar y vigilar su cumplimiento, además de proponer criterios y lineamientos que permitan dar unidad y congruencia a las acciones del Gobierno de la República en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes. También administra directamente algunas instalaciones hidráulicas clave, como el acueducto Cutzamala.

La CONAGUA se divide en 13 organismos de cuenca, y son los responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en cada una de las RHA en que se ha dividido el país.

A nivel estatal, se encuentran las Comisiones Estatales de Agua (CEA), que son organismos autónomos y cuyas atribuciones difieren entre los distintos estados y pueden incluir el manejo de los recursos hídricos, suministro de los servicios de agua potable y saneamiento y riego.

De acuerdo con el artículo 115 constitucional, los municipios son los responsables de prestar los servicios de agua potable y saneamiento a la población. Sin embargo, muchos de ellos carecen de las capacidades técnicas y gerenciales para brindar los servicios adecuadamente, además de que a nivel municipal se siguen presentando proble-

mas de simulación, transferencia de bienes públicos a privados y dispendio.

El PNH 2020-2024 reporta que existen aproximadamente 2.200 prestadores de servicios, de los cuales cerca de 1.500 son centralizados, es decir, los municipios respectivos prestan el servicio directamente⁹⁶. Señala, sin embargo, que solo 700 prestadores de servicios pueden considerarse organismos operadores de agua, por su grado de autonomía financiera y de gestión⁹⁷, de los que aproximadamente el 88% son organismos públicos descentralizados, 8.5% son paraestatales y el resto se comprende de concesionarios privados, órganos desconcentrados de los estados o municipios, empresas público-privadas y operadores federales (FONATUR⁹⁸).

Los organismos operadores enfrentan diversos y complicados desafíos que son difíciles de resolver, en gran parte debido a su dependencia de los gobiernos municipales, ya que los recursos financieros con los que cuentan generalmente son exiguos para operar de manera adecuada los sistemas de tratamiento⁹⁹. La gran mayoría de los organismos operadores presentan grandes dificultades en lo que respecta a la recaudación¹⁰⁰ y a las bajas tarifas del servicio, no cuentan con personal capacitado y hay una gran rotación del personal directivo, y muchas veces técnico, sobre todo con los cambios de los gobiernos municipales (cada 3 años), lo cual se refleja en el detrimento de la calidad de los servicios de agua y saneamiento.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo específico es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales¹⁰¹. La vigilancia de su cumplimiento corresponde a la SEMARNAT, por conducto de la CONAGUA, y la Secretaría de Marina cuando las descargas se presenten en el mar.

México establece los parámetros de control y sus LMP, en primer lugar, en función del tipo del cuerpo receptor, ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras y suelo; y en segundo lugar, en función del uso principal que se de al mismo. Adicionalmente, se establece un promedio diario y mensual.

A continuación, se exponen los parámetros básicos de control y sus LMP:

⁹⁶ Estimaciones con base en el Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua del INEGI y el Censo de Gobiernos del INEGI.

⁹⁷ CONAGUA, 2019. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

⁹⁸ Fondo Nacional de Fomento al Turismo.

⁹⁹ ANEAS, 2015. Asociación Nacional de Empresa de Agua y Saneamiento.

¹⁰⁰ PNH 2020-2024: Solo se cobra el 40%, por lo que el agua no facturada o no contabilizada es recurso que se extrae de los cuerpos de agua del país, pero que se pierde en fugas o no se cobra debido a fallas en el padrón de usuarios o en el proceso de facturación. INEGI, 2014. Captación, tratamiento y suministro de agua 2013. Censos económicos 2014. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México.

¹⁰¹ Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

Tabla 60. Parámetros básicos de control y LMP regulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)

PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
	Uso en riego agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura (°C)	N/A	N/A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N/A	N/A	40	40
pH	5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10		5 - 10	
Grasas y Aceites (mg/l)	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25	12	25
Materia flotante (mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos sedimentables (mg/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N/A	N/A	1	2
DBO ₅ (mg/l)	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	150	N/A	N/A	75	150
Nitrógeno Total (mg/l)	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N/A	N/A	N/A	N/A	15	25	N/A	N/A	N/A	N/A
Fósforo Total (mg/l)	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N/A	N/A	N/A	N/A	5	10	N/A	N/A	N/A	N/A
Cianuro (mg/l)	1	3	1	2	1	2	2	3	1	2	1	1		3	1	2	2	3	1	2

P.D.: Promedio Diario. P.M.: Promedio Mensual.

(A), (B), y (C): tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos, según los efectos ocasionados por la contaminación.

Para determinar la contaminación por patógenos, se toman como parámetro los coliformes fecales, cuyo LMP es de 1.000 y 2.000 NMP/100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente¹⁰². Y para determinar la contaminación por parásitos se toman como parámetro los huevos de helminto, cuyo LMP para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de 1 huevo de helminto/l para riego restringido, y de 5 huevos de helminto/l para riego no restringido.

A pesar de no estar contemplada en la norma, para pago por derechos de descarga y

¹⁰² Para vertido a suelo mediante humedales naturales no aplica.

conforme a la Ley Federal de Derechos¹⁰³, la DQO se utiliza como parámetro para definir la concentración contaminante característica correspondiente a la actividad que generó la descarga de cada permiso de descarga. Para este tipo de pago, también se toman en cuenta los sólidos suspendidos totales.

Tampoco se encuentran normadas sustancias como detergentes, cloro, sustancias fenólicas, sulfatos, sulfitos y sulfuros ni compuestos organoclorados, organofosforados e hidrocarburos totales.

En lo referente a los metales pesados, no se encuentran normados el aluminio, antimonio, boro, bario, berilio, estaño, hierro, manganeso, molibdeno, plata y selenio. Los parámetros establecidos y sus LMP se exponen a continuación:

Tabla 61. Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)

PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
	Uso en riego agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2
Cadmio	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2
Cobre	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Cromo	1	1,5	0,5	1	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Mercurio	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01	0,01	0,02	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	5	10	0,2	0,4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

P.D.: Promedio Diario. P.M.: Promedio Mensual.

(A), (B), y (C): tipo de cuerpo receptor de acuerdo a la Ley Federal de Derechos, según los efectos ocasionados por la contaminación.

¹⁰³ Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales 2020. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Coordinación General de Recaudación y Fiscalización. México.

Adicionalmente, se establece un plazo de cumplimiento de la misma, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 62. Plazos de cumplimiento estipulados para descargas municipales y no municipales en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (México)

DESCARGAS MUNICIPALES		
Fecha de cumplimiento	Rango de población	
1 de enero de 2000	> 50.000	
1 de enero de 2005	De 20.001 a 50.000	
1 de enero de 2010	De 2.501 a 20.000	
DESCARGAS NO MUNICIPALES		
Fecha de cumplimiento	Carga contaminante DBO (t/día)	Carga contaminante SST (t/día)
1 de enero de 2000	> 3,0	> 3,0
1 de enero de 2005	De 1,2 a 3,0	De 1,2 a 3,0
1 de enero de 2010	< 1,2	< 1,2

Actualmente, se cuenta con el proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 mediante la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017¹⁰⁴. Este proyecto fue publicado el 5 de enero de 2018 en el Diario Oficial de la Federación, pero aún no ha sido ratificado.

Las principales diferencias entre ambas normas son:

1. Los límites máximos de descarga se vuelven más restrictivos, aunque los límites mínimos de nitrógeno y fósforo aumentan.
2. Ya no se distingue por uso en cada cuerpo receptor, lo que la vuelve más restrictiva.
3. Se introducen modifican o introducen nuevos parámetros:
 - El color, eliminando así la medición de sólidos sedimentables.

La medición de contaminación biológica se cambia para medirse en DQO y COT, en vez de DBO₅.

¹⁰⁴ https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510140&fecha=05/01/2018

- Por encima de 1.000 mg/l de cloruros, se establecen límites para COT y Enterococos fecales.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente es la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMAR-NAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 63. Parámetros de control regulados en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)

PARÁMETRO	MÉXICO
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
DQO	
S ₂ ⁻	
Zn	+
S.Sed.	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	
Cr ⁺⁶	+
Comp. Fenólicos	
SO ₄ ⁻²	

La normativa establece los LMP de los parámetros de control para el promedio mensual, promedio diario e instantáneo. Este último corresponde a valores de referencia para el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

En general, la normativa presenta similitudes en lo referente a parámetros de control, y en lo que respecta a sus LMP:

pH: México presenta el intervalo más amplio a nivel regional, 5,5 -10.

Temperatura: el LMP es de 40°C, similar al promedio regional. Se habilita verter con temperaturas superiores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente, por medio de un estudio sustentado, que no daña al cuerpo receptor.

Aceites y grasas: mediante el método de sustancias solubles en hexano, con un LMP de P.M. 50 mg/l, P.D. 75 mg/l y 100 mg/l como valor instantáneo.

Para el caso de contaminación orgánica, México presenta los valores más estrictos en lo referente a DBO₅, y están asociados a la clasificación del cuerpo receptor asociado a la descarga final de la red de alcantarillado (con o sin planta de tratamiento), además de considerar valores promedio y mensual, tal y como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 64. Parámetro de control y LMP para contaminación orgánica según el promedio mensual o diario regulado en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)

Cuerpo receptor	PROMEDIO MENSUAL (P.M.)			PROMEDIO DIARIO (P.D.)		
	A	B	C	A	B	C
Parámetro						
DBO ₅ (mg/l)	150	75	30	200	150	60

Adicionalmente, los LMP del parámetro DBO₅ deben cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 o con a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

La DQO no se encuentra regulada en la norma.

En lo referente a sólidos:

- Los sólidos suspendidos totales deben cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 o con las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

- Se establecen los siguientes LMP referentes a los sólidos sedimentables, P.M. 5 mg/l, P.D. 7,5 mg/l y 10 mg/l como valor instantáneo, para una prueba de 1 hora de duración.
- La materia flotante debe estar ausente.

Otros parámetros recurrentes como:

Tabla 65. Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la NOM-002-SEMARNAT-1996 (México)

PARÁMETROS (MG/L)	PROMEDIO MENSUAL (P.M.)	PROMEDIO MENSUAL (P.M.)	INSTANTÁNEO
Arsénico total	0,5	0,75	1
Cadmio total	0,5	0,75	1
Cianuro total	1	1,5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0,5	0,75	1
Mercurio total	0,01	0,015	0,02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1,5	2
Zinc total	6	9	12
Arsénico total	0,5	0,75	1

No se encuentran regulados parámetros como los compuestos o sustancias fenólicas o los sulfuros y sulfatos.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Los instrumentos normativos vigentes en México son:

- La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que al distinguir los vertidos en función del tipo de cuerpo receptor y sus usos, regula el reúso de las aguas tratadas, habilitando su uso en agricultura, acuicultura, actividades recreativas e industria,

Adicionalmente al control de la contaminación por patógenos a través de coliformes fecales, también establece el control de huevos de helminto para las descargas a suelo

asumiendo así el agua residual tratada como parte del recurso hídrico disponible.

- La Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- NOM-014-CONAGUA-2003 que regula los requisitos para la recarga artificial de acuíferos.

De esta forma, el uso para riego agrícola es habilitado mediante las descargas a suelo, y sus valores son establecidos por su respectiva norma, que es mostrada en el Capítulo 5.8.3.1 del presente documento. Así es que, adicionalmente al control de la contaminación por patógenos a través de coliformes fecales, también establece el control de huevos de helminto para las descargas a suelo, cuyo LMP es de 1 huevo de helminto/l para riego restringido¹⁰⁵, y de 5 huevos de helminto/l para riego no restringido¹⁰⁶.

Para el caso de usos industriales, no se encuentran prohibidos y se entiende que, dependiendo de las necesidades de cada industria, se establecerán unos LMP adicionales a los que las normativas establecen.

Para el caso de uso urbano, se observa que la normativa mexicana es menos restrictiva, tanto en los límites permisibles, como en los usos potenciales del agua recuperada. Estos usos distinguen entre:

- **Servicios al público con contacto directo:** se considera llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.
- **Servicios al público con contacto indirecto u ocasional:** se considera riego de jardines y camellones en autopistas, camellones en avenidas, fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones.

A pesar de ello, la NOM-003-SEMARNAT-1997 considera los límites permisibles más estrictos de la normatividad nacional, en lo que a DBO_5 , Grasas y Aceites, Sólidos Suspendedos, Coliformes Fecales y Huevos de Helminto se refiere, tal y como se expone a continuación:

¹⁰⁵ La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

¹⁰⁶ La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

Tabla 66. Parámetros básicos de control y LMP según el tipo de reúso establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1996 (México)

TIPO DE REÚSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SST (mg/l)
Servicios al público con contacto directo	240	1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1000	5	15	30	30

En el caso de metales pesados y cianuros, los LMP no superarán concentraciones mayores a los LMP establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

Los nutrientes no están regulados en la normativa para reúso.

