Análisis comparativo de normativas extranjeras de reúso de aguas residuales, destacando el riego agrícola y la industria

Casos de España, Australia, Marruecos, Israel y California

Autor

Eduardo Baeza G.
Email: ebaeza@bcn.cl
Tel.: (56) 32 226 3902

Nº SUP: 144.823

Resumen

Las aguas residuales reutilizadas deben cumplir con requisitos mínimos de calidad, con el fin de garantizar que contaminantes y microorganismos patógenos presentes en estas no entren en contacto con las personas, de lo contrario, puede acarrear problemas de salud pública e impactar negativamente en contaminación de acuíferos, malos olores, salinización de suelos y presencia de vectores.

En Chile, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) está trabajando en fomentar el reúso de estas aguas, priorizando el reúso en el ciclo sanitario y el reúso en otras actividades económicas e industriales como la agricultura y minería, liberando el uso de aguas naturales.

En las regulaciones o normas de los otros países analizados, donde se definen los requisitos mínimos de calidad de las aguas residuales tratadas para reúso, destacan el destino para riego agrícola como prioritario, además de una diversidad de usos, en menor grado, como: industria, minería, recarga artificial de acuíferos, entre otros.

En relación a los parámetros de calidad, en la agricultura es muy importante: DBO, SST, patógenos y en algunos casos sus nutrientes. En la reutilización industrial, puede variar mucho según la industria, donde cada una tiene diferentes requisitos, tales como dureza, cloruros y sílice.

En conclusión, si bien todas las regiones buscan equilibrar las necesidades sanitarias, ambientales y económicas con sus normativas, existen variaciones. Israel y California establecen puntos de referencia mundiales para la reutilización agrícola y potable. España y Australia combinan los estándares globales y de la UE con las necesidades locales. Marruecos sigue a la OMS, pero enfrenta desafíos de implementación.

Introducción

El presente trabajo se enfoca en comparar diferentes normas extranjeras que definen los requisitos de calidad que deben cumplir las aguas residuales tratadas para ser reusadas en diferentes sectores, tales como la agricultura, la minería, entre otros. Se analizan los casos de España, Australia, Marruecos, Israel y California (Estados Unidos de Norteamérica).

Para el desarrollo de este estudio, se utilizaron diferentes fuentes especializadas sobre la materia, tales como: Fundación Chile, Superintendencia de Servicios Sanitarios y la Biblioteca del Congreso Nacional, además de textos normativos sobre reúso de aguas residuales, organismos públicos extranjeros, entre otras publicaciones.

Generalidades

Las aguas residuales se clasifican según su procedencia en domésticas, agrícolas e industriales. Las domésticas son una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas o disueltas. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, excretas, sales minerales, entre otros; que corresponde al 70% de la materia sólida existente y el 30% restante es inorgánico. Las agrícolas, son una mezcla de aguas domésticas, de riego y de la actividad ganadera. Las aguas industriales, son más diversas, ya que dependen del proceso del que procedan. Por otra parte, es importante diferenciar regeneración con la reutilización de aguas residuales, que se refiere al proceso de tratamiento de las aguas residuales para reusarse, mientras que la reutilización se refiere al proceso mediante el cual estas aguas tratadas pueden utilizarse en diferentes ámbitos (Fundación Chile, 2016)[1].

En términos de reutilización de estas aguas (depuradas), son evidentes las múltiples ventajas ecológicas, económicas y sociales que ofrece, no obstante, en el contexto legislativo y científico, la presencia de microorganismos resistentes es una cuestión de preocupación por su cercana relación con la seguridad sanitaria (Condalab, 2020)[2].

Destino de las aguas residuales tratadas

Los principales destinos de las aguas residuales tratadas son el riego agrícola, industria, minería, recarga artificial de acuíferos, riego de zonas de recreación y de áreas verdes y en algunos casos, agua potable, como ocurre en Singapur[3]. De acuerdo a las evidencias revisadas, Singapur es el único país que trata aguas residuales para consumo humano, usando Micro-filtración, Osmosis Inversa y Desinfección UV, cubriendo actualmente el 40% de la demanda actual de agua a nivel nacional[4] [5] [6].

