

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XXVII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPOSITIVO A LA LEY 19.525 QUE “REGULA SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS”

JORGE GIRONÁS L.¹

OSHEEN ²

BONIFACIO FERNÁNDEZ LARRAÑAGA ³

JULIO BURGOS ARRATIA ⁴

JOSÉ VARGAS BAECHERL ⁵

RESUMEN

La Ley N°19.525, promulgada en 1997, marcó un hito en la regulación del drenaje urbano en Chile, tras décadas de escasa atención al tema. La ley encomienda al estado velar por la evacuación y drenaje de aguas lluvias en ciudades y centros poblados, y permitió institucionalizar la gestión de aguas lluvias mediante la creación de la Dirección de Obras Hidráulicas, definir los conceptos de redes primaria y secundaria, y mandar la elaboración de planes maestros de aguas lluvias. Sin embargo, a más de 25 años de su entrada en vigencia, surge la necesidad de revisar y actualizar esta normativa frente a los avances técnicos, y cambios sociales, ambientales, tecnológicos y legales experimentados en las últimas décadas, así como la antigüedad de buena parte de los planes maestros. Este artículo analiza de manera crítica y propositiva el contenido vigente de la Ley N°19.525, artículo por artículo, identificándose los aspectos que requieren de modernización y las limitaciones a la luz de la experiencia internacional y los nuevos desafíos país, entre los que destacan las nuevas normativas ambientales y de cambio climático, la gestión de amenazas y riesgos socio-naturales, y la protección de humedales urbanos. Asimismo, se reconoce la necesidad de incorporar los avances técnico y científico en materia de aguas lluvias, en especial en relación con los impactos ambientales, los sistemas de drenaje sostenibles, y las nuevas capacidades de modelación, análisis y diseño.

¹ Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile; Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS); Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN); Centro Interdisciplinario de Cambio Global UC- email: jgironas@uc.cl

² Investigadora Postdoctoral, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile; Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)

³ Profesor Emérito, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile

⁴ Jefe de Departamento, Departamento de Cauces y Drenaje Urbano, Dirección de Obras Hidráulicas - Araucanía

⁵ Ex académico y Consultor en Ingeniería Hidráulica, Universidad de Concepción

1. INTRODUCCIÓN

En 1997 se promulgó la Ley N°19.525, dedicada a regular los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias en Chile. Esta ley permitió un desarrollo significativo en la temática del drenaje urbano, la cual había quedado relativamente abandonada luego de la reorganización de los sistemas de agua potable y sanitarios a través del DFL 382 (1988). También dio paso a la creación de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) como Dirección dedicada a la gestión del drenaje urbano, y definió la preparación de los planes maestros de aguas lluvias, priorizando inicialmente aquellas ciudades de más de 50.000 habitantes. En la actualidad, estos planes están desarrollados para localidades en las que vive aproximadamente un 75% de la población nacional, aunque solo la mitad de ellos tienen un decreto oficial, y un 63% tienen 20 o más años de antigüedad.

A más de 25 años de la promulgación de la Ley N°19.525, se requiere de un análisis exhaustivo de la vigencia de su contenido y la propuesta de mejoras para una posible actualización, ya que desde entonces ha habido importantes cambios en la legislación y han surgido nuevas preocupaciones y antecedentes tanto desde la ciencia y la práctica, como desde la ciudadanía. A modo de ejemplo, previo a los años 2000, el cambio climático era solo una preocupación en los círculos académicos, y no ocupaba la agenda pública. Hoy en día es una preocupación transversal con una clara manifestación normativa en la forma de la Ley Marco de Cambio Climático (N°21.455, 2022) que define una serie de acciones y obligaciones en lo referido a la adaptación y mitigación de distintas unidades territoriales y sectores, incluido el sector infraestructura y edificación pública. Asimismo, la Ley N°21.364 y su correspondiente reglamento, el Decreto N°86 del Ministerio del Interior, identifica a la DOH como uno de los organismos técnicos involucrados en la gestión de amenazas (OTMAs) con el rol de “monitorear la amenaza de inundación o anegamiento relacionada con la alteración de la red primaria del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias [Artículo 4, numeral g] así como otras, propias de su competencia”, además de preparar los respectivos mapas de amenazas [Artículo 40]. También se cuenta con la Ley N° 21.202 (2020) de humedales urbanos y su correspondiente reglamento, donde se establecen una serie de condiciones y restricciones al uso de estos sistemas, incluyéndose aquellas que tienen que ver con su rol en el drenaje de las ciudades. Por último, la temática ambiental ha adquirido mayor preponderancia, y el cuerpo normativo asociado se ha modificado y expandido bastante desde la promulgación en 1994 de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