Desde el punto de vista normativo, es relativamente sencillo poder aprovechar el agua recuperada en distintos usos. Sin embargo, y suponiendo incluso que se cuenta con la infraestructura necesaria para el aprovechamiento, como una línea morada, el mayor obstáculo para el aprovechamiento del agua recuperada emana del artículo 29 bis 3 fracción VI de la LAN, ya que una concesión o asignación para explotación o aprovechamiento de aguas nacionales puede ser sujeto de extinción por Caducidad parcial o total declarada por “la Autoridad del Agua” cuando se dejen parcial o totalmente de explotar, usar o aprovechar aguas nacionales durante 2 años consecutivos, sin mediar causa justificada explícita en la presente Ley y sus reglamentos.

Por otra parte, la NOM-014-CONAGUA-2003 establece los requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Los límites permisibles para la recarga establecidos en la norma son los de la NOM-127-SSA1-1994 (Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización; 18 enero, 1996; y Modificación del 22 noviembre, 2000). Garantizar una calidad de agua potable ha hecho que este tipo de práctica solo se haya implementado en la Ciudad de México a pequeña escala, y en la ciudad de San Luis Río Colorado, en Sonora, donde el efluente de la planta de tratamiento se reinyecta al manto acuífero mediante lagunas de recarga superficial a cielo abierto (CONAGUA y MEKOROT, 2014). No se ha garantizado el cumplimiento de la norma.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente es la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamientos y disposición final.

México es el único país que clasifica los biosólidos en Clase A, Clase B y Clase C, siendo el biosólido Clase A el que tiene menor concentración de microorganismos patógenos,

pudiendo usarse sin restricciones sanitarias y el Clase C el que tiene mayor concentración.

Esta clasificación se establece de acuerdo a los siguientes indicadores y sus límites máximos:

Tabla 67. Clasificación de biosólidos en función de la contaminación microbiológica en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (México)

CLASE BIOSÓLIDO	TIPO	BACTERIAS	PATÓGENOS	PARÁSITOS
		Coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp. NMP/g en base seca	Huevos de helminto/g en base seca
A	Excelente	1.000	3	1
B	Excelente o bueno	1.000	3	10
C	Excelente o bueno	2.000.000	300	35

Los metales pesados establecen el tipo de biosólido, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 68. Tipo de biosólido en función de la concentración de metales pesados en mg/kg en base seca en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (México)

CONTAMINANTE (mg/kg en base seca)	EXCELENTE	BUENOS
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

En función de la clasificación que tengan los biosólidos, y un máximo de humedad del 85%, la normativa habilita los siguientes usos:

Tabla 69. Usos habilitados según la clasificación de biosólidos en la NOM-004-SEMAR-NAT-2002 (México)

CLASE BIOSÓLIDO	APROVECHAMIENTO
A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para las clases B y C
B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para la clase C
C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramiento de suelos • Usos agrícolas¹⁰⁷

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos para alcanzar la calidad Clase A, Clase B y Clase C.
- Especifica los usos permitidos para los lodos y biosólidos Clase A, Clase B y Clase C.
- No considera la comercialización de los biosólidos.
- No define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

¹⁰⁷ Conforme a la Ley Federal de Sanidad Vegetal y normatividad vigente en la materia.

Anexos

Ficha Panamá

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Panamá cuenta con 4,28 millones de habitantes¹⁰⁸ y se extiende en una superficie de 74.520 km².

Posee 139 km³/año de recursos hídricos renovables y 36.050 m³/año per cápita. Panamá presenta una extensa red hidrográfica, con 52 cuencas: 18 en la vertiente del Caribe y 34 en la vertiente del Pacífico. El volumen medio de precipitación anual es 220.8 km³, y un 64 % de esto se distribuye en la vertiente del Pacífico y el restante en el Caribe¹⁰⁹. Adicionalmente, la mayor demanda de agua se concentra en la vertiente del Pacífico, donde habita el 83% de la población y se concentra más del 70% las actividades económicas, incluyendo la región Metropolitana (distritos de Panamá, San Miguelito, La Chorrera, Arraiján y Capira), en la que habita el 55% de la población total del país y la mayor parte de industrias y servicios.

Según información del JMP (2020), presenta datos de acceso a cloaca con una cobertura del 34,2%. No se presentan datos de acceso a saneamiento seguro o de tratamiento de aguas residuales.

El Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050 estima que el 94,5% de la población cuenta con servicios de saneamiento de uso privado y comunal. Dentro de estas cifras, la cobertura de alcantarillado asciende al 59% de las viviendas urbanas. Para las zonas rurales, la OMS calcula que el 28% utiliza letrinas, el 28% tanques sépticos y tan solo el 4% tiene conexión a alcantarillado; además, no se cuenta con información en zonas con menor población o comarcas indígenas.

En lo que respecta al tratamiento de aguas residuales, para el Área Metropolitana de Ciudad de Panamá¹¹⁰ (AMP) se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales construido y operando efectivamente desde mayo de 2013. Este sistema sirve a aproximadamente 600.000 habitantes, que representan una cobertura de 40% de la población del AMP y el 15% a nivel nacional. La cobertura de tratamiento de aguas residuales se elevará sustancialmente, con proyecciones alrededor del 50% a nivel nacional para 2023, con la terminación de las plantas de tratamiento que se vienen impulsando en las principales ciudades del país, como Panamá, Santiago, David, Arraiján y La Chorrera, y en ciudades menores, como Puerto Armuelles, Almirante y Changuinola.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

En la Constitución de Panamá no se ha incorporado el Derecho Humano al agua y al saneamiento. Sin embargo, en el artículo 118 constitucional se considera el saneamiento ambiental: “es deber fundamental del Estado garantizar que la población viva en un ambiente sano y libre de contaminación, en donde el aire, el agua y los alimentos satisfagan los requerimientos del desarrollo adecuado de la vida humana (art. 118).

En materia de agua, la Ley 35 de aguas (de 1966) reglamenta la explotación de las aguas para su aprovechamiento, conforme al interés social, procurando el máximo bienestar público en la utilización, conservación y administración de las mismas.

¹⁰⁸ INEC Panamá – Estimación 2020. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=499&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=10

¹⁰⁹ Aquastat. Ficha Panamá, revisión 2015. <https://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/PAN>

¹¹⁰ Panamá Este, Panamá Oeste y San Miguelito.

La ley 41 (1998), Ley de Ambiente, dispone en el artículo 80 que las actividades que varíen el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, o que alteren los cauces, no se podrán realizar sin la autorización del Ministerio de Ambiente. Mientras que el artículo 81 establece que el agua es un bien de dominio público en todos sus estados. Su conservación y uso es de interés social. Sus usos se encuentran condicionados a la disponibilidad del recurso y a las necesidades reales del objeto a que se destinan. Y el artículo 82 establece que los usuarios que aprovechen los recursos hídricos están obligados a realizar las obras necesarias para su conservación, de conformidad con el Plan de Manejo Ambiental y el contrato de concesión respectivo.

En cuanto a la administración, uso, mantenimiento y conservación del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, se encuentra establecido en el art. 84 que los realizará la Autoridad del Canal de Panamá, en coordinación con el Ministerio de Ambiente, con base en las estrategias, políticas y programas relacionados con el manejo sostenible de los recursos naturales en dicha cuenca.

La Resolución 84, de 2015, declaró el estado de emergencia para enfrentar los impactos adversos del Fenómeno de El Niño 2015-2016 y estableció la conformación de una Comisión de Alto Nivel de Seguridad Hídrica, integrada por 10 instituciones con el mandato de elaborar el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos.

Es en la Resolución N° 114, del 23 de agosto de 2016, que la Comisión adopta el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos, y crea el Consejo Nacional del Agua, que sustituye a dicha Comisión. Este plan es a largo plazo, con 5 metas alcanzables en un horizonte de 35 años: 1) Acceso universal a agua de calidad y servicios de saneamiento; 2) Agua para el crecimiento socioeconómico inclusivo; 3) Gestión preventiva de los riesgos relacionados con el agua; 4) Cuencas hidrográficas saludables; y 5) Sostenibilidad hídrica.

En el año 2000, se expidieron distintas normativas y reglamentos técnicos sobre diversos aspectos de las aguas residuales, tales como: 1) reutilización de las aguas residuales tratadas (DGNTI-COPANIT, 24-99); 2) descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficial y subterráneas (DGNTI-COPANIT, 35-2000); 3) descargas de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales (DGNTICOPANIT, 39-2000); y 4) uso y disposición final de lodos (DGNTI-COPANIT, 47-2000).

Marco institucional

El Consejo Nacional del Agua (CONAGUA) está integrado por miembros del Ministerio de Medio Ambiente (MiAmbiente), Ministerio de Presidencia, Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Salud (MINSA), y 3 entidades autónomas: la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP), la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN). El Consejo es el cuerpo colegiado encargado de asesorar, impulsar, orientar, coordinar y garantizar el desarrollo e implementación del Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015 -2050.

El IDAAN es la entidad pública encargada de brindar el servicio de agua potable en Panamá, y de la recolección y disposición de las aguas servidas, velando por la conservación del medio ambiente, con miras a alcanzar niveles óptimos de productividad y eficiencia.

El MINSA, cuyo objetivo es asegurar el acceso a la salud pública para toda la población de Panamá, es el ente rector del sector de agua y saneamiento y tiene la responsabilidad de definir sus políticas públicas, además de supervisar y evaluar todas las actividades realizadas en este sector, por parte de instituciones estatales y entidades autónomas y semi-autónomas. Además, a través de la Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (DISAPAS), es responsable de brindar asistencia técnica a las Juntas Administradoras de Acueductos Rurales (JAAR).

Por su parte, el MiAmbiente es la entidad encargada de determinar políticas para la conservación, protección y restauración de las cuencas hidrográficas y del medio ambiente, así como para el aprovechamiento participativo y sostenible de los recursos naturales de Panamá. Realiza la fiscalización ambiental de los proyectos de desarrollo que se ejecuten en Panamá.

El MIDA tiene como objetivo normar y coordinar al sector agropecuario, y formular, dirigir y poner en práctica la estrategia y política de desarrollo de dicho sector. Busca lograr la seguridad alimentaria de Panamá y contribuir a la disminución del costo de la canasta básica de alimentos y así contar con un sector agropecuario competitivo, participativo y sostenible, procurando el bienestar del productor y de la población en general. Con respecto a los recursos hídricos, el MIDA regula el aprovechamiento de estos con fines agrarios.

La ASEP es un organismo autónomo, con personería jurídica y patrimonio propio, que controla, regula, ordena y fiscaliza la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario, electricidad, telecomunicaciones, radio y televisión, y el transporte y distribución de gas natural. Su objetivo es cumplir las leyes sectoriales respectivas, ejerciendo control, vigilancia y verificación del cumplimiento de las leyes y reglamentos por parte de los reclusos. En la realidad, esta es una entidad que carece de autonomía y, por tanto, se ha debilitado, por lo que existe interferencia política en la fijación o actualización de tarifas, pese a que éstas se requieran. El ejemplo más representativo son las tarifas de agua potable, que no han sido actualizadas desde 1983.

Comunidades indígenas pequeñas, que representan al 65% de todos los lugares poblados de Panamá, son responsables de gestionar sus sistemas de abastecimiento de agua bajo diferentes figuras o esquemas organizativos y tecnológicos

Las JAAR son organizaciones comunitarias con personería jurídica, sin fines de lucro y de interés público, responsables de administrar los sistemas rurales de abastecimiento de agua potable, construidos por el Estado, la propia JAAR u otra organización para beneficio de la comunidad. Los sistemas comunitarios existen en comunidades rurales, indígenas y algunas áreas periurbanas, que tienen en promedio cerca de 1.500 habitantes. Estas comunidades pequeñas, que representan al 65% de todos los lugares poblados de Panamá, son responsables de gestionar sus sistemas de abastecimiento de agua bajo diferentes figuras o esquemas organizativos y tecnologías. Actualmente existen 2.716 sistemas reconocidos como JAAR. La tarifa es determinada por la Junta Directiva de la JAAR con base en los gastos de operación del sistema y se aprueba en asamblea general. El monto acordado se cobra mensualmente.

La ACP es la entidad responsable de operar, administrar, utilizar, conservar, mantener y modernizar el Canal de Panamá, así como de realizar todas las actividades y servicios conexos para que el Canal funcione de manera segura, continua, eficiente y rentable. Es una entidad que goza de autonomía financiera, patrimonio propio y derecho de administrarlo. Además, en acuerdo con el IDAAN, opera y mantiene las plantas potabilizadoras de La Mendoza (Chorrera), Monte Esperanza (Colón) y Miraflores (Panamá), y vende agua potable en bloque al IDAAN.

La Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CICH) coordina las actividades de organismos gubernamentales y no gubernamentales con responsabilidad e intereses en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Está presidida por la ACP e integrada por las siguientes entidades: MEF, MiAmbiente, Ministerio de Vivienda, MIDA, Ministerio de Gobierno, Caritas Arquidiocesana y la Fundación Natura.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo vigente en Panamá es el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019 Medio Ambiente y Protección de la Salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas.

Panamá establece los parámetros y sus LMP independientemente del tipo de cuerpos receptores, usos a los que se destina el cuerpo receptor o tamaño del vertido. Adicionalmente, dispone un listado de parámetros a controlar por actividad económica, en función de la CIU, reconociendo así 307 actividades industriales diferentes.

A continuación, se presenta una síntesis de los parámetros contenidos en la normativa de descargas a cuerpos receptores:

Tabla 70. Parámetros de control y LMP establecidos en el Reglamento Técnico DGN-TI-COPANIT 35-2019 (Panamá)

PARÁMETRO		LMP
Diferencia temperatura	°C	±3
pH		5,5-8,5
Aceites y Grasas	mg/l	20
DBO ₅	mg/l	50
DQO	mg/l	100
Enterococos	NMP/100ml	100
	UFC/100ml	100
Escherichia coli	NMP/100ml	250
	UFC/100ml	250

PARÁMETRO		LMP
Coliformes termotolerantes o fecales	NMP/100ml	500
	UFC/100ml	500
Coliformes totales	NMP/100ml	1.000
	UFC/100ml	1.000
Cianuro total	mg/l	0,2
Sólidos disueltos totales	mg/l	500
Sólidos sedimentables	mg/l	15
Sólidos suspendidos totales	mg/l	35
Conductividad	μS/cm	2.000
Nitratos	mg/l	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	3
Nitrógeno total	mg/l	15
Fósforo total	mg/l	10
Hidrocarburos totales	mg/l	5

Sobre estos parámetros, se presentan ciertas particularidades:

Temperatura. No se establece un LMP sino como variación máxima de temperatura, con respecto a la temperatura del cuerpo receptor antes de la descarga.

pH. La normativa establece un rango flexible entre 5-9, similar al de toda la región.

Materia orgánica: establece LMP tanto para DBO_5 50 mg/l, como DQO, con límite de 100 mg/l, siendo unos de los más restrictivos de la región para contaminación orgánica.

Sólidos: Panamá establece un LMP de 35 mg/l para sólidos suspendidos totales, siendo el límite más restrictivo a nivel regional. Adicionalmente, regula también los sólidos sedimentables. Se destacan, también, los parámetros de sólidos disueltos totales y conductividad, siendo el único país que regula ambos, ya que están estrechamente relacionados debido a que, cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica.

Nutrientes: Panamá regula las concentraciones tanto de nitrógeno amoniacal, como de nitratos y nitrógeno total.

Parámetros microbiológicos: regula tanto coliformes termotolerantes o fecales, como coliformes totales, enterococos y escherichia coli, y habilita presentar uno de los dos métodos establecidos UFC o NMP. También se regula el cianuro total con uno de los LMP más restrictivos a nivel regional, 0,2 mg/l. Adicionalmente, es el único país que establece el parámetro Vibrio Cholera exigiendo la ausencia del mismo.

En lo referente a los metales pesados, se regulan el aluminio, arsénico, cadmio, cobre, cromo hexavalente, cromo total, hierro total, manganeso, mercurio, níquel, plomo, tolueno, xileno y zinc. Adicionalmente, los metales pesados son el parámetro complementario más común para las aguas residuales de actividades económicas según la CIU.

Otros parámetros:

- **Color.** Panamá regula el color verdadero teniendo un LMP de 300 UC.
- **Cloro.** Está normado el cloro residual libre, con un valor máximo de 1,5 mg/l.
- **Detergentes.** No están normados.
- **Sulfatos, sulfitos y sulfuros.** Están regulados los sulfatos y los sulfuros, con un LMP de 1.000 mg/l y 1 mg/l respectivamente.
- **Compuestos organoclorados y organofosforados.** Panamá regula ambos compuestos con un LMP 1,5 mg/l para ambos.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente en Panamá es la Resolución 35 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000, sobre descargas de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales, mediante la cual se establecen las características que deben cumplir los vertidos de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales directamente a los sistemas de recolección de aguas residuales. Este reglamento ha pasado por diversas modificaciones respecto a su artículo 3, en relación a los laboratorios acreditados para los análisis.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan.

Tabla 71. Parámetros de control regulados en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 (Panamá)

PARÁMETRO	PANAMÁ
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	
Comp. Fenólicos	+
SO ₄ ⁻²	+
DQO	+

Se presenta a continuación la descripción de los parámetros más comunes:

- **Temperatura.** Define el valor de descarga en función de un intervalo de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ de la temperatura normal del sitio.

- **pH.** Establece un rango de 5 a 9.
- **Contaminación orgánica.** Implanta como parámetro la DQO, con un LMP de 700 mg/l, siendo el único país que fija un ratio DQO/DBO₅ entre 1,25 y 2,50.
- **Sólidos.** Panamá es el país que más parámetros regula en lo que se refiere a sólidos, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 72. Parámetros de control referentes a sólidos y LMP regulados en la Resolución 35 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 (Panamá)

PARÁMETRO	LMP
Sólidos disueltos (mg/l)	1.000
Conductividad eléctrica (μS/cm)	2.000
Sólidos sedimentables (mg/l)	20
Sólidos suspendidos (mg/l)	300
Sólidos totales (mg/l)	1.500

- La materia orgánica se encuentra regulada tanto para DBO₅, con un LMP de 300 mg/l, como para DQO de 750 mg/l, uno de los promedios más altos de la región.
- Los aceites y grasas son regulados mediante el método de determinación de sustancias solubles en hexano, con un LMP de 150 mg/l, por encima del promedio regional.
- Los cianuros presentan un valor máximo de 1 mg/l, situándose en el promedio regional.
- El LMP para el arsénico tiene un valor de 0,5 mg/l.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

La reutilización de aguas recuperadas se establece en el Reglamento Técnico DGN-TI-COPANIT 24-99 y considera 8 tipos de aprovechamiento, para los cuales establece requisitos de calidad específicos:

- **Agua para el consumo de animales.** Los animales estén en contacto con el ser humano o estén destinados al consumo humano se debe cumplir con los requisitos indicados en la DGNTI-COPANIT 23-395-99. AGUA. Agua Potable.

- **Riego.** Metales, RAS, parámetros microbiológicos en función del tipo de cultivo y de riego.
- **Recreación y estética.** No se definen valores específicos para el uso estético. Para recreación sin contacto directo se señala un tratamiento secundario, con DBO<5mg/L y ausencia de coliformes fecales.
- **Vida acuática y acuicultura.** Tratamiento secundario y desinfección. Se norman metales, cianuros, nitritos y nitrógeno amoniacal.
- **Uso urbano.** Tratamiento secundario y desinfección. DBO y SST \leq 40 mg/L. Coliformes fecales \leq 200 NMP/100 mL.
- **Recarga de acuíferos.** En función del tipo de recarga, sea Inyección directa que recarga agua subterránea (agua potable) o Recarga mediante aplicación a la superficie de la tierra.
- **Restauración de hábitat.** Requerimientos establecidos para riego o acuicultura.
- **Uso industrial y minero.** Requerimientos en función del tipo de uso, considerando al menos tratamiento secundario y desinfección.

No se consideran usos en consumo humano directo y recreación con contacto directo por motivos psicológicos, que limitan esos tipos de aprovechamiento. El reglamento establece requisitos de calidad para cada tipo de uso de agua recuperada.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente en Panamá es el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000. Agua. Usos y disposición final de lodos.

Esta normativa no sólo incluye los lodos y biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, sino también de los tanques sépticos.

Panamá clasifica los biosólidos en Clase I y Clase II, en función del método de tratamiento que se le dé al mismo.

Los usos habilitados según la normativa se definen en función de la cantidad de sólidos totales, y no son establecidos mediante la clasificación anteriormente mencionada, son:

- **Conversión de lodos en Abono:** fertilizante para especies hortícolas, viveros para plantas ornamentales, aditivos para mejorar las condiciones físicas de suelos y fertilizantes para áreas de recreación, tales como parques, campos de golf, etcétera.
- **Lodos líquidos:** aquellos que contienen menos de un 25% de sólidos totales, y pueden ser utilizados para fertilización de empastadas, estabilización de suelos y aditivos, para mejorar las condiciones físicas de suelos, como dunas.
- **Lodos deshidratados:** son aquellos que contienen al menos un 25% de sólidos totales, y pueden ser aplicados en cultivos de forrajeras, viveros de plantas ornamentales, como un aditivo para suelos, campos de golf y otras áreas de contacto limitado con seres humanos, siempre que se cumplan los LMP establecidos en la norma.

- **Lodos secos:** son aquellos que contienen al menos un 40% de sólidos totales, y pueden ser utilizados en aplicaciones agrícolas sin restricción, ya sea como abono o fertilizante en horticultura, cultivos de especies comestibles, plantaciones bananeras, viveros de especies frutales u ornamentales, forrajas, etcétera, siempre que se cumplan los LMP establecidos en la norma.

Los LMP se distinguen en caso de que los lodos sean utilizados en fabricación de abonos o en aplicaciones agrícolas, fijando la tasa anual de aplicación de elementos inorgánicos en kg/ha año. Los parámetros establecidos son:

- **Microbiológicos:** incluyen tan sólo coliformes fecales. No regula salmonella, huevos de helminto o virus.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de 10 metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se y Zn.
- Adicionalmente, incluye pH y cantidad de sólidos totales.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos.
- Especifica los usos permitidos.
- Considera la comercialización de los biosólidos.
- No define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Paraguay

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Paraguay tiene una población de 7,25 millones de habitantes¹¹¹ y se extiende en una superficie de 406 miles de km².

Cuenta con 388 km³/año de recursos hídricos renovables y 57.012 m³/año per cápita. Paraguay es uno de los países con mayor oferta hídrica del mundo y pertenece en su totalidad a la cuenca del río de la Plata, distinguiéndose dos grandes cuencas, la del río Paraguay y la Cuenca del Paraná. También cuenta con tres acuíferos importantes de explotación de aguas subterráneas dentro de la Cuenca del Plata: el Acuífero Patiño en la zona central del país, el Acuífero Misiones componente del Gran Sistema Acuífero Guaraní compartido con los países de Brasil, Argentina y Uruguay, y el Acuífero Yrendá en el Chaco Central, componente del Gran Chaco Americano, compartido con Bolivia y Argentina¹¹².

El sistema de humedales Paraguay-Paraná es una de las mayores reservas de agua dulce y biodiversidad del mundo, abarcando territorios de Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay

El sistema de humedales Paraguay-Paraná es una de las mayores reservas de agua dulce y biodiversidad del mundo, abarcando territorios de Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay. En Paraguay los principales humedales son: parte del Pantanal, los esteros de Ñeembucú y del Lago Ypoá. Cumplen funciones de mitigación de inundaciones y sequías, favorecen la recarga de acuíferos y mantienen áreas para la cría de peces, además de facilitar la actividad agrícola y ganadera de la región.

Según datos del JMP, en 2020 presentaba una cobertura de acceso a alcantarillado de 8,4% y de tratamiento de aguas residuales de 4%.

La cobertura de agua para consumo por redes a nivel nacional alcanza el 7%, la cobertura de alcantarillado sanitario es del 14% y solamente el 4% de las aguas residuales son tratadas (Informe ERSSAN 2019). Pero las cifras reales podrían ser incluso más bajas, dado el crecimiento natural de la población y la falta de inversiones importantes y exitosas para aumentar la cobertura en los últimos 10 años (Plan Nacional de Desarrollo, 2017). En particular, en el 2017 se identificaban solo 46 sistemas de alcantarillado sanitario en todo el país. Esta cantidad es significativamente pequeña, considerando que la cantidad total de sistemas de agua por red es de más de 4.400. La mayor cobertura de alcantarillado se encuentra precisamente en Asunción y Central con el 21% y existen departamentos, como Boquerón, Alto Paraguay o Caazapá, donde la cobertura con alcantarillado es nula.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

El antecedente sobre la normativa referente al recurso hídrico es la Ley 1.561, del año 2000, que crea la Secretaría del Ambiente y el Consejo Nacional del Ambiente del Paraguay. Esta ley fue reglamentada por el Decreto 10.549 del mismo año y define las funciones y atribuciones de la Secretaría de Medio Ambiente (SEAM), que se constituye en el órgano del gobierno responsable de la Política Ambiental del Paraguay, creándose en su interior la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.

El Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) es la autoridad de aplicación de la Ley N° 3.239/2007; “De los Recursos Hídricos del Paraguay”, con la función de regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen,

¹¹¹ INE Paraguay – Estimación 2020. <https://www.ine.gov.py/default.php?publicacion=2>

¹¹² Aquastat. Ficha Colombia, revisión 2015. <https://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/PRY>

cualquiera sea su ubicación, estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay.