Normas de calidad para el reúso de aguas residuales

[1] Fundación Chile (2016). Aguas residuales como nueva fuente de agua.
[2] Condalab (2020). Beneficios y riesgos de la reutilización de aguas depuradas.
[3] Fundación Chile (2021). Escenarios Hídricos 2030-Chile.
[4] *Ibídem*
[5] Biblioteca del Congreso Nacional (2022). El sistema de tratamiento de aguas grises en Singapur.
[6] Sembcorp (2016). La historia del agua en Singapur.

Dentro de los aspectos relevantes del reúso de aguas residuales destacan los requisitos mínimos de calidad que deben tener las aguas reutilizadas, con el fin de garantizar que microorganismos patógenos presentes en estas no entren en contacto con las personas. Lo anterior, se debe a los problemas de salud pública y los impactos negativos debido a la contaminación de los acuíferos, malos olores, salinización de suelos y presencia de vectores[7].

En Chile, la escasez hídrica es crítica, especialmente en las zonas norte y centro del país. Al respecto, las aguas servidas tratadas serían una buena fuente de agua que puede ser reutilizada. La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) está trabajando en fomentar el reúso de estas aguas, priorizando el reúso en el ciclo sanitario y el reúso en otras actividades económicas e industriales como la agricultura y minería, liberando el uso de aguas captadas de fuentes subterráneas, las cuales estarían disponibles para consumo humano. En la zona centro norte del país, en el año 2020, dichas aguas reusadas por terceros alcanzaron los 65 millones de m^3 (5,4% del valor total de aguas servidas tratadas del país)[8].

En cuanto a las normas o regulaciones que dictan la calidad de las aguas residuales tratadas cuando se reutilizan para diferentes fines, lo primero es señalar que existen normas globales comunes, donde las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son un buen punto de partida, ya que gozan de amplio reconocimiento. Además, destacan las normas de la EPA de Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.), las Directivas de la Unión Europea (UE) sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas y, Normas ISO. Es importante considerar que los países adaptan en ocasiones estos estándares según las condiciones locales. A continuación, en la Tabla 1, se presentan algunos referentes normativos globales o generales para la reutilización de aguas residuales en diferentes aplicaciones, destacando parámetros clave.

Tabla 1. Normas globales o generales de calidad de aguas residuales por cada uso

Uso	Parámetros Clave	Normas
Riego Agrícola	**Patógenos**: ○ Directrices de la OMS: ≤ 1.000 coliformes fecales/100 mL para riego sin restricciones (por ejemplo, cultivos consumidos crudos). ○ Huevos de helmintos: ≤ 1 huevo/L (OMS). **Salinidad/sodicidad**: ○ Conductividad eléctrica (CE): < 3 dS/m (para	**Directrices de la OMS** para el uso seguro de aguas residuales[9]. **ISO 16.075**: Directrices para el uso de aguas residuales tratadas en riego[10]. **EPA de EE. UU.**: clasifica la calidad del agua[11].

[7] Op. Cit. Fundación Chile (2016). Aguas residuales como nueva fuente de agua.
[8] SISS (s/f). Informe de Gestión del Sector Sanitario 2020.
[9] WHO Guidelines for Safe Wastewater Use. Disponible en: https://c.bcn.cl/U5EWW5 (abril 2025)
[10] ISO 16.075. Disponible en: https://c.bcn.cl/M6p2w4 (abril 2025)
[11] Introducción a la Ley de Agua Limpia de la EPA (EEUU). Disponible en: https://c.bcn.cl/yJnIKo (abril 2025)