A lo anterior se agregan los avances tecnológicos y del estado del arte y de la práctica en los últimos 25 años, existiendo un conocimiento más acabado sobre los impactos de las aguas lluvias y los distintos enfoques de control y gestión. Por otra parte, las nuevas capacidades computacionales y tecnológicas facilitan el modelamiento, análisis y diseño de sistemas de drenaje más complejos orientados a satisfacer una variedad de diferentes metas hidrológicas, más allá de aquellas relacionadas al control de grandes crecidas, así como otras metas con foco en la calidad de vida y la protección ambiental. Un ejemplo concreto de mejoras recientes en la práctica del drenaje urbano es el Manual de Drenaje Urbano de la DOH publicado el 2013 (MOP, 2013), documento de uso masivo en las actividades y proyectos de gestión de aguas lluvias de esta institución. Más aún, de alguna manera este Manual suple

carencias del marco normativo introduciendo prácticas y elementos de gestión que no necesariamente tienen un respaldo que la normativa vigente puede otorgar.

Por lo tanto, transcurrido 25 años desde su promulgación, y reconociendo los avances técnicos y científicos y los nuevos desafíos socio-ambientales, es necesario revisar y actualizar la Ley N° 19.525 incorporando los nuevos conocimientos y una visión más integral de la problemática. Para este efecto, y luego de comentarse el título de la ley, se presentan los distintos artículos no transitorios de esta, acompañados del respectivo análisis comentado, en el que se destacan las principales necesidades o problemas que deben ser abordados. Finalmente, se presentan otras consideraciones y recomendaciones a tener en cuenta.

2. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LA LEY VIGENTE

2.1. Sobre el título: Ley N°19.525 que “Regula sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias”

Con respecto al título, si bien se refiere a las aguas lluvias y las separa claramente de aguas de otro tipo, independizándolas del sistema sanitario, el uso central del concepto *evacuación*, y en menor medida el de *drenaje*, le entregan una connotación sanitaria dando a entender que estas son una molestia, un residuo, y eventualmente, una amenaza, por lo que deben ser eliminadas lo más rápido posible. Además, este concepto alude típicamente al transporte y conducción como forma específica de controlar las aguas lluvias, excluyendo otras opciones que tienen como foco preservar los distintos procesos del ciclo hidrológico, reducir los impactos ambientales, minimizar la exposición e integrar de manera más amigable el drenaje urbano con el funcionamiento de la ciudad. Entonces, estos conceptos mezclados en el título aparecen como una contradicción entre el concepto de *aguas lluvias* como recurso, y la propuesta de eliminarlo como un residuo. Desde este punto de vista, pareciera mucho más razonable reemplazar *evacuación* por la palabra *gestión*. Este último concepto permite considerar una serie de técnicas de control y aprovechamiento de aguas lluvias más allá de la conducción, como la infiltración y el almacenamiento, así como medidas no estructurales y la acción a través de la planificación territorial. Un título que adopte la palabra *gestión* en vez de *evacuación* implicaría una ley más general, sin una concepción marcadamente sanitaria.

Asimismo, es interesante destacar que el concepto *drenaje* no solo se adopta en la presente ley, sino también en otros documentos que forman parte del estudio y manejo de las aguas lluvias en Chile como el *Manual de Drenaje Urbano* (MOP, 2013) desarrollado por el MOP. El uso preponderante de la palabra *drenaje* no es una práctica excesivamente común en el extranjero. En general, el concepto central en otras realidades internacionales es *aguas lluvias* (o en inglés *stormwater*), lo que lleva a que muchas guías de diseño se llamen *Manual de aguas lluvias*. De hecho, dicho concepto, al contrario de lo que ocurre con *drenaje*, visibiliza algo esencial: la materia de estudio es el agua, una de las sustancias más importantes para el planeta, un recurso fundamental que se debe proteger. De este modo, se supera la visión sanitaria y se reemplaza por un enfoque más integrado centrado en el valor del recurso.