Esta Ley cuenta con disposiciones modernas, como la definición de la cuenca como la unidad básica de gestión y planificación; los recursos hídricos entendidos como bien finito y vulnerable; el uso y aprovechamiento del agua regulado por el Estado paraguayo; la importancia de contar con un inventario nacional de aprovechamiento para realizar el Balance Hídrico y definir las zonas de disponibilidad o de restricción de agua, así como la prelación en el uso del agua (prioridad para consumo humano), reconociendo el acceso al agua como un derecho humano, específicamente en el inciso b del art. 3 (y se garantiza en el inciso b del art. 4 de la misma Ley).

Además, tiene la función de la formulación de políticas, la coordinación, la supervisión y la ejecución de las acciones ambientales, los planes, programas y proyectos enmarcados en el Plan Nacional de Desarrollo 2030, referentes a la preservación, conservación, recomposición y manejo de los recursos naturales, previendo la necesidad de contar con un Plan Nacional de Recursos Hídricos.

En sus disposiciones, el uso de los recursos hídricos se otorga mediante un permiso (pequeños usos o de uso transitorio) o una concesión. No obstante, no están sujetos a permisos, concesiones ni impuestos aquellos usos de aguas superficiales o subterráneos destinados a fines domésticos y de producción familiar básica que sean utilizados de manera directa por el usuario y sin intermediación de ningún tipo. Para el otorgamiento de una concesión, se señala (art. 46 inciso d) que se abonará un canon a ser establecido sobre la base de la naturaleza de la inversión, el impacto sobre el recurso hídrico utilizado y la utilidad social del emprendimiento. Finalmente, la Ley establece de manera provisoria que, en tanto se defina el marco institucional a cargo de aplicar la Ley, la SEAM será quien se encargue de la misma.

A pesar de la promulgación de la Ley en el año 2007, hasta la fecha no se cuenta con el Reglamento General de la misma.

La Ley N° 1.614/00 (Ley General del marco regulatorio y tarifario del servicio público de provisión de agua potable y alcantarillado sanitario), y Decreto Reglamentario 18.880/02, establecen la regulación de los servicios de provisión de Agua Potable y alcantarillado sanitario en el Paraguay. Sus Reglamentos disponen los estándares de calidad para el agua potable y para la descarga de aguas residuales en colectores de la red de alcantarillado y en cursos de aguas superficiales. Asimismo, establece los procedimientos para la obtención del permiso o concesión del servicio de provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, salvo en el caso de prestación directa por el Titular del servicio. Todas las concesiones y permisos serán otorgados mediante contratos y deberán ajustarse a una zona determinada por el Titular, como la zona de prestación.

La Ley 5.428 (2015) de efluentes cloacales tiene por objeto regular el tratamiento, depuración, vertido, control y fiscalización de los efluentes cloacales antes de la descarga final a los cuerpos receptores, con la finalidad de proteger la salud pública y el medio ambiente a través de la gestión ambiental sustentable y la inversión de infraestructuras públicas y privadas para el tratamiento de los efluentes cloacales.

Marco institucional

El Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) o Secretaría del Ambiente (SEAM), diseña, establece, supervisa, fiscaliza y evalúa la Política Ambiental Nacional y, a través de la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH), debe formular políticas de gestión racional y sostenible de los recursos hídricos y sus cuencas

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) es la cartera de Estado que tiene a su cargo la rectoría de diversos sectores, entre ellos, los servicios de agua potable y saneamiento. Dentro de su estructura cuenta con la Dirección de Agua Potable y Saneamiento (DAPSAN) dependiente del gabinete del Ministro a cargo del planeamiento estratégico, las metas de expansión y mejoras de la calidad de los servicios, de acuerdo al Plan de Desarrollo del Servicio realizado por el referido Ministerio.

La DAPSAN ha creado el Comité de Coordinación Interinstitucional, según normativa 874/2013, para coordinar las acciones en materia de agua. Participan en este Comité la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP), la Dirección General de Empresas Públicas del Ministerio de Hacienda, el Sistema Nacional de Inversión Pública, la Coordinación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento de la empresa Itaipú, entre otros.

A la fecha cuenta con una propuesta para la creación de una Secretaría del Agua, que sería de naturaleza autárquica, o bien un Viceministerio dependiente del MOPC.

El Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN) se crea en el año 2000 y regula los derechos y obligaciones de los usuarios y prestadores del servicio, como son las Juntas de Saneamiento, la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), Aguaterías y Comisiones Vecinales. La entidad cuenta con un Comité de Administración, compuesto por 5 miembros, todos ellos designados por el Poder Ejecutivo y bajo acuerdo previo con la Cámara de Senadores.

La Ley 1.614 establece que el ERSSAN puede sancionar e inclusive está facultado para intervenir en cualquier jurisdicción al prestador del servicio, cuando se den causas de extrema gravedad y urgencia que pongan en peligro la salud de la población, o la continuidad del servicio. La intervención cautelar podrá comprender todos los bienes y actividades del prestador, o podrá limitarse a un sector de sus actividades o a un establecimiento en particular, en lo que fuera estrictamente necesario.

El Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA) se crea en el año 1972, dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. En el marco de la Ley 369 de 1972, SENASA tenía el mandato de atender zonas rurales y urbanas no superiores a 4.000 habitantes (art. 32). Se crearon Juntas de Saneamiento en poblaciones mayores a dicho límite, y en forma paralela surgieron los Operadores privados informales, conocidos como "Aguateros". En 1996 se modificaron sus funciones y atribuciones (Ley 908), siendo las más importantes las siguientes:

- Obtener la participación de las comunidades para el cumplimiento de sus fines y particularmente para la financiación, construcción y administración de las obras de saneamiento;
- Administrar los fondos previstos en el Presupuesto General de la Nación para la institución y los provenientes de los servicios en operación y de los préstamos y donacio-

nes que obtenga o reciba;

- Fijar normas técnicas de carácter nacional en las materias de su competencia;
- Promover y crear Juntas de Saneamiento en las zonas rurales y localidades urbanas, conforme a ley;
- Acordar los convenios necesarios con las Juntas de Saneamiento, con las municipalidades y con otros organismos nacionales para el cumplimiento de sus fines;
- Proyectar contratos o convenios de préstamos o de asistencia técnica sobre saneamiento ambiental a suscribirse dentro del país o fuera de él;
- Establecer los costos que correspondan a los beneficiarios o usuarios por la construcción o expansión de los servicios de agua potable y de otras obras de saneamiento, de común acuerdo con la respectiva Junta;
- Establecer con las Juntas de Saneamiento las cuotas de amortizaciones con cargo a los usuarios, por la construcción, operación y conservación de los servicios de agua potable y de otras obras de saneamiento y, así mismo, las tarifas por derechos de conexión y uso de los servicios relacionados;
- Reglamentar su organización interna y normar su funcionamiento;
- Reglamentar las disposiciones sobre conexión, consumos mínimos y uso de los distintos servicios;
- Aprovechar y controlar según el caso, las aguas subterráneas y de superficie.

SENASA fungía también como regulador de las Juntas, lo cual se modifica en la Ley 1.614 (art. 100) con la creación del ente regulador ERSSAN, pero además eleva el número de habitantes factibles de ser asistidos por SENASA (art. 101) a 10.000 habitantes. Con base en lo anterior, a finales del 2017 SENASA tenía registradas más de 1.800 Juntas de Agua, varias de ellas con más de 2.500 conexiones de agua.

Adicionalmente, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) es una dependencia del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS) que ejerce la vigilancia sanitaria de la calidad del agua para consumo humano en todo el país, mediante su laboratorio de agua. Mientras que el Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN) apoya al desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado a través del desarrollo de normas técnicas, procedimientos de calidad e instructivos de trabajos para los distintos componentes de los sistemas mencionados, estableciendo parámetros mínimos de calidad.

La Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP) es la proveedora de servicios de agua potable y saneamiento para poblaciones mayores a 10.000 habitantes en todo el país.

Por su parte, el sistema de participación comunitaria en las Juntas de Saneamiento funciona en forma similar a las cooperativas de otros países, ya que cuentan con personería jurídica otorgada por el Poder Ejecutivo, amparadas en la Ley 369 (de 1972) y reglamentadas por el Decreto 8.910. Son entidades sin fines de lucro y se establece en sus estatutos que las eventuales ganancias generadas en la gestión se reinvertirán en el me-

Se les denomina Aguateros a los pequeños operadores privados que iniciaron a principios de la década de 1980, es decir, siete años después de la creación de SENASA

joramiento de la propia Junta¹¹³. Básicamente consiste en una organización constituida a instancias de SENASA –que funge como promotor y fiscalizador en la conformación de Juntas- que define, en Asamblea General de Usuarios, la creación de una Junta de Saneamiento.

Se les denomina Aguateros a los pequeños operadores privados que iniciaron a principios de la década de 1980, es decir, siete años después de la creación de SENASA. Empezaron como empresas familiares. Los diseños y construcciones emprendidas por los Aguateros consisten en sistemas sencillos de suministro de agua, siendo típico un sistema de pozo, aducción y red abierta de distribución; sus redes no son profundas y de diámetro reducido comparado con las normas convencionales, con redes de 1” e inclusive de ¾”, que podrían semejar un sistema de “*agua potable condominial*”. Varias compañías de Aguateros existen de forma unipersonal, y las más grandes como sociedad limitada o sociedad anónima.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

Los instrumentos normativos vigentes en Paraguay son:

- Ley N° 1.614/00 – Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, cuya autoridad competente es el ERSSAN.
- Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Concesionarios) – Anexo II.
- Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Permisionarios) – Anexo X.
- Resolución 222/02 por la cual se establece el Padrón de Calidad de las Aguas en el territorio nacional, cuya autoridad competente es el MADES/ SEAM.

Salvo en el caso de prestación directa por el titular del servicio, los prestadores actuarán siempre bajo alguno de los siguientes títulos jurídicos:

- a) Concesión de servicio público; cuyas reglas y disposiciones se recogen en los Art. 26 y 27 de la Ley 1.614/00.
- b) Permiso; cuyas reglas y disposiciones se recogen en el Art. 28 de la Ley 1.614/00.

Según la Ley N° 3.239/2007; “De los Recursos Hídricos del Paraguay”, se expone:

Art. 13. Todo habitante de la República del Paraguay es sujeto de derecho de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos con diversos fines, en armonía con las normas, prioridades y limitaciones establecidas en la presente Ley, con excepción a lo establecido en la Ley N° 1.614/00 “GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO PUBLICO DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY”.

Art. 32. El uso de los recursos hídricos o sus cauces sólo podrá otorgarse mediante

¹¹³ Modelo de Estatutos para Juntas de Saneamiento, SENASA, 2003.

un permiso o una concesión. El permiso y la concesión serán los únicos títulos idóneos para el uso de los recursos hídricos regulados por esta Ley, así como sus cauces. Por lo tanto, queda prohibida la utilización de los cauces hídricos y/o el vertido a estos sin contar con permiso o concesión.

La utilización de los recursos hídricos para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario se regirá por las normas de la Ley N° 1.614/00 “GENERAL DEL MARCO REGULATORIO Y TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY”.

Por lo tanto, la normativa que debería regir es la estipulada en la Ley N° 1.614/00. Sin embargo, en el Art. 27 se expone lo siguiente:

Art. 27. Corresponderá a la Secretaría del Ambiente (SEAM) en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social la determinación de los niveles de calidad que deberán tener las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas, según las distintas clasificaciones que al efecto realice.

También corresponderá a la Secretaría del Ambiente (SEAM) en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social la determinación de los niveles de calidad, a los que deberán ajustarse los vertidos que se realicen desde fuentes móviles o fijas a cuerpos receptores de agua. Para ello, se tendrá en cuenta los niveles de calidad que deberán tener las aguas, la capacidad de dilución de las aguas, la sustentabilidad de la biodiversidad y los potenciales usos que se pueda hacer de estos cuerpos receptores de agua.

De esta forma, se establece como autoridad competente a la SEAM y el instrumento normativo correspondiente será la Resolución N° 222/02.

Ambas normas rigen para aquellos organismos que se encuentren dentro de la responsabilidad del ERSSAN, y se sobreentiende que, para aquellos que no se encuentran dentro de los concesionarios o permisionarios, como puedan ser industrias que no viertan a alcantarillado sanitario, deberán cumplir la Resolución N° 222/02. Esto último se contempla en la Resolución 770/14, que establece las normas y procedimientos para los sistemas de gestión y tratamiento de efluentes líquidos industriales, de cumplimiento obligatorio para los complejos industriales, en la cual se estipula la Resolución N° 222/02 como aquella que establece los parámetros de calidad.