	evitar la salinización del suelo). ○ Relación de Adsorción de Sodio (SAR): < 6 (evita la degradación del suelo). **Nutrientes**: ○ Se monitorean los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P) para prevenir la sobrefertilización.	
Uso industrial	**Agua de refrigeración**: ○ TDS bajo (sólidos disueltos totales): < 500 mg/L para evitar la formación de incrustaciones. ○ Cloruros: < 250 mg/L (evita la corrosión). **Agua de alimentación de la caldera**: ○ Sílice: < 50 mg/L, Dureza: < 1 mg/L (para evitar depósitos). **Agua de proceso**: ○ Estándares específicos de la industria (por ejemplo, pH 6–8, bajo contenido de metales pesados como Cd, Pb, Hg).	**Serie ISO 14.000**: Gestión ambiental para la reutilización de agua industrial[12]. **Directiva de la UE sobre emisiones industriales**: limita los contaminantes en las aguas vertidas[13].
Reutilización para Agua Potable	**Patógenos**: ○ Cero patógenos detectables (por ejemplo, *E. coli*, virus). **Contaminantes químicos**: ○ Metales pesados (por ejemplo, arsénico < 10 µg/L, plomo < 5 µg/L). ○ Contaminantes emergentes: productos farmacéuticos, PFAS y microplásticos regulados (por ejemplo, Directiva de agua potable de la UE). **Turbidez**: < 0,1 NTU (post-tratamiento).	**Directrices de la OMS** para el uso seguro de aguas residuales[14]. **Pautas avanzadas de reutilización de agua de la EPA de EE. UU.** (por ejemplo, ósmosis inversa + UV/oxidación avanzada)[15].

[12] ISO 14.000. Disponible en: https://c.bcn.cl/z6HGEo (abril 2025)
[13] Directiva de Emisiones Industriales de la UE. Disponible en: https://c.bcn.cl/NC0YHC (abril 2025)
[14] WHO Guidelines for Safe Wastewater Use. Disponible en: https://c.bcn.cl/U5EWW5 (abril 2025)
[15] Guidelines EPA for Water Reuse. Dipsonible en: https://c.bcn.cl/P7h01d (abril 2025)

Descarga Ambiental	**DBO/DQO**: ○ DBO $_5$ < 20–30 mg/L (Directiva de la UE sobre tratamiento de aguas residuales urbanas). ○ DQO < 125 mg/L. **Nutrientes**: ○ Nitrógeno total < 10 –15 mg/L, fósforo total < 1–2 mg/L (para evitar la eutrofización). **Toxicidad**: ○ Pruebas de toxicidad aguda/crónica (por ejemplo, LC_{50} para organismos acuáticos).	**Directiva marco del agua de la UE**: exige un «buen estado ecológico» para las masas de agua[16]. **Ley de Agua Limpia de EE. UU**.: hace cumplir los permisos NPDES para descargas[17].
Acuicultura	**Oxígeno disuelto**: > **5 mg/L**. **Amoniaco**: < **0,5 mg/L** (tóxico para los peces). **Patógenos**: Tratado para prevenir enfermedades en especies acuáticas.	**Directrices de la FAO sobre efluentes de acuicultura**: centrarse en prácticas sostenibles[18].
Uso Recreativo	• **Patógenos** : ○ Coliformes fecales: < 200 UFC/100 mL (US EPA para natación). • **Claridad**: Turbidez < 5 NTU	

Fuente: Elaboración propia en base a las regulaciones de los países citados

Diferencias en los parámetros de las Normas de Calidad de Aguas Residuales para diferentes usos (Australia, España, Marruecos, Israel y California en EE.UU.)

A continuación, en la Tablas 2 a 5, se presentan comparaciones de las normas de calidad de aguas residuales para diferentes usos (agrícola, industrial, potable, vertido ambiental) en Australia[19], España[20],