2.2. Análisis por artículos

Artículo 1°.- “El Estado velará porque en las ciudades y en los centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias que permitan su fácil escurrimiento y disposición e impidan el daño que ellas puedan causar a las personas, a las viviendas y, en general, a la infraestructura urbana”

En el primer artículo se identifica explícitamente como potenciales afectados por las aguas lluvia a las personas, viviendas e infraestructura urbana. El medio ambiente no es mencionado como otro posible perjudicado por una mala gestión de la esorrentía urbana. En la literatura internacional e incluso nacional, se reporta evidencia robusta de los impactos ambientales de las aguas lluvias. Ejemplos de estos son los siguientes: (1) la afectación geomorfológica a cauces urbanos y aguas abajo de las áreas urbanas en la forma de erosión e incisión; (2) las alteraciones en los sistemas ecológicos fluviales producto de estas afectaciones geomorfológicas y del cambio del régimen hidrológico de los cauces; (3) el lavado de contaminantes desde las superficies urbanas, y su posterior descarga a cuerpos de agua receptores como ríos y lagos, y (4) las descargas desde los sistemas unitarios y de los sistemas de alcantarillado separados pero con entradas informales de aguas lluvias, lo que conlleva fenómenos de contaminación con materia orgánica de los cuerpos receptores. La Tabla 1 sintetiza estos impactos y proporciona referencias con más detalles.

Tabla 1: Impactos ambientales de las aguas lluvias

Impacto Ambiental	Descripción	Referencias
Impacto geomorfológico en cauces urbanos	Mayores volúmenes y caudales máximos provocan erosión de cauces, transporte de sedimentos y cambios morfológicos en canales urbanos y aguas abajo	Walsh et al. (2005); Booth y Jackson (1997)
Alteraciones en sistemas ecológicos fluviales	Los cambios en el caudal y la geomorfología afectan los hábitats acuáticos, reducen la biodiversidad y modifican la composición y abundancia de especies	Paul y Meyer (2001); Roy et al. (2008)
Lixiviación y descarga de contaminantes	Las superficies urbanas (calles, techos, estacionamientos) acumulan contaminantes (e.g., metales pesados, aceites, sedimentos) que son arrastrados a cuerpos de agua por las aguas lluvias.	US EPA (2003); Göbel et al. (2007)
Descargas de sistemas unitarios y separados de alcantarillado	Las descargas de sistemas unitarios (DSUs) y las entradas de aguas lluvias en sistemas separados pueden generar descargas sin tratar o parcialmente tratadas durante tormentas.	Novotny (2003); National Research Council (2009)
Contaminación térmica	El escurrimiento desde superficies impermeables calientes puede elevar la temperatura de cuerpos receptores, afectando especies sensibles a los cambios térmicos.	Jones et al. (2010); Nelson y Palmer (2007)

Enriquecimiento de nutrientes y eutrofización	El exceso de nitrógeno y fósforo provenientes de fertilizantes, excremento de mascotas y deposición atmosférica puede causar floraciones algales e hipoxia	Carpenter et al. (1998); USEPA 2003)
Reducción de la recarga de aguas subterráneas	El aumento de impermeabilidad reduce la infiltración, disminuyendo los niveles freáticos y caudales base, lo que afecta la disponibilidad de agua y la ecología fluvial.	Leopold (1968); Burns et al. (2005)

Nuevamente, este artículo solo menciona los conceptos de *evacuación* y *drenaje*, siendo más pertinente ampliar la mirada hacia el uso de otros enfoques de control bajo el concepto general de gestión de aguas lluvias. También se hace referencia a la necesidad de facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias, contrario a lo que la bibliografía especializada sugiere. El estado del arte hoy revela que el escurrimiento rápido no necesariamente contribuye a una buena gestión, y, por el contrario, cuando sea posible y no se comprometa a la población, promueve el transporte lento de las aguas lluvias para proporcionar una capacidad de almacenamiento y reducir los caudales máximos que deben ser transportados. La idea de un escurrimiento rápido está íntimamente relacionada con una visión de las aguas lluvias no como un recurso a proteger, sino como un residuo y peligro del que hay que deshacerse lo más pronto posible. Conceptualmente esto es significativo y un cambio necesario.