Cabe destacar que Paraguay ha adoptado un enfoque combinado entre el control de los valores máximos de descargas en efluente, tal y como se ha expuesto anteriormente, y los valores máximos para la clasificación de los cuerpos de agua en función de sus usos. Esta clasificación se establece en la Resolución N° 222/02. Mediante Resolución N° 255/06, se declara Clase 2 a todas las aguas superficiales de Paraguay, a excepción de las nacientes, surgentes o manantiales de los cursos de aguas que no presentan grave deterioro en el ecosistema.

Dada la vigencia de ambas normas, se exponen a continuación los parámetros de control básicos y sus LMP exigidos por ambos instrumentos normativos:

Tabla 73. Parámetros básicos de control y LMP regulados en la Ley N° 1.614/00 y la Resolución N° 222/02 (Paraguay)

PARÁMETROS		LEY N° 1.614/00				RESOLUCIÓN N° 222/02
		Concesionarios Anexo II		Permisarios Anexo X		Condiciones de los efluentes de cualquier fuente poluidora
		Descargas a Cuerpo Receptor		Descargas a Cuerpo Receptor		
		Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario	
pH		5 - 9	5 - 9	5 - 9	5 - 9	5 - 9
Grasas y Aceites	(mg/l)	50	50	50	50	20 (a) 50 (b)
Sólidos sedimentables	(ml/l)	0,5	1	0,5	1	1
Sólidos en suspensión	(mg/l)	100	80	100	80	
Materias flotantes						Ausencia
Temperatura	°C	40	40	40	40	40
DBO5	(mg/l)	120	50	120	50	50
DQO	(mg/l)	310	150	310	150	150
Nitrógeno total	(mg/l)					40
Fósforo total	(mg/l)					4
Coliformes fecales	UFC/100 ml	4000	4000	4000	4000	4000
Cianuro	(mg/l)	0,2	0,2	0,2	0,2	
Hidrocarburos	(mg/l)	50	50	50	50	

(A) Aceites minerales. (A) Aceites vegetales y grasas animales.

Adicionalmente, la Resolución N° 222/02 establece que, demostrando por estudio de autodepuración realizado por la entidad responsable del efluente, la SEAM podrá autorizar el vertido por encima de los límites establecidos, dependiendo del tipo de tratamiento y las condiciones adecuadas para la operación.

En el caso de la Ley N° 1.614/00, para ambos reglamentos, establece que, para el caso de los coliformes fecales, si el cuerpo receptor se utiliza para propósitos recreativos con contacto físico con el agua, las Autoridades Regulatorias podrán exigir que la descarga

sea desinfectada. La desinfección no deberá causar que se infrinjan otros límites aplicables. Este parámetro será controlado en descargas próximas a zonas de balnearios. El valor indicado constituye el valor máximo admisible a una distancia de 500 m de una Playa o Área destinada a Deportes Náuticos.

Para el caso de las sustancias fenólicas, será tomado en cuenta para los vertidos en un radio menor de 5 km de una toma de agua para bebida.

En lo referente a los metales pesados, se observa que los LMP establecidos son los mismos para ambos instrumentos, sin embargo, el Padrón de Calidad de Agua establece parámetros adicionales, tal y como se expone a continuación:

Tabla 74. Parámetros de control para metales pesados y LMP regulados en la Ley N°1.614/00 y la Resolución N° 222/02 (Paraguay)

PARÁMETROS	LEY N° 1.614/00				RESOLUCIÓN N° 222/02
	Concesionarios Anexo II		Permisarios Anexo X		Condiciones de los efluentes de cualquier fuente poluidora
	Descargas a Cuerpo Receptor		Descargas a Cuerpo Receptor		
	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario	
Arsénico	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Bario					5
Boro					5
Cadmio	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Plomo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cobre	1	1	1	1	1
Cromo hexavalente	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cromo trivalente					2
Estaño					4
Hierro soluble	5	5	5	5	15
Manganeso soluble	1	1	1	1	1
Mercurio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Níquel	2	2	2	2	2
Plata					0,1
Selenio					0,05
Zinc	5	5	5	5	5

En el Padrón de Calidad de las Aguas, se regulan otros parámetros, como el índice de fenoles o compuestos xenobióticos, con los límites establecidos internacionalmente.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente en Paraguay es la Ley N° 1.614/00 – Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, cuya autoridad competente es el ERSSAN.

- Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Concesionarios) – Anexo II.
- Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio (Permisionarios) – Anexo X.

Ambos reglamentos presentan los mismos parámetros y LMP, por lo que se presentarán sin distinguirse. El control de estos estará a cargo del concesionario o permisionario, según aplique.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan.

Tabla 75. Parámetros de control regulados en la Ley N° 1.614/00 y sus respectivos reglamentos (Panamá)

PARÁMETRO	PANAMÁ
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (10 min)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+

PARÁMETRO	PANAMÁ
Cr T	
Cr ⁶	+
Comp. Fenólicos	+
SO ₄ ⁻²	
DQO	+

Se presenta a continuación la descripción de los parámetros más comunes:

- Temperatura, no se podrá exceder una temperatura de 40°C.
- pH, establece un rango de 5 a 9.
- Contaminación orgánica, establece como parámetros de control tanto la DBO₅ como la DQO, con un LMP de 250 mg/l y 600 mg/l respectivamente.
- Sólidos: Paraguay regula tanto sólidos sedimentables como sólidos en suspensión, con un LMP de 1 ml/l y 500 mg/l, respectivamente.
- Los aceites y grasas son regulados mediante el método de determinación de sustancias solubles en éter etílico, con un LMP de 100 mg/l, en el promedio regional.
- Los cianuros presentan un valor máximo de 0,2 mg/l situándose en el promedio regional.
- El LMP para el arsénico tiene un valor de 0,5 mg/l.

Adicionalmente, se estipula que los camiones atmosféricos deberán ajustarse a estos límites. En lo que se refiere al manejo de los residuos líquidos por camiones atmosféricos, la SEAM expidió la Resolución N° 1.332/05, en función de los vertidos clandestinos y la baja cobertura de alcantarillado, con el objeto de evitar la contaminación hídrica que se produce por esto, la Resolución establece que deben cumplir lo siguiente, entre otros requisitos:

- Condiciones Generales, las empresas estarán registradas y habilitadas por la SEAM, con el listado de usuarios y abonar un canon único.
- Condiciones Específicas de los Usuarios:
 - Deberán contar con cámaras sépticas y pozos ciegos acorde a las especificaciones técnicas determinadas por la ESSAP.
 - Los usuarios, principalmente los dedicados a la industria y al comercio, cuyos efluentes líquidos difieran de las características de las aguas residuales domésticas, deberán contar con Plantas de Tratamiento de Efluentes Industriales, estando prohibido la descarga de los efluentes industriales líquidos por camiones cisterna y/o su mezcla con efluentes domésticos comunes, sin tratamiento previo adecuado.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Paraguay no cuenta con instrumentos normativos específicos para la reutilización del agua tratada, sin embargo, la Ley 5.428 (2015), en su Art. 8, establece que es competencia de la SEAM, en virtud de la Ley N° 294/93 “Evaluación de Impacto Ambiental” y la Ley N° 3.239/07 “De los Recursos Hídricos del Paraguay”, establecer por resolución fundada regulaciones o normas específicas para el reciclado del efluente cloacal y el uso para generación de energía no convencional. Al momento no se ha definido esta regulación o sus normas específicas.

No se ha reportado el uso directo de aguas residuales tratadas o sin tratar para riego (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- PNUD, 2006). La única experiencia documentada de reutilización de agua es en la limpieza de calles: una planta láctea ubicada en la región occidental (Chaco paraguayo) trata sus aguas residuales y, al no disponer de cauces naturales de agua donde descargarlas, las utiliza para regar las calles de la ciudad de Loma Plata (FAO, 2017).

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

Paraguay no cuenta con instrumento normativo específico para el manejo y disposición de lodos y biosólidos procedentes del tratamiento de las aguas residuales

Paraguay no cuenta con instrumento normativo específico para el manejo y disposición de lodos y biosólidos procedentes del tratamiento de las aguas residuales. Estos están normados bajo el Artículo 8° (Capítulo V- De la Clasificación de los Residuos Sólidos) del Decreto N° 7.391, por el cual se reglamenta la Ley N° 3.956/2009, “Gestión Integral de los residuos sólidos en la república del Paraguay” (del 28 junio de 2017), que clasifica a los lodos deshidratados o aquellos lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales como residuos de manejo especial, considerados como no peligrosos.

Adicionalmente, en la Ley N° 1.614 General del marco regulatorio y tarifario del servicio público de provisión de agua potable y alcantarillado sanitario, en su Capítulo II - Calidad del servicio; Artículo 46.- Niveles de servicio apropiados, se estipula que los niveles de servicio apropiados en toda el área servida de provisión de agua potable y alcantarillado sanitario serán los que se establecen a continuación, sin perjuicio de otras condiciones que determine el ERSSAN para cada caso en particular, y las previsiones que pudieran contener los respectivos contratos de concesión o de los permisos:

1. Alcantarillado Sanitario.
2. Disposición final de lodos y residuos de tratamiento. La disposición final de lodos y residuos de tratamiento deberá realizarse según las reglamentaciones vigentes, en relación a los volúmenes, características físico-químicas, cuerpos receptores y formas de disposición.

En sus reglamentos para Concesionarios y Permisionarios, en lo referente al Tratamiento y Disposición de los Efluentes, indica:

“El Prestador debe desarrollar un programa de tratamiento de efluentes que satisfaga los requerimientos de los límites de descarga a cuerpo receptor que se incluyen en el Anexo II o X (en función de cada Reglamento), en función del nivel de avance que se establezca en el Acto de permiso. El ERSSAN, a petición del Prestador, por razones fundadas en

circunstancias de hecho relevantes, en la preservación del sistema de alcantarillado sanitario y el adecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento, podrá establecer condiciones diferentes que las contenidas en las disposiciones del referido Anexo. En todos los casos, los costos emergentes de la disposición de los lodos y residuos provenientes del proceso de tratamiento estarán a cargo del Prestador, incluyendo la provisión de los terrenos a tal objeto”.

En cuanto a los métodos de disposición de lodos, el Prestador deberá ajustarse a la legislación vigente en la materia, y a las disposiciones establecidas en el Acto de permiso.

Anexos

Ficha Perú

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

Perú cuenta con 31,24 millones de habitantes¹¹⁴ y se extiende en una superficie de 1.285 miles de km².

Posee 1.880 km³/año de recursos hídricos renovables y 61.884 m³/año per cápita. Perú es uno de los países con mayor variabilidad y discontinuidad del recurso, tanto a nivel temporal, ya que existe un período corto de abundancia o avenida máxima de 3 a 5 meses (diciembre a mayo) y un período prolongado de estiaje de 7 a 9 meses (mayo a diciembre), situación no favorable para las necesidades hídricas del país para diferentes fines¹¹⁵; como a nivel geográfico, donde existen 3 vertientes, las cuales presentan las siguientes características¹¹⁶:

- **Vertiente del Pacífico:** disponibilidad del recurso hídrico de 2,2% del total, donde reside el 66% de la población y se genera el 80,4% de producción del PIB.
- **Vertiente del Amazonas o del Atlántico:** disponibilidad del recurso hídrico de 97,3% del total, donde reside el 31% de la población y se genera el 17,6% de producción del PIB.
- **Vertiente del Títica:** disponibilidad del recurso hídrico de 0,5% del total, donde reside apenas el 3% de la población y se genera el 2% de producción del PIB.

Según datos del JMP (2020) presenta una cobertura de acceso a alcantarillado que asciende a 73,6% y de tratamiento de aguas residuales de 49,8%.

Según el Informe Anual Estadístico de “Evaluación de los monitoreos de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, presentados por los prestadores de los servicios de saneamiento para el periodo 2020¹¹⁷”, publicado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), actualmente la provisión de los servicios de saneamiento se efectúa a través de 52 empresas prestadoras de saneamiento (EPS), 422 municipalidades y más de 5.000 organizaciones comunales. Sólo en 50 EPS se tienen registradas 204 plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional.

Hasta el año 2020, 168 PTAR a nivel nacional han cumplido con informar (parcial o totalmente) aspectos relacionados al monitoreo de los efluentes, y de los 170 Reportes de resultados del monitoreo de efluentes de las PTAR, el 37% cumple con los LMP y el 63% los supera en algún parámetro. Los parámetros que con mayor frecuencia las PTAR incumplen los LMP son: Coliformes Termotolerantes, DBO y DQO.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

El 22 de junio de 2017, a través de la reforma 30.588, se modificó el artículo 7 de la Constitución de Perú para establecer que el Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. Asimismo, garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos y promueve el manejo sostenible del agua, reconocido como un recurso natural esencial y, como tal, constituye un bien

¹¹⁴ INEI Perú – Estimación 2017. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

¹¹⁵ Aquastat. Ficha Perú, revisión 2015. <https://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/PER>

¹¹⁶ <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

¹¹⁷ <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1913689/Informe%20Estad%20C3%ADstico%20Anual.pdf>

público y patrimonio de la Nación. Su dominio es inalienable e imprescriptible.