[16] Directiva Marco del Agua. Disponible en: https://c.bcn.cl/9OQOpR (abril 2025)
[17] Ley de Agua Limpia de EEUU. Disponible en: https://c.bcn.cl/H7EVPs (abril 2025)
[18] Directrices de la FAO sobre efluentes de acuicultura. Disponible en: https://c.bcn.cl/WQKHv3 (abril 2025)
[19] Australian Guidelines for Water Recycling (AGWR). Disponible en: https://c.bcn.cl/mzRZ0f; National Water Quality Management Strategy (NWQMS). Disponible en: https://c.bcn.cl/azEmuW (abril 2025)
[20] Royal Decree 1620/2007: Legal framework for wastewater reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/9wl0yl; EU Urban Wastewater Treatment Directive (91/271/EEC). Disponible en: https://c.bcn.cl/TmHbLo; Spanish Ministry for Ecological Transition. Dsiponible en: https://c.bcn.cl/8ciBhU (abril 2025)

Marruecos[21], Israel[22] y California (EE. UU.)[23], destacando las diferencias clave en los parámetros y marcos regulatorios.

Tabla 2. Comparación por país de Normas de Calidad de Aguas Residuales para Uso Agrícola

País/Región	Parámetros clave	Normas/Regulaciones
Australia	- **E. coli**: <10 UFC/100 mL (Clase A, riego sin restricciones). - **DBO_5**: <20 mg/L. - **SST** : <30 mg/L.	Directrices australianas para el reciclaje de agua (2006). Clases A-D según el tipo de cultivo y el riesgo.
España	- **E. coli**: ≤100 UFC/100 mL (sin restricciones). - **DBO_5**: <25 mg/L. - **SST** : <35 mg/L.	El Real Decreto 1620/2007 (adoptado de las normas de la UE) clasifica la reutilización en cinco grados de calidad.
Marruecos	- **Coliformes fecales**: ≤1.000 UFC/100 mL (sin restricciones). - **DBO_5**: <30 mg/L.	Norma marroquí NM 03.7.001 (adaptada a la OMS). Menos estricta para cultivos no alimentarios.
Israel	- **Coliformes fecales**: ≤10 UFC/100 mL (sin restricciones). - **SST** : <15 mg/L. - **DBO_5**: <15 mg/L.	Directrices del Ministerio de Salud. Alto rigor debido a la reutilización de más del 85% de aguas residuales para la agricultura.
California (EEUU)	- **Coliformes totales**: <2,2 UFC/100 mL (mediana, tratamiento terciario). - **Turbidez**: <2 NTU.	Título 22 del Código de California. Requiere desinfección (p. ej., cloración) para uso sin restricciones.

Fuente: Elaboración propia en base a las regulaciones de los países citados

Tabla 3. Comparación por país de Normas de Calidad de Aguas Residuales para Uso Industrial

País/Región	Parámetros clave	Normas/Regulaciones
Australia	- **TDS**: <500 mg/L (agua de refrigeración). - **Metales pesados**: límites específicos de la industria (por ejemplo, Pb <0,1 mg/L).	Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua. Adaptada a las necesidades de la industria (p. ej., minería, manufactura).

[21]Moroccan Standard NM 03.7.001: Wastewater reuse for irrigation. Disponible en: https://c.bcn.cl/OwPUk8 y https://c.bcn.cl/rwZL0l; Water Law 36-15: Governance of water resources and reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/6K4GTf; World Bank Report on Moroccan Reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/Z2wQUg (abril 2025)

[22]Ministry of Health Guidelines. Disponible en: https://c.bcn.cl/VOo0Ud y https://c.bcn.cl/jbbLpF; Water Law (1959). Disponible en: https://bcn.cl/mrm0Zo y https://c.bcn.cl/Yn5zAp

[23]Title 22 California Code: Standards for water recycling. Disponible en: https://c.bcn.cl/JuSdPc y https://c.bcn.cl/ExOesZ; State Water Resources Control Board (SWRCB). Disponible en: https://c.bcn.cl/ll6YCp; California's Direct Potable Reuse Regulations (2023). Disponible en: https://c.bcn.cl/Rpwug2; Clean Water Act NPDES Permits. Disponible en: https://c.bcn.cl/07fHRZ (abril 2025)