Cabe mencionar que la identificación del Estado como la entidad que velará por la existencia de los sistemas de evacuación y drenaje es incompleta, ya que su rol más bien debiese ser velar por el cumplimiento de una meta, y no necesariamente por adoptar una única solución o enfoque para esta meta. Desde esta lógica, el Estado puede contribuir de distintos modos a evitar problemas sin centrarse únicamente en la construcción de sistemas de evacuación y drenaje. Por ejemplo, una buena planificación territorial permite reducir el nivel de exposición de la población, algo que puede abordarse integrando los Planes Maestros de Aguas Lluvias con los Instrumentos de Planificación Territorial. Del mismo modo, una normativa rigurosa a nivel municipal permitiría asegurar permisos de edificación que consideren y velen por la existencia de una buena gestión local en sectores residenciales o privados. Esto se podría lograr mediante alguna herramienta legal que permita sancionar ordenanzas locales coherente con la gestión global de las aguas lluvias especificadas en los Planes Maestros. Por último, las normas secundarias de calidad ambiental de las aguas permitirían definir metas de calidad en los escurrimientos urbanos que deberían ser abordadas desde aguas arriba, a través de técnicas para la reducción de la escorrentía y lavado de contaminantes, y el tratamiento de estos. Estos ejemplos muestran que el Estado, sin necesariamente solo construir sistemas de drenaje, puede velar por controlar y mitigar los problemas asociados a las aguas lluvias de una forma más íntegra, organizada y resiliente, y en conjunto con otros actores.

“La planificación, estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias corresponderá al Ministerio de Obras Públicas. La red secundaria estará a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo a quien le corresponderá, directamente, su planificación y estudio y, a través de los Servicios de Vivienda y Urbanización, la

proyección, construcción, reparación y mantención de la misma. La Dirección de Obras Hidráulicas y los Servicios de Vivienda y Urbanización podrán contratar la realización de las obras a que den lugar las disposiciones de esta ley, de acuerdo a los procedimientos establecidos en sus respectivas normas orgánicas, pudiendo optar a tales contratos las empresas de servicios sanitarios”.

En lo referido a la participación de los distintos ministerios en las redes de drenaje se evidencian una serie de problemas originados de la distribución y separación administrativa en la gestión de las aguas lluvias. En este sentido, se sugiere evaluar o proponer alternativas conducentes a una mejor integración de las redes y, particularmente, de las soluciones. La red de drenaje es una sola, y tratarla de manera separada desafía cualquier enfoque integral de drenaje, ya que la generación de escorrentía urbana y el control de esta trasciende consideraciones administrativas. Desde el punto de vista conceptual, es sabido que los problemas de aguas lluvias no necesariamente se producen donde se manifiestan. Por ejemplo, la inundación de un colector puede ser explicada por un exceso de escorrentía generada aguas arriba, probablemente en ubicaciones bastante lejanas al lugar de falla. Según la normativa vigente, este ejemplo puede significar que el problema se origine en la red secundaria, mientras que su manifestación ocurre en la red primaria. Sin embargo, la solución del problema en la red primaria tiende a ocurrir en esta misma red, sin explorarse la posibilidad de una solución parcial o total aguas arriba en la red secundaria, o incluso, en la llamada red domiciliaria. De hecho, entre el 60% y el 80% de la superficie urbana está ocupada por desarrollos privados (e.g., viviendas, comercio, edificaciones de todo tipo) atendidos por esta red domiciliaria, mientras que el resto es ocupado por bienes nacionales de uso público (calles, veredas, áreas verdes, etc.) atendidos por la red secundaria. En otras palabras, la red primaria no tiene ningún control sobre la totalidad de los aportes de escorrentía, la cual se genera en las redes secundaria y domiciliaria. Por lo tanto, es fundamental para la gestión de las aguas lluvias que su control se ejerza en estas dos redes.

¿Es necesario separar el drenaje urbano en distintas redes desde un punto de vista administrativo? La gestión de aguas lluvias en ciudades internacionales exitosas en la materia, generalmente es hecha por una única entidad, la que puede ser estatal (la Tabla 2 resume algunas de las experiencias internacionales de gobernanza local). De hecho, esta unidad es típicamente de carácter local o municipal, por lo que sería pertinente dar mayor protagonismo a gobiernos locales en la gestión de aguas lluvias, o concebir una institucionalidad con potestad para administrar la gestión del escurrimiento urbano a distintas escalas. Por ejemplo, los municipios podrían estar formalmente a cargo de la operación y mantenimiento de la red de aguas lluvias, en coordinación con la Dirección de Obras Hidráulicas, que aportaría con su visión de Cuenca, bajo un estándar técnico de aplicación nacional. Una gestión municipal sería beneficiosa, por ejemplo, desde el punto de vista socio-ambiental, ya que hay un mejor conocimiento de la realidad local al interior de la(s) municipalidad(es) que contienen las áreas urbanas. Una visión centralizada puede llevar a enfrentar parcialmente los problemas de aguas lluvias sin considerar adecuadamente las necesidades de la comunidad.