En 2009 se expide la Ley 29.338 sobre Recursos Hídricos y se crea el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Esta entidad tiene una función sancionada, de fiscalización y coactiva. Dicha Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos y comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Además, presenta el reglamento de la mencionada ley.

En cuanto a la prelación de usos, llama la atención que, de acuerdo al artículo 36 de la Ley 29.338, se establece el uso primario, que “consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales”.

El Programa rector en materia hídrica es el Plan Nacional de Recursos Hídricos. De acuerdo con la Ley 29.338, se estipula que la política hídrica se basa en 11 principios, entre los que destacan: la valoración y gestión integrada del agua, prioridad en el acceso, participación de la población y cultura de agua, seguridad jurídica, sostenibilidad, descentralización de la gestión, entre otros. Asimismo, cuenta con un Plan Estratégico Institucional 2019-2024, mediante el cual se busca promover la gestión integrada de los recursos hídricos y de sus bienes asociados, articulando el accionar de las entidades del sector público y privado que intervienen en dicha gestión.

En 2012, el Acuerdo Nacional¹¹⁸ aprobó la Política de Estado N° 33 sobre Recursos Hídricos, que reconoce al agua como Patrimonio de la Nación, imprescindible para la vida y el desarrollo humano de las actuales y futuras generaciones. Reconoce el derecho fundamental de la persona humana al acceso al agua potable, y destaca la importancia de implementar la gestión integrada de los recursos hídricos para lograr su uso racional, equitativo y sostenible. A partir de esta política, se desarrollan todos los demás instrumentos de gestión de recursos hídricos previstos.

Asimismo, los lineamientos de la política hídrica se expresan en términos normativos en la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, aprobada por Decreto Supremo 06-2015-MINAGRI.

En 2017 se aprobó el Decreto Legislativo N° 1.285, que modifica el artículo 79 de la Ley N° 29.338, Ley de Recursos de Hídricos, y establece disposiciones para la adecuación progresiva a la autorización de vertimientos y a los instrumentos de gestión ambiental, estableciendo un plazo no mayor a 9 años para la adecuación progresiva de los prestadores de servicios de saneamiento a lo establecido en los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley N° 29.338, Ley de Recursos Hídricos.

¹¹⁸ El Acuerdo Nacional es un espacio de diálogo y consenso en el que participan importantes actores organizados de nuestro país, en partidos políticos, organizaciones de la sociedad civil y representantes de los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local) para debatir y aprobar Políticas de Estado sobre temas de interés nacional para el diseño de una visión compartida del país a futuro (Autoridad Nacional del Agua de Perú, 2016).

Marco institucional

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el órgano rector técnico y normativo para la gestión del recurso hídrico. Fue creada el 13 de marzo del 2008 por el Decreto Legislativo N° 997, con el fin de administrar conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible. Está organizada de manera desconcentrada, a través de las 14 Autoridades Administrativas de Agua (AAA), 71 Administraciones Locales de Agua (ALA) y 12 Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) y es una entidad adscrita al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

Por su parte, el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH) es una plataforma conformada por todas las instituciones del sector público y usuarios que tienen competencias y funciones relacionadas a la gestión del agua¹¹⁹. Articula las acciones de todos sus integrantes para implementar, supervisar y evaluar, a través de la ANA, el cumplimiento de la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y del Plan Nacional de Recursos Hídricos, en los distintos niveles de gobierno, con la participación de los usuarios de agua organizados, comunidades campesinas, comunidades nativas y entidades operadoras de infraestructura hidráulica, tomando como unidades de gestión las cuencas hidrográficas del país.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) también tiene responsabilidades sobre la gestión del recurso hídrico, como organismo responsable del uso sostenible, la conservación de los recursos naturales y la calidad ambiental

El Ministerio del Ambiente (MINAM) también tiene responsabilidades sobre la gestión del recurso hídrico, como organismo responsable del uso sostenible, la conservación de los recursos naturales y la calidad ambiental, así como la implementación de la política ambiental. En el ámbito de sus competencias se encuentran, por ejemplo:

- Elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), en el ámbito de sus competencias, de acuerdo con los planes respectivos, que deben contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo, refrendado por los sectores vinculados.
- Aprobar los lineamientos, las metodologías, los procesos y los planes para la aplicación de los ECA y LMP en los diversos niveles de gobierno, de acuerdo a la normatividad vigente y en coordinación con los sectores correspondientes.
- Coordinar y hacer seguimiento, en su rol de ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, del adecuado ejercicio de las competencias ambientales en los diversos niveles de gobierno.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno y adscrito al MINAM. Se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

El órgano rector para el sector de agua potable y saneamiento es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través del Viceministerio de Construcción y Saneamiento.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), actúa como regulador descentralizado, y se encuentra adscrita al Ministerio de la Presidencia. Tiene

¹¹⁹ El Ministerio del Ambiente, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Salud, el Ministerio de la Producción y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, así como con los gobiernos regionales y gobiernos locales, dentro del marco de la política y estrategia nacional de recursos hídricos.

como responsabilidad normar y regular el funcionamiento de las empresas de agua o las Empresas Prestadoras de Saneamiento (EPS), tanto a nivel urbano como rural.

El Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) es el responsable de ejecutar la política del Ente rector en materia de gestión y administración de la prestación de los servicios de saneamiento. Brinda asistencia técnica a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento y demás prestadores del ámbito urbano, con el fin de contribuir a la mejora de la gestión y la administración de estos servicios.

En Perú hay 24 regiones y, en cada una de ellas, hay una, dos o tres EPS grandes que atienden al sector urbano, incluida la zona periurbana. En las 24 regiones, hay 50 EPS. Hay arreglos entre EPS, el órgano rector y los municipios; entre las EPS y los usuarios; entre EPS, el regulador y los usuarios; entre los funcionarios de las EPS y el órgano rector; y entre los funcionarios de la EPS.

Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) son organizaciones elegidas voluntariamente por las comunidades y se constituyen con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento de uno o más centros poblados del ámbito rural.

Adicionalmente, el Ministerio de Salud (MINSA), a través de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), tiene la función de establecer las normas técnicas sanitarias para el abastecimiento de agua para consumo humano; y el manejo, reúso y vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición de excretas. Asimismo, vigila la calidad sanitaria de los sistemas de agua y saneamiento para la protección de la salud de la población. También, diseña e implementa el sistema de registro y control de vertimientos con relación a su impacto en el cuerpo receptor.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo vigente en Perú es el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM - Límites Máximos Permisibles (LMP), para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.

Perú establece los parámetros y LMP sin diferenciar el tipo de cuerpos receptores, ni usos a los que se destina el mismo. Sin embargo, el Decreto Supremo 004-2017-MINAM aprueba los Estándares Nacionales de Calidad para Agua (ECA), que reglamentan los parámetros y estándares de calidad de los cuerpos de agua superficiales en función de sus diferentes usos y tipo de contacto, estableciendo así sus objetivos de calidad en función de 4 categorías (poblacional y uso recreativo, actividades marino costeras, riego de vegetales y bebidas de animales, y conservación del ambiente acuático) y sus respectivas clasificaciones.

Perú plantea un enfoque combinado, en el que se han de cumplir tanto los ECA-Agua, después de la zona de mezcla, como los LMP del efluente previo a la zona de mezcla.

Adicionalmente, la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA reglamenta el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR.

Perú tan sólo establece 7 parámetros de control, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 76. Parámetros de control y LMP regulados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (Perú)

PARÁMETRO		LMP
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10.000
DBO5	mg/l	100
DQO	mg/l	200
pH	mg/l	6,5 – 8,5
Sólidos totales en suspensión	ml/l	150
Temperatura	°C	<35

No se regulan metales pesados, nutrientes, cianuros, etcétera. Sin embargo, estos sí son controlados a través de los ECA-Agua.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

Los instrumentos normativos vigentes en Perú respecto a las descargas a alcantarillado son:

- Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, que deroga el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, y enmendado por Decreto Supremo N° 014-2019-VIVIENDA.

Perú también cuenta con una normativa específica para la descarga a redes de alcantarillado de 4 industrias: cerveza, papel, cemento y curtiembre, así como un protocolo especial para el monitoreo de efluentes provenientes de establecimientos industriales pesqueros. Además, establece que los Usuarios No Domésticos, cuyas actividades estén clasificadas según la CIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el referido Reglamento, en función de los parámetros complementarios que para dichas actividades establezca el Ente Rector. Para ello consideran 46 clases de actividades.

- Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE - Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para alcantarillado de las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

Perú también cuenta con una normativa específica para la descarga a redes de alcantarillado de 4 industrias: cerveza, papel, cemento y curtiembre

- Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE Límites Máximos Permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado, implementado a través de la Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE Protocolo para el monitoreo de efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 77. Parámetros de control regulados en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (Perú)

PARÁMETRO	PERÚ
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	+
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	+
Comp. Fenólicos	
SO ₄ ⁻²	+
DQO	+

La normativa regula los parámetros y establece una diferencia entre aquellos contenidos en el Anexo N°1 y Anexo N°2. En el caso de sobrepasar los LMP de los parámetros del Anexo N°1, se establece un pago adicional por exceso de concentración en función de la metodología elaborada y aprobada por la SUNASS, lo que implica una importancia mayor sobre los parámetros establecidos en el Anexo N°1. A continuación, se muestran los mismos:

Tabla 78. Parámetros de control y LMP establecidos en el Anexo N°1 del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (Perú)

ANEXO N°1	
Parámetro	LMP
DBO ₅ (mg/l)	500
DQO (mg/l)	1.000
Sólidos suspendidos (mg/l)	500
Aceites y grasas (mg/l)	100

En lo referente a los parámetros del Anexo N°2, se expone un resumen:

- Temperatura, que define el valor máximo de descarga en 35°C.
- pH, se establece un rango de 6 a 9.
- Sólidos: Perú adicionalmente regula los sólidos sedimentables, estableciendo un valor máximo en la descarga de 8,5 ml/l/h.
- Los cianuros presentan un valor máximo de 1 mg/l, situándose en el promedio regional.
- Se regulan los sulfatos y sulfuros con LMP de 1.000 mg/l y 5 mg/l, respectivamente.
- También se establece como parámetro de control el nitrógeno amoniacal, con un valor máximo de 80 mg/l.

La aplicación de los parámetros del Anexo N°2 a cada actividad económica por procesos productivos, es la precisada en el Reglamento, tomando como referencia la CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deben cumplir con los parámetros indicados en el Anexo N°2.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

No se cuenta con normas nacionales específicas que establezcan la calidad del agua recuperada. Sin embargo, el artículo 82 de la Ley N° 29.338 indica que la ANA, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el uso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la AAA. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere, siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca. Las autorizaciones para reutilización de agua recuperada se dan únicamente cuando cumplen con todas las siguientes condiciones:

- 1) que sean sometidas a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda;
- 2) que cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas; y
- 3) en ningún caso se autorizan cuando ponen en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna, o afecte a otros usos (Capítulo VII, Reúso de las aguas residuales tratadas. Artículo 148 del D.S N° 001-2010-AG¹²⁰).

Las solicitudes de autorización de aprovechamiento del agua recuperada serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso o, en su defecto, las guías correspondientes (OMS, 2006) de la Organización Mundial de la Salud (Artículo 150).

Por su parte, la Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA¹²¹ tiene como finalidad la adecuación a las disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos de los vertidos y reúsos de aguas residuales en curso que, a la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la citada ley, no cuenten con las autorizaciones correspondientes. El proceso de adecuación concluye con el otorgamiento de la autorización a los vertidos o reúsos de aguas residuales tratadas que cumplan con las disposiciones del Título V de la Ley de Recursos Hídricos. La Resolución, en su artículo 3.2, señala que el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental o instrumento de gestión ambiental debe contener los plazos de remediación, mitigación y control ambiental, así como la implementación de los correspondientes sistemas de tratamiento para el cumplimiento de los ECA-Agua y los límites máximos permisibles de efluentes líquidos según la normatividad vigente.

El Decreto Supremo N° 005-2011-AG¹²², por su parte, regula el reúso de aguas residuales tratadas por persona distinta al titular del sistema de tratamiento, con el fin de proteger y conservar la calidad de las fuentes naturales de agua.

¹²⁰ D.S N° 001-2010-AG: Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Aprueban Reglamento de la Ley N° 29.338, Ley de Recursos Hídricos, 23 marzo, 2010.

¹²¹ R.J. N° 274-2010-ANA. Finalidad del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual -PAVER. 30 abril, 2010.

¹²² D.S. N° 005-2011-AG. 8 junio, 2011.