España	- **DQO**: <125 mg/L (descarga general). - **pH**: 6–9.	Directiva de la UE sobre emisiones industriales (2010/75/UE). Límites más estrictos para sectores como el textil.
Marruecos	- **DQO**: <150 mg/L. - **SST**: <50 mg/L. - **pH**: 6,5–8,5.	Ley de Aguas de Marruecos (36-15). Se centra en la protección de las masas de agua frente a los vertidos industriales.
Israel	- **Cloruros**: <250 mg/L (sistemas de refrigeración). - **Boro**: <0,3 mg/L (electrónica).	Ministerio de Protección Ambiental. Normas estrictas para las industrias tecnológicas (por ejemplo, fabricación de semiconductores).
California (EEUU)	- **TDS**: <500 mg/L (refrigeración). - **Sílice**: <50 mg/L (alimentación de caldera).	Código de Regulaciones de California. Permisos específicos del sector bajo la Ley de Agua Limpia.

Fuente: Elaboración propia en base a las regulaciones de los países citados

Tabla 4. Comparación por país de Normas de Calidad de Aguas Residuales para Agua Potable

País/Región	Parámetros clave	Normas/Regulaciones
Australia	- **Patógenos**: Indetectable. - **Turbidez**: <0,1 NTU. - **Cryptosporidium**: <1 ooquiste/L.	Directrices australianas para el reciclaje de agua (Fase 2). Reutilización potable directa (RPD) en desarrollo.
España	- Reutilización potable directa limitada. Priorizar la reutilización indirecta (p. ej., recarga de acuíferos).	Directiva de la UE sobre el agua potable (98/83/CE). Requiere un tratamiento avanzado (p. ej., ultrafiltración).
Marruecos	No existen normas formales de reutilización de agua potable. Se basan en las directrices de la OMS para el agua potable.	Norma marroquí NM 03.7.000 (agua potable). Utiliza principalmente la desalinización para el suministro de agua potable.
Israel	- **Turbidez**: <0,1 NTU. - **Cloro residual**: >0,5 mg/L. - **Virus**: Indetectable.	Reglamento del Ministerio de Salud. Reutilización indirecta de agua potable mediante la recarga gestionada de acuíferos (p. ej., Proyecto Shafdan).
California (EEUU)	- **Turbidez**: <0,1 NTU. - **Patógenos**: eliminación de 12 logaritmos. - Se requiere **oxidación avanzada**.	Título 22 del Código de California + Reglamento de Reutilización Potable Directa de Aguas Residuales y Residuos (SWRCB). Liderazgo en proyectos de DPR (p. ej., GWRS del Condado de Orange).

Fuente: Elaboración propia en base a las regulaciones de los países citados

Tabla 5. Comparación por país de Normas de Calidad de Aguas Residuales para Descarga Ambiental

País/Región	Parámetros clave	Normas/Regulaciones
Australia	- **DBO $_5$**: <20 mg/L. - **N total**: <10 mg/L. - **P total**: <2 mg/L.	Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua. Enfoque en la protección de los ecosistemas acuáticos.

España	- **DBO $_5$** : <25 mg/L. - **N total**: <15 mg/L. - **P total**: <2 mg/L.	Directiva de la UE sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas (91/271/CEE). Más estricta en zonas sensibles.
Marruecos	- **DBO $_5$**: <30 mg/L. - **DQO**: <125 mg/L. - **SST**: <30 mg/L.	Ley de Aguas de Marruecos (36-15). Monitoreo menos estricto en zonas rurales.
Israel	- **DBO $_5$**: <10 mg/L. - **SST**: <10 mg/L. - **N total**: <10 mg/L.	Ministerio de Protección Ambiental. Altos estándares debido a las prioridades de reutilización del agua.
California (EEUU)	- **DBO $_5$**: <30 mg/L. - **NH $_3$ -N**: <5 mg/L. - **Toxicidad**: LC $_{50}$ >100%.	Permisos NPDES de la Ley de Agua Limpia. Incluye límites para contaminantes emergentes (p. ej., PFAS).