Tabla 2: Levantamiento de ejemplos internacionales de gobernanza local o por parte de la ciudad en la gestión de aguas lluvias

Ciudad / Región	Entidad Gubernamental	Enfoque de Gobernanza	Referencias
Philadelphia, Portland, Seattle, Syracuse, Chicago, y EE. UU.	Oficina de Servicios Ambientales	Departamento a nivel ciudad que gestiona la infraestructura de aguas lluvias y soluciones verdes	Dhakai y Chevalier, (2016)
Berlín, Alemania	Berliner Regenwasseragentur (empresa municipal)	Gestión a nivel de ciudad	Berlin rainwater agency (n.d.)
Melbourne, Australia	Melbourne Water y Consejos Locales	Gobernanza conjunta entre la autoridad regional del agua y los gobiernos locales	Furlong et al. (2016) van Leeuwen, (2017)
Copenhague, Dinamarca	Municipalidad de Copenhague	Gestión a nivel municipal / ciudad bajo el “Plan de Gestión de Lluvias Torrenciales”	Ziersen et al. (2017)
Tokio, Japón	Oficina de Alcantarillado de Tokio, Gobierno Metropolitano	Gestión a nivel de ciudad	Porse (2013)

Con respecto a la participación de empresas de servicios sanitarios en contratos con el Estado, estos no se han establecido mayoritariamente en Chile producto de que aún no hay un reglamento que defina claramente la participación de estas empresas, ni los correspondientes mecanismos de financiamiento. Si bien esta participación es posible, es fundamental establecer que existen soluciones propias de la gestión de aguas lluvias que no implican su transporte subterráneo y posterior tratamiento, que es la principal actividad de las empresas sanitarias. Por el contrario, muchas de las actividades del drenaje urbano deben ser realizadas superficialmente, velando por la integridad y armonía del territorio y del medio ambiente. Así también el tratamiento de las aguas lluvia es recomendable realizarlo aguas arriba, en el lugar en que se producen, y no aguas abajo, en plantas de tratamiento. Incorporar las aguas lluvias al sistema sanitario solo trae problemas para el transporte y tratamiento del conjunto, produciendo los que se conoce como *descargas de sistemas unitarios* durante las tormentas. En función de estos antecedentes, no parece pertinente definir en particular un tipo de empresa o sector que pueda participar en la gestión de aguas lluvias.

Por último, es relevante notar que la ley no incluye explícitamente la participación del Ministerio del Medio Ambiente en la gestión de las aguas lluvias. Esto se condice con la

carencia de una perspectiva ambiental de la normativa actual. Por otra parte, la Ley 19.300 y el reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA) algo establecen en la materia, puesto que se requiere el sometimiento al SEIA de los “Sistemas de evacuación de aguas lluvias, cuando se interconecten con redes de alcantarillado de aguas servidas que atiendan a una población igual o mayor a diez mil habitantes”; es decir, nuevamente se releva una visión acotada sanitaria, más que integrada ambiental. En general, la marginación del aspecto ambiental es una situación poco común en la realidad internacional comparada. A modo de ejemplo, el modelo computacional más usado en el análisis y diseño de sistemas de drenaje urbano, ampliamente utilizado en Chile en la elaboración de planes maestros de aguas lluvias y diseño de obras, es el EPA-SWMM, desarrollado y mantenido por la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Artículo 2°.- “Para los efectos señalados en el artículo anterior, el Ministerio de Obras Públicas desarrollará planes maestros, en los cuales se definirá lo que constituye la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. Dichos planes serán aprobados por decreto supremo firmado por los Ministros de Obras Públicas y de la Vivienda y Urbanismo.

El resto de las redes, no contempladas dentro de la definición de red primaria, constituirán, por exclusión, la red secundaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Las redes de evacuación y drenaje de aguas lluvias que se construyan serán independientes de las redes de alcantarillado de aguas servidas y no podrán tener interconexión entre ellas. Sin embargo, podrán ser unitarias o tener interconexión entre ellas, cuando la autoridad competente así lo disponga, fundada en un estudio de ingeniería que lo justifique desde un punto de vista técnico”.