En la Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA¹²³ se presenta la aprobación del nuevo Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas, que tiene por objeto regular los aspectos y procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones, modificaciones y renovaciones de reúso de aguas residuales tratadas. El Reglamento es de aplicación nacional y obligatorio.

Como resultado de la implementación del proyecto FAO TCP/PER/3501. Componente 1 “Desarrollo de las capacidades institucionales y técnicas de la ANA en el uso seguro y productivo de las aguas residuales en la agricultura (Guías OMS-FAO 2006)”, en 2016 se publicó el “Manual de Buenas Prácticas para el Uso Seguro y Productivo de las Aguas Residuales Domésticas”, enmarcado dentro de los ODS, la Ley N° 29.338. El manual cita las Guías para el Uso Seguro de las Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises (OMS, 2006), que proporcionan un marco general a la gestión de riesgos para la salud asociados al uso de las aguas residuales en la agricultura y señala que actualmente son una referencia para que la ANA evalúe y apruebe las autorizaciones de reúso que se están formalizando en Perú, mientras el Estado establezca los límites de calidad para el uso de las aguas residuales a nivel nacional (ANA, 2016).

Indirectamente, a través del Decreto Supremo 004-2017-MINAM, se aprueban los Estándares Nacionales de Calidad para Agua (ECA), en la categoría 3, y se definen estándares de la calidad para un cuerpo natural de agua superficial que será utilizado para riego.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El instrumento normativo vigente en Perú es Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA, que reglamenta el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, y que tiene por objeto establecer las disposiciones para determinar las características de los lodos; así como la clasificación, los parámetros para la producción y el control de la aplicación de los biosólidos provenientes de la estabilización de lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, y promover el reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR, que luego de ser transformados en biosólidos, pueden ser utilizados en actividades agrícolas, forestales, industria cerámica, entre otras, considerando los potenciales riesgos a la salud y el medioambiente.

Perú clasifica los biosólidos en Clase A y Clase B, en función del grado de estabilización, toxicidad e higienización. De acuerdo a esta clasificación, se habilitan los siguientes usos:

- Biosólidos de Clase A: Son aquellos aplicables al suelo sin restricciones sanitarias.
 1. Producción de almácigo y utilización en viveros.
 2. Acondicionamiento de suelos para agricultura, pastos y forrajes, excepto la aplicación directa a los cultivos de vegetales y frutas rastreras de consumo crudo.
 3. Mejoramiento de suelos y áreas verdes urbanas con acceso restringido a la población, en un periodo no menor a 7 días.
 4. Aplicación en las áreas destinadas para el biosólido de Clase B.

¹²³ R.J. N° 224-2013-ANA. 31 mayo, 2013.

5. Comercialización a empresas productoras de insumos de usos agrícolas, que se encarguen de producir compost, humus u otros productos con fines de acondicionamiento del suelo.
 6. Comercialización a empresas del sector privado que tengan como objeto social la producción, comercialización y/o disposición final de biosólidos.
 7. Comercialización a empresas operadoras de residuos sólidos.
- **Biosólidos de Clase B:** Son aquellos aplicables al suelo con restricciones sanitarias según localización de los suelos y/o tipo de cultivo.
1. Fines agrícolas y/o forestales para plantas de tallo alto y que son procesados para su comercialización (cultivo de café y cultivos para la producción de fibra y madera).
 2. Recuperación de áreas degradadas ubicadas a por lo menos 100 m de distancia de pueblos y viviendas.
 3. Reforestación de suelos con acceso restringido a la población y/o animales por un periodo mínimo de 30 días calendario, a partir de la aplicación del biosólido.
 4. Material de cobertura final para rellenos sanitarios, rellenos de seguridad o canchas de relaves con fines de reforestación o siembra de otros cultivos.
 5. Comercialización a empresas que se encarguen de transformar biosólidos de Clase B en Clase A para su venta, como compost, humus u otros acondicionadores de suelos.
 6. Comercialización a empresas operadoras de residuos sólidos.

La legislación fija la tasa anual de aplicación de elementos inorgánicos en kg/ha año. Los parámetros de control establecidos son:

- **Microbiológicos:** incluye tan sólo coliformes fecales, salmonella y huevos de helmineto.
- **Metales pesados:** en general, comparte con el resto de normas en la región el control de 8 metales que se consideran tóxicos y peligrosos para el ambiente y la salud: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn.
- **Grado de estabilización:** como concentración de materia orgánica, en función del porcentaje de materia seca.

Adicionalmente, establece el control de la concentración de nitrógeno total y otros nutrientes. A los efectos de la comercialización de biosólidos, el productor debe informar, a la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del MVCS, en cada oportunidad que realice dicha actividad, la concentración del parámetro nitrógeno total en los biosólidos. De no cumplirse con ello, el subproducto no puede ser reaprovechado como biosólido de Clase A ni de Clase B. El Ministerio de Agricultura y Riego y/o el usuario final, según corresponda, puede exigir el monitoreo de las concentraciones de otros nutrientes presentes en los biosólidos de Clase A y de Clase B en función del suelo y cultivo sobre el cual sea reaprovechado. Dicho requerimiento se relaciona únicamente con el destino del biosólido y no influye en su clasificación.

Otros aspectos tomados en cuenta en la norma:

- La legislación presenta las alternativas tecnológicas que pueden utilizarse para estabilizar el lodo y reducir los microorganismos patógenos.
- Considera la comercialización de los biosólidos.
- No define los criterios o consideraciones que se deben tomar en cuenta en los sitios de disposición de lodos o biosólidos.

Anexos

Ficha Uruguay

Análisis regional de los
instrumentos normativos sobre
vertidos, cuerpos receptores
y economía circular

El tratamiento de las aguas residuales alcanza al 43% de la población (una cobertura del 51% para Montevideo y un 39% en el interior del país)

Uruguay cuenta con 3,54 millones de habitantes¹²⁴ y se extiende en una superficie de 176 miles de km².

Posee 172 km³/año de recursos hídricos renovables y 50.543 m³/año per cápita¹²⁵. La mayor parte del territorio nacional integra la Cuenca del Plata (84 %), compartida con Argentina, Brasil, Paraguay y Bolivia. En el Río de la Plata confluyen grandes ríos, como el Paraná, el Uruguay y el Paraguay. En su desembocadura, el Río de la Plata presenta un caudal de salida al mar de aproximadamente 25.000 m³/s (MVOTMA, 2017:78).

Según datos del JMP (2020), presenta una cobertura de acceso a alcantarillado que asciende a 61,3%, pero no reporta datos respecto a la cobertura de tratamiento de aguas residuales.

Según el Plan Nacional de Saneamiento¹²⁶, Uruguay tiene una cobertura de saneamiento mediante cloacas del 62%, distinguiendo entre Montevideo y el interior del país, cuyas coberturas alcanzan el 78% y 51%, respectivamente. Adicionalmente, el 37% de la población tiene acceso a depósito de efluentes (solución individual de saneamiento), lo que permite observar que la cobertura de saneamiento básico en Uruguay abarca al 98% de la población.

El tratamiento de las aguas residuales alcanza al 43% de la población (una cobertura del 51% para Montevideo y un 39% en el interior del país). El Plan plantea ampliar esta cobertura, para el año 2030, al 72% del país, alcanzando el 91% en Montevideo y 60% en el interior del país.

Este Plan también especifica la necesidad de realizar adaptaciones normativas a distintos niveles, como:

- Rever y ordenar la legislación existente vinculada al sector saneamiento;
- Definir el marco legal acorde con el Plan Nacional de Saneamiento;
- Definir criterios regulatorios para sistemas de saneamiento por barométricas (que no sean por red), y analizar la eventual ampliación de competencia de la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA);
- Definir las potestades y relaciones interinstitucionales del órgano de planificación y seguimiento centralizado de la ejecución de la estrategia del Plan;
- En particular, para saneamiento con barométricas, definir roles y competencias de las distintas reparticiones del Estado, así como las obligaciones y derechos de los usuarios.

Normativa referente a la gestión de los recursos hídricos

Uruguay fue el primer país del mundo en declarar en su Constitución, en el año 2004, que el agua es un derecho humano fundamental. La Ley Reglamentaria del Artículo 47

¹²⁴ INE Uruguay – Estimación 2021. <https://www.ine.gub.uy/web/guest/estimaciones-y-proyecciones>

¹²⁵ Aquastat. Ficha Uruguay, revisión 2015. <https://www.fao.org/aquastat/es/countries-and-basins/country-profiles/country/URY>

¹²⁶ https://codia.info/images/paises/Uruguay/PNS_Saneamiento_18-2.pdf

declara el agua como un recurso natural esencial para la vida. Y en este artículo se establece la política nacional de aguas y saneamiento, que debe tomar como base el ordenamiento del territorio, la gestión sustentable, solidaria con las generaciones futuras, de los recursos hídricos y la preservación del ciclo hidrológico que constituyen asuntos de interés general. También se establecen las prioridades para el uso del agua por regiones, cuencas o partes de ellas, siendo la primera prioridad el abastecimiento de agua potable a poblaciones. Y, entre otras más, se declara el principio por el cual la prestación del servicio de agua potable y saneamiento deberá hacerse, anteponiendo las razones de orden social a las de orden económico. Y en este marco, el servicio público de saneamiento y el servicio público de abastecimiento de agua para el consumo humano serán prestados exclusiva y directamente por personas jurídicas estatales.

En la Ley 17.930 Art. 328, de 2005, se crea en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), dentro de la Dirección General de Secretaría, la Dirección Nacional de Aguas y Saneamiento. Posteriormente, en la Ley 18.719, Art. 613 (2010), se le cambia el nombre a Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA).

Adicionalmente, el 9 de julio de 2020 se promulga la Ley N° 19.889, que mediante su artículo 291 crea el Ministerio de Ambiente. Asimismo, en el Artículo 293 inciso F se establece que al Ministerio de Ambiente le compete:

“Ejercer la competencia atribuida por la ley a la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y a la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA), y las competencias en materia ambiental, de desarrollo sostenible, cambio climático, preservación, conservación y uso de los recursos naturales y ordenamiento ambiental, que las leyes le hayan atribuido al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Tendrá competencia en general sobre toda la materia ambiental previsto en el artículo 47 de la Constitución de la República”.

En el artículo 10 de la Ley 18.610, se establece que los recursos hídricos comprenden las aguas continentales y de transición. Las aguas continentales son las aguas superficiales, subterráneas y humedad del suelo. Mientras que las aguas de transición son aquellas que ocupan la faja costera del Río de la Plata y el océano Atlántico, donde se establece un intercambio dinámico entre las aguas marítimas y continentales.

En la ley 18.610 se establecen los principios rectores de la Política Nacional de Aguas, y en su artículo 14 especifica que:

“El objetivo de la política en agua potable y saneamiento es asegurar la universalidad del acceso a los mismos, sobre la base de que las razones de orden social priman por sobre las de orden económico. El saneamiento comprende el alcantarillado sanitario u otros sistemas para la evacuación, tratamiento o disposición de las aguas servidas”.

En el artículo 15 se establece que el Estado fomentará la eficiencia en el uso del agua potable y en los sistemas de saneamiento, promoviendo el uso racional del agua y atendiendo los aspectos culturales y educativos.

El decreto 78/010, reglamentario de la ley 18.610, define el concepto de saneamiento, y en su artículo 3 dicta que el saneamiento comprende los siguientes sistemas:

- **“A)** Transporte de las aguas residuales y excretas, por medio de una red de alcantarillado y disposición final en planta de tratamiento y/o emisario.

- **B)** Almacenamiento de las aguas residuales y excretas en pozos estancos, transporte en camiones barométricos y disposición final en planta de tratamiento.
- **C)** Transporte de los líquidos residuales por alcantarillado a una laguna de tratamiento, con retención de sólidos “in situ”, que luego son transportados para su disposición final en una planta de tratamiento.
- **D)** Almacenamiento y disposición final “in situ” con pozos filtrantes y/o infiltración al suelo.
- **E)** Sistemas mixtos que resultan de la combinación de componentes de los sistemas anteriores”.

En el artículo 6 de ese mismo decreto se especifica que, en todo el territorio de la República, excepto en el Departamento de Montevideo, la Administración de las Obras Sanitarias del Estado tendrá a su cargo los sistemas de tratamiento y disposición final de los efluentes, independientemente del sistema de transporte de estos.

A través del decreto 205/2017, del 31 de julio de 2017, se aprueba el Plan Nacional de Aguas, que aborda el tema del agua de manera integral y con una mirada estratégica de largo plazo. El Plan contiene programas específicos en materia de agua y saneamiento y propone la elaboración de un Plan Nacional de Agua Potable, Saneamiento y Drenaje Urbano. Fue elaborado con la finalidad de generar una estrategia unificada entre todos los actores que participan a nivel Nacional en sectores relacionados al agua. Dicho documento toma como base la Ley de Política Nacional de Aguas del 2009.