Fuente: Elaboración propia en base a las regulaciones de los países citados

Referencias

Australian Guidelines for Water Recycling (AGWR). Disponible en: https://c.bcn.cl/mzRZ0f (abril 2025)

Biblioteca del Congreso Nacional (2022). El sistema de tratamiento de aguas grises en Singapur. Disponible en: http://bcn.cl/3ci1y (abril 2025)

California's Direct Potable Reuse Regulations (2023). Disponible en: https://c.bcn.cl/Rpwug2 (abril 2025)

Clean Water Act NPDES Permits. Disponible en: https://c.bcn.cl/07fHRZ (abril 2025)

Condalab (2020). Beneficios y riesgos de la reutilización de aguas depuradas. Disponible en: http://bcn.cl/33ffu (abril 2025)

Directiva de Emisiones Industriales de la UE. Disponible en: https://c.bcn.cl/NC0YHC (abril 2025)

Directiva Marco del Agua. Disponible en: https://c.bcn.cl/9OQOpR (abril 2025)

Directrices de la FAO sobre efluentes de acuicultura. Disponible en: https://c.bcn.cl/WQKHv3 (abril 2025)

EU Urban Wastewater Treatment Directive (91/271/EEC). Disponible en: https://c.bcn.cl/TmHbLo (abril 2025)

Fundación Chile (2016). Aguas residuales como nueva fuente de agua. Disponible en: http://bcn.cl/33fha (abril 2025)

Fundación Chile (2021). Escenarios Hídricos 2030-Chile. Disponible en: http://bcn.cl/3ci1v (abril 2025).

Guidelines EPA for Water Reuse. Dipsonible en: https://c.bcn.cl/P7h01d (abril 2025)

Introducción a la Ley de Agua Limpia de la EPA (EEUU). Disponible en: https://c.bcn.cl/yJnIKo (abril 2025)

ISO 14.000. Disponible en: https://c.bcn.cl/z6HGEo (abril 2025)

ISO 16.075. Disponible en: https://c.bcn.cl/M6p2w4 (abril 2025)

Ley de Agua Limpia de EEUU. Disponible en: https://c.bcn.cl/H7EVPs (abril 2025)

Ministry of Health Guidelines. Disponible en: https://c.bcn.cl/VOo0Ud y https://c.bcn.cl/jbbLpF (abril 2025)

Moroccan Standard NM 03.7.001: Wastewater reuse for irrigation. Disponible en: https://c.bcn.cl/OwPUk8 y https://c.bcn.cl/rwZL0l (abril 2025)

National Water Quality Management Strategy (NWQMS): Disponible en: https://c.bcn.cl/azEmuW (abril 2025)

Royal Decree 1620/2007: Legal framework for wastewater reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/9wI0yl (abril 2025)

Sembcorp (2016). La historia del agua en Singapur. Disponible en: http://bcn.cl/3ci20 (abril 2025)

SISS (s/f). Informe de Gestión del Sector Sanitario 2020. Disponible en: http://bcn.cl/3ci1u (abril 2025)

Spanish Ministry for Ecological Transition. Dsiponible en: https://c.bcn.cl/8ciBhU (abril 2025)

State Water Resources Control Board (SWRCB). Disponible en: https://c.bcn.cl/ll6YCp (abril 2025)

Title 22 California Code: Standards for water recycling. Disponible en: https://c.bcn.cl/JuSdPc y https://c.bcn.cl/ExOesZ (abril 2025)

Water Law (1959). Disponible en: https://bcn.cl/mrm0Zo y https://c.bcn.cl/Yn5zAp (abril 2025)

Water Law 36-15: Governance of water resources and reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/6K4GTf (abril 2025)
WHO Guidelines for Safe Wastewater Use. Disponible en: https://c.bcn.cl/U5EWW5 (abril 2025)
World Bank Report on Moroccan Reuse. Disponible en: https://c.bcn.cl/Z2wQUg (abril 2025)

Nota aclaratoria

Asesoría Técnica Parlamentaria está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley. Con lo cual se pretende contribuir a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.

Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)