El presente artículo promovió el desarrollo de planes maestros los que, entre otras cosas, identifican la red primaria y, por exclusión, la red secundaria. Si bien la ley no establece como preparar estos planes maestros, es pertinente notar que la estructura y orientación de los ya elaborados podría ser redefinida, especialmente teniendo en cuenta la posibilidad de actualizaciones de aquellos que están vigentes. El Manual de Drenaje Urbano del MOP (2013) propone lineamientos de planes maestros con una visión más propositiva al futuro, y con una capacidad de integrar dimensiones sociales y ambientales, juntos con la hidráulica. La definición de la red secundaria como exclusión a lo no definido en la red primaria, no permite un diseño y gestión integral del sistema, más aún considerando que todos los aportes a esta última provienen de la red secundaria y domiciliaria (red por cierto no definida en la Ley actual). En este sentido, los planes maestros podrían definir la red primaria, y sus obras, y dar los lineamientos y condiciones de diseño para las redes secundarias y domiciliarias.

En lo referido al uso de redes o sistemas unitarios, lo establecido por el artículo resulta pertinente. En particular, el uso de estas redes en ciudades localizadas en climas secos puede ser una alternativa a considerar. Sin embargo, tanto en estos lugares como en otras localidades, se debe buscar siempre reducir al máximo la entrada de escorrentía superficial en estas redes, de manera de disminuir la posibilidad de que los caudales entrantes no lleven al colapso de los elementos de conducción (fenómeno conocido como descargas unitarias).

Ahora bien, esta reducción de los volúmenes y caudales de escorrentía es relevante no sólo en lugares con redes unitarias. Es sabido que, incluso cuando hay redes separadas, las aguas lluvias entran en la red de alcantarillado de aguas servidas, principalmente a través de roturas o mediante conexiones irregulares. Por lo tanto, el problema de descargas unitarias está latente, y se debe hacer lo posible por evitarlo. De hecho, fue precisamente este problema el que motivó el desarrollo internacional de las técnicas de drenaje urbano sustentable, las que buscaban reducir los volúmenes y caudales entrantes a las redes unitarias de antiguas ciudades europeas y de Estados Unidos, dado los costos excesivos de otras posibles soluciones, como la separación de las redes o la implementación de conducción y almacenamiento subterráneos. Hoy en día en muchas normas internacionales de drenaje urbano se incluye el concepto de Volumen de Captura para la Calidad del Agua (VCCA), con la idea básica que cada desarrollador urbano se haga cargo de un cierto volumen de las aguas lluvia que precipitan sobre el terreno, manteniendo las condiciones hidrológicas locales del terreno, y minimizando los aportes de escorrentía directa hacia aguas abajo. El VCCA y su control se definen en el Manual de Drenaje Urbano, pero no en la normativa vigente. El paradigma del control en la fuente para reducir volúmenes y caudales de escurrimiento es esencial y compartido por los distintos enfoques de gestión de aguas lluvias en una variedad de países, tal como se resume en la Tabla 3.

Tabla 3: Enfoques de drenaje urbano sustentable adoptados internacionalmente

País / Ciudad	Enfoque o estrategia	Características Clave y Relevancia para Redes Secundarias	Referencias
China	Ciudad Esponja	Utiliza techos verdes, zanjas de infiltración y jardines de lluvia para reducir escorrentías y promover la infiltración. Da prioridad al tratamiento y detención a nivel de sitio antes de que el agua alcance el sistema principal de drenaje	Li y Zhang (2022)
Europa	Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable (SuDS)	Incluyen estanques de retención, zanjas, pavimentos porosos y otras soluciones basadas en la naturaleza. Guiados por la filosofía del “agua de lluvia como recurso”, los SuDS apoyan el control de escorrentías y la reducción de contaminación a escala de barrio o calle.	Woods-Ballard et al. (2015)
Australia (Melbourne)	Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD)	Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD) Integra la planificación urbana con sistemas de bioretención, zonas de infiltración y gestión integrada del ciclo del agua. El WSUD es altamente eficaz a nivel de red secundaria mediante infraestructura distribuida espacialmente.	Fletcher et al. (2015)
Singapur	Programa Aguas Activas,	Transforma canales de hormigón en cauces naturalizados con funciones de retención, infiltración y espacio público. Mejora los	Public Utilities Board (2018)

	Hermosas y Limpias (ABC Waters)	sistemas pluviales a escala barrial con soluciones multifuncionales y respetuosas con el medio ambiente.	
Nueva Zelanda	Diseño de Bajo Impacto (también LID)	Enfatiza la gestión de aguas pluviales in situ mediante planificación territorial y estrategias de ingeniería que minimizan impactos ambientales. Favorece eficazmente la retención y el tratamiento de aguas lluvias a escala local antes de ingresar a redes mayores.	Ministry for the Environment (2004)
Estados Unidos Canadá (Múltiples ciudades)	Desarrollo de Bajo Impacto (LID) o Infraestructura Verde	Incorpora jardines de lluvia, canales y zanjas de pasto, pavimentos permeables, zanjas de infiltración y techos verdes. El LID se enfoca en reducir la impermeabilización a nivel de sitio; la infraestructura verde amplía el enfoque hacia diseños ecosistémicos, ambos contribuyendo significativamente a redes secundarias descentralizadas.	Ishaq et al. (2019)