Dos años más tarde, se elaboró el Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible, con el apoyo Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility – GEF), documento que plantea una resolución de temas ambientales a través de 3 dimensiones: 1) Un ambiente sano para una buena calidad de vida; 2) Actividades económicas y productivas sostenibles; y 3) Gestión y Ciudadanía ambiental.

Ambos documentos son la base que conforman Políticas Públicas, Recursos Hídricos, económicos y un plan estratégico para la agenda 2030 en Uruguay. El Plan Nacional de Aguas 2030 como instrumento contribuye al desarrollo y cumplimiento de la agenda, a corto y mediano plazo. De esta forma, constituye una herramienta flexible y dinámica que ordena y articula acciones, cuya ejecución, en gran medida, ya está en marcha, con proyectos a desarrollar en el futuro próximo (MVOTMA, 2017:22).

Marco institucional

Las instituciones responsables de la regulación, fiscalización, y prestadores de servicios públicos son las siguientes:

- Secretaría Nacional de Ambiente, Agua y Cambio Climático (SNAAC), creada bajo el artículo 33 de la Ley de Presupuesto Nacional (N° 19.355), de diciembre 2015, como una unidad dependiente de la Presidencia de la República. Sus potestades se reglamentan en el Decreto N° 172/016, de junio 2016, donde se establece que (bajo la órbita de Presidencia) tendrá el cometido de “articular y coordinar con las instituciones y organizaciones públicas y privadas, la ejecución de las políticas públicas relativas a la materia de medio ambiente, agua y cambio climático”. El mismo decreto crea el

Gabinete Nacional Ambiental y el Sistema Nacional Ambiental.

- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), creado por la ley N° 16.112, de mayo de 1990, en atención a lo dispuesto en el artículo N° 47 de la Constitución de la República. Posteriormente la ley N° 17.930 incorpora dentro de sus cometidos "...la formulación de las políticas nacionales de agua y saneamiento (...), de los servicios de agua potable y saneamiento, atendiendo especialmente su extensión y las metas para su universalización, y los criterios de prioridad". Cuenta con la DINAGUA, a la que le compete la administración, uso y control de los recursos hídricos; y con la DINAMA, que en materia de aguas controla que las actividades públicas y privadas cumplan con las normas de protección del medio ambiente en general y de la calidad del agua en particular.
- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). La Dirección General de Recursos Naturales (DGRN), del MGAP, es responsable de promover el uso y manejo racional de los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo sostenible del sector agropecuario y coadyuvar a la conservación de la diversidad biológica. Los destinatarios de la actividad de la DGRN son los productores agropecuarios que utilizan suelo, agua y pasturas.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, que tiene competencias relacionadas con la regulación y planificación portuaria del país, la navegabilidad de los cursos de agua, el transporte fluvial y marítimo, la vigilancia de obras hidráulicas bajo su órbita y la administración y delimitación de los álveos.
- Ministerio de Salud Pública, en particular por el ejercicio de la policía higiénica de los alimentos y el control del saneamiento y del abastecimiento de agua potable en el país.
- Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), que regula y controla los servicios de energía, agua potable y saneamiento por alcantarillado.

Entes Autónomos y Servicios Descentralizados:

- Administración Nacional de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), organismo al que le compete la prestación del servicio de agua potable para todo el país y del servicio de alcantarillado en todo el país, a excepción de Montevideo.
- Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), encargada del suministro de energía hidroeléctrica en todo el territorio nacional, así como la generación y comercialización de la misma.
- Instituto Nacional de Meteorología (INUMET), cuyo principal cometido refiere a prestar los servicios públicos meteorológicos y climatológicos.

Otras instituciones y ámbitos:

- Sistemas Nacionales de coordinación, como el Sistema Nacional Ambiental (SNA), el Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad (SNRCC). Estos Sistemas tienen entre sus cometidos la coordinación de políticas públicas vinculadas en alguna medida al sector agua.
- Gobiernos Departamentales, responsables del diseño y la gestión del drenaje pluvial,

la regulación de las soluciones sanitarias de la vivienda individual, el control de servicio de barométrica y el tratamiento y disposición final de los líquidos recolectados, así como también la promoción de la extensión de los servicios de agua y alcantarillado.

- La Comisión Honoraria Pro Erradicación de la Vivienda Rural Insalubre (MEVIR), que promueve el acceso a la vivienda adecuada en el medio rural, dotándola de servicios de agua, saneamiento y electricidad.

También existen ámbitos de participación, como la Comisión Asesora de Agua y Saneamiento (COASAS), los Consejos Regionales de Recursos Hídricos (como el Consejo Regional de Recursos Hídricos para la Cuenca del Río de la Plata y Frente Marítimo), las Comisiones de Cuenca (como la Comisión de Cuenca del Río Santa Lucía, la Comisión de Cuenca de la Laguna del Cisne, la Comisión de Cuenca de la Laguna del Sauce, entre otras), y Juntas regionales asesoras de riego.

Normativa sobre vertidos y calidad de agua

Normativa sobre calidad de cuerpos receptores y vertidos

El instrumento normativo vigente en Uruguay es el Decreto 253/79 y las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91, que permitieron la aprobación de las normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de aguas. Esta norma es un acuerdo entre el Ministerio De Transporte y Obras Publicas, Ministerio Del Interior, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio De Industria y Energía, Ministerio de Salud Publica, Ministerio de Agricultura y Pesca, y Ministerio De Vivienda Ordenamiento Territorial Y Medio Ambiente.

Uruguay establece los parámetros y LMP en función de si el vertido es a cualquier curso de agua o mediante infiltración al terreno, sin distinguir los tipos de cursos de agua, ni usos a los que se destina el cuerpo receptor

Uruguay establece los parámetros y LMP en función de si el vertido es a cualquier curso de agua o mediante infiltración al terreno, sin distinguir los tipos de cursos de agua, ni usos a los que se destina el cuerpo receptor. No obstante, el mismo Decreto reglamenta los objetivos de calidad de los cuerpos de agua superficiales en función de los usos habilitados, estableciendo así 4 clases de cuerpos de agua:

- **Clase 1:** Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.
- **Clase 2:** a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto; y b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.
- **Clase 3:** Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural, o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.
- **Clase 4:** Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

Así se establece que, para aquellos cuerpos de agua de Clase 1, no se permiten vertidos de efluentes sin previa autorización de OSE. Adicionalmente, cuando algún cuerpo de agua no cumpla las condiciones establecidas para la clase en la que fue clasificado, el MVOTMA deberá establecer los programas de recuperación de dicho cuerpo de agua.

Los parámetros básicos de control establecidos y sus LMP son los siguientes:

Tabla 79. Parámetros básicos de control y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)

PARÁMETROS		DESAGÜES DIRECTOS A CURSOS DE AGUA	DESAGÜES QUE SE DISPONEN POR INFILTRACIÓN AL TERRENO
Temperatura	°C	30 °C No podrá elevar la temperatura del cuerpo receptor más de 2°C	35 °C
pH		6 - 9	5,5 - 9
Grasas y Aceites	(mg/l)	50	200
Sólidos sedimentables	(ml/l)		10
Sólidos suspendidos totales	(mg/l)	150	
Sólidos totales	(mg/l)		700
Material flotante		Ausente	Ausente
DBO5	(mg/l)	60	
Amoníaco	(mg/l)	5	
Fósforo total	(mg/l)	5	
Coliformes fecales	UFC/100 ml	5000	
Cianuro	(mg/l)	1	1
Sustancias fenólicas	(mg/l)	0,5	

En lo referente a las descargas por infiltración al terreno se establecen las siguientes condiciones:

- Solo podrá permitirse en zonas rurales.
- Distancia mínima a cursos de agua o pozos manantiales: 50 m.

- Distancia mínima a medianeras: 10 m.
- En lo que se refiere a metales pesados, se regulan los siguientes:

Tabla 80. Parámetros de control para metales pesados y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)

PARÁMETROS (MG/L)	DESAGÜES DIRECTOS A CURSOS DE AGUA	DESAGÜES QUE SE DISPONEN POR INFILTRACIÓN AL TERRENO
Arsénico	0,5	0,5
Cadmio	0,05	0,05
Cobre	1	1
Cromo total	1	3
Mercurio	0,005	0,05
Níquel	2	2
Plomo	0,3	0,3
Zinc	0,3	0,3

Adicionalmente, Uruguay es el único país que regula las concentraciones de los tóxicos orgánicos. Independientemente de si se trate de un desagüe directo a cursos de agua o una infiltración al terreno, sus parámetros de control, y sus LMP, son los siguientes:

Tabla 81. Parámetros de control para tóxicos orgánicos y LMP para las descargas a cuerpos receptores en el Decreto 253/79 (Uruguay)

PARÁMETROS (mg/l)	LMP
Aldrín más Dieldrín	0,40
Clordano	1
DDT	0,10
Endosulfan	2

Endrín	0,40
Heptacloro más Heptacloro EPXI	1
Lindano	1
Metoxicloro	3
Mirex	0,10
2,4 D	400
2,4,5 T	1.000
2,4,5 TP	200
Paratión	4
Comp. Poliaromáticos (BPS)	4

La normativa también establece que todas las industrias cuyo proceso industrial se deriven aguas residuales de cualquier naturaleza, deberán contar con la Autorización de Desagüe, junto con el proyecto de planta de tratamiento, y presentarlo al MVOTMA. El mismo decreto presenta las multas y sus montos ante infracciones que se presenten a las normas.

En lo referente a camiones atmosféricos o barométricos, el Decreto 497/988 prohíbe la descarga de cualquier tipo de barométrica, tanto de carácter público como privado, en las aguas o en lugares desde los que puedan derivar hacia ellas.

Normativa sobre descargas a sistemas de alcantarillado sanitario municipal

El instrumento normativo vigente es el mismo que para vertidos en cuerpos receptores, el Decreto 253/79 y las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros que a nivel regional se regulan:

Tabla 82. Parámetros de control regulados en el Decreto 235/79 y sus modificaciones (Uruguay)

PARÁMETRO	URUGUAY
Temperatura	+
pH	+
CN	+
As	+
Hg	+
Pb	+
Cd	+
Cu	+
Ni	+
DBO ₅	+
S ₂ ⁻	+
Zn	+
S.Sed. (1h)	+
SST	
AyG (Sustancias solubles)	+
Cr T	+
Cr ⁺⁶	
Comp. Fenólicos	
SO ₄ ⁻²	
DQO	

Se presenta a continuación la descripción de los parámetros más comunes:

- Temperatura, con un LMP de 35°C.
- pH, que establece un rango de 5,5 a 9,5.
- Sólidos sedimentables, se establece un LMP de 10 ml/l, para una prueba de duración de 1 hora. Los sólidos suspendidos totales no están regulados.
- La materia orgánica se encuentra regulada tan solo DBO5, con un LMP de 700 mg/l (el valor más alto de los países analizados).
- Los aceites y grasas son regulados con un LMP de 200 mg/l (el valor más alto de los países analizados).
- Los cianuros presentan un valor máximo de 1 mg/l en el promedio regional.
- El LMP para el arsénico es de 0,5 mg/l (dentro del promedio regional).

Uruguay también es el único país que regula las concentraciones de los tóxicos orgánicos con un LMP 5 veces mayor que los de las descargas a cursos de agua o infiltración a terreno.

Normativa sobre reutilización de los subproductos del tratamiento

Normativa para el reúso de agua tratada

Uruguay no cuenta con una normativa específica para el reúso de aguas. En el Decreto 253/79, el artículo 3 establece la calidad que debe cumplir un curso de agua para poder hacer determinados usos. La calidad del agua de reúso puede tomarse de esa referencia, y si, por ejemplo, se utilizara para riego de productos que se consumen crudos, debería cumplir con la calidad establecida para la categoría 2ª (Aguas destinadas al riego de productos agrícolas que se consumen en forma natural, cuando estas son usadas a través del sistema de riego que provocan el mojado del producto), considerando que los valores señalados corresponden al cuerpo de agua de donde se extraerá el recurso para efectuar el riego.

Normativa para el manejo y disposición de lodos y biosólidos

El país no contempla normatividad específica que regule el tratamiento de biosólidos y su aplicación al suelo; sino que se encuentran regulados por el Decreto N° 182/013, Reglamento de Gestión de residuos sólidos industriales y asimilables, que reglamenta el Artículo 21 de la Ley General de Protección del Medio Ambiente. De esta forma, establece el marco para la gestión de los residuos sólidos industriales y de otros generados en actividades asimiladas, atendiendo a todos los aspectos que hacen a su gestión integral, incluyendo su generación, clasificación, almacenamiento, transporte, reciclado, valorización, tratamiento y disposición final. En el Artículo 4 define las actividades que quedan comprendidas por el alcance de esta norma, en la que se encuentran los sistemas de tratamiento de efluentes.