Artículo 4º.- “Sustitúyase la letra g) del artículo 12 del decreto ley N° 1.305, de 1975, que reestructuró y regionalizó el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, por la siguiente:

"g) Realizar el estudio y proponer la dictación de las normas técnicas nacionales y regionales de infraestructura y de instalaciones domiciliarias de electricidad, gas, teléfonos, pavimentación de vías urbanas y evacuación de aguas lluvias a través de redes secundarias de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias que empalmen con la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, todo ello en concordancia con el respectivo Plan Maestro y con las normas que al respecto dicte el Ministerio de Obras Públicas. Asimismo, le corresponderá la proposición de normas de administración, explotación, conservación y mejoramiento de los servicios de alcantarillado de aguas lluvias, ya sean fiscales, municipales o particulares, así como realizar los estudios y proponer la dictación de las normas técnicas, de diseño, cálculo, construcción, estándares u otros aspectos sobre equipamiento comunitario”.

En el artículo 4 se redefinen las funciones del MINVU, según lo establecido por la Ley de Aguas Lluvias, en cuanto a su participación en la red secundaria. Nuevamente cabe destacar el uso de conceptos como *evacuación y drenaje*, así como también la idea de *alcantarillado de aguas lluvias*. Como ya se mencionó, se sugiere la utilización de un concepto más amplio e integral, como es *gestión*. A esto se agrega el uso del concepto alcantarillado, el cual tiene una clara connotación sanitaria, indicativo nuevamente de una visión de las aguas lluvias como un residuo y no un recurso. Estos conceptos debiesen evitarse en la normativa y reemplazarse por otros más propios de una visión integral del problema, y que consideren el

agua lluvia siempre como un recurso a proteger. Es precisamente en la red secundaria donde más aporte se puede hacer desde el drenaje urbano sostenible. Soluciones como jardines infiltrantes, techos verdes, estanques de retención, pavimentos permeables, zanjas y pozos de infiltración, canales de pasto y elementos abiertos de transporte en vez de cunetas, entre otros, son propias de esta escala, por lo que el uso de conceptos como alcantarillado y evacuación en la ley no contribuyen a la consideración de estas soluciones como una parte integral del sistema de drenaje secundario. El MINVU tubo una interesante iniciativa en este sentido con la publicación en 1996, antes de la Ley 19.525, del manual *Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvia en Sectores Urbanos. Guía de Diseño* (1996), en el cual se proponían muchas de las soluciones de drenaje sostenible para la red secundaria y domiciliaria. Sin embargo, después de publicada la Ley, inexplicablemente el MINVU no ha insistido en estas soluciones y ha promovido el drenaje y evacuación de aguas lluvia mediante sumideros y colectores subterráneos.

Artículo 5°.- “Sustitúyase el inciso primero del artículo 134 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, por el siguiente:

Artículo 134.- Para urbanizar un terreno, el propietario del mismo deberá ejecutar, a su costa, el pavimento de las calles y pasajes, las plantaciones y obras de ornato, las instalaciones sanitarias y energéticas, con sus obras de alimentación y desagües de aguas servidas y de aguas lluvias, y las obras de defensa y de servicio del terreno”.

Nuevamente, y como es la tónica de la ley, se emplean solo conceptos de *desagüe* y *evacuación* para la gestión de aguas lluvias. Las mismas soluciones del drenaje urbano sostenible que se mencionaron anteriormente pueden ser implementadas a escala de urbanización o residencial. La nomenclatura utilizada en la ley debe promover el uso de estas técnicas y no restringirlo como ocurre en la actualidad.

Artículo 6°.- “Los planes maestros y la coordinación de las actividades que señalan los artículos anteriores deben considerar la situación de las cuencas hidrográficas.

Las acciones para evitar la erosión y deforestación serán elementos constituyentes del plan”.

La mención explícita a la situación de la cuenca hidrográfica al momento de elaborar planes maestros y coordinar las actividades del drenaje, no se alinea completamente con la experiencia. Si bien en los planes maestros se identifican cuencas aportantes a distintos puntos de la red, estos han sido elaborados por comuna o por un conjunto de ellas, y aún se requiere de una mayor integración de las grandes cuencas y sus cuerpos de agua en los planes. También es interesante constatar la mención a los problemas de erosión que provocan las aguas lluvias, ya que no son claramente identificados en los planes maestros, y ni las estrategias de modelamiento, ni análisis de los sistemas de drenaje tampoco se están haciendo cargo. Por ejemplo, el modelamiento y análisis se focaliza en el impacto de tormentas de un período de retorno importante, superior a 2 años. Sin embargo, la evidencia muestra que los problemas de erosión en términos relativos se producen justamente con los eventos más pequeños y frecuentes. Una tormenta pequeña en condiciones naturales no produce escorrentía mientras que en condiciones urbanas sin gestión local de las aguas lluvias, si la produce. Por lo tanto, frente a este evento pequeño se pasa de no tener ningún problema de

erosión en los cauces a tenerlo varias veces por año. Cuando cae una tormenta de gran período de retorno, los suelos se saturan y, por ende, las diferencias entre los caudales pre y post urbanización se reducen, lo que se traduce en similares afectaciones desde este punto de vista en las dos condiciones.

En relación con esta materia, es interesante relevar una situación típica y no abordada en el país como lo es la generación de sedimentos desde los sitios donde se construyen viviendas sobre suelos desnudos. Estos sedimentos se producen por la remoción de tierra y otras faenas de construcción. El desarrollo de una urbanización puede significar muchos meses o incluso años, donde, por un lado, se están construyendo constantemente casas y, por el otro, algunos servicios urbanos ya están operativos, entre ellos la red de drenaje y las calles. Esto significa el transporte de muchos sedimentos desde los sitios en construcción hacia aguas abajo, lo que puede llevar a la colmatación de la infraestructura de drenaje, o a otras afectaciones en los cauces. Dado que los planes maestros deben considerar acciones para evitar la erosión, se debe promover y normar el control de sedimentos desde sitios en construcción.

3. OTRAS CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES

Tras haber analizado los artículos de la ley uno a uno, bien vale la pena detenerse en algunas consideraciones adicionales para una futura actualización normativa:

1. El Manual de Drenaje Urbano, publicado más de 15 años después de la ley dedica íntegramente el capítulo 2 a políticas, estándares y planificación del drenaje urbano. En este, se ofrece una visión integral de la gestión del drenaje urbano que debiese ser tomado en consideración en una nueva versión o actualización de la ley. Actualmente, su contenido no está suficientemente implementado debido al poco peso normativo del manual en comparación a la ley, y a la vigencia de planes maestros elaborados anteriormente.
2. Dada la existencia de la Ley de Humedales, se debe velar por su buena integración con lo que se haga en materia de gestión de aguas lluvias urbanas. Frente a esto se recomienda una evaluación permanente del funcionamiento de la norma, de manera de proteger estos sistemas e incorporarlos de la mejor manera posible en el drenaje urbano, mediante una actualización de Ley de Aguas Lluvias.
3. La ley en su estado actual no hace referencia al cambio climático. Desgraciadamente es muy difícil proyectar cambios en las precipitaciones para duraciones cortas (menores a 1 día), las cuales son relevantes para el drenaje urbano, por lo que la incorporación del fenómeno en el diseño de infraestructura no es simple. Frente a esto, es crucial considerar la existencia del fenómeno en la legislación y mencionar que se debe velar por incorporarlo de la mejor manera posible en la gestión de aguas lluvias, promoviendo soluciones adaptativas y no estructurales, así como el uso de la red de drenaje natural, infraestructura verde y obras multipropósito.
4. Es pertinente también indicar la importancia de la planificación urbana y de la protección ambiental en lo referido a la participación de otros organismos del estado en el drenaje urbano. Desde este punto de vista, debiese considerarse eventualmente al Ministerio de Medio Ambiente y al Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Adicionalmente se debe explicitar la necesidad de que la planificación territorial y los Planes Reguladores Comunales integren los planes maestros de aguas lluvias, y que estos deban someterse a una evaluación ambiental estratégica.

5. Parece pertinente incorporar alguna mención en la legislación sobre el potencial uso de las aguas lluvias, teniendo en cuenta la experiencia reciente con la elaboración e implementación de la Ley N° 21,075 (2018) que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises, y su correspondiente reglamento (Decreto N°40). Más aún, el artículo 10 del Código de Aguas establece que las aguas pluviales caídas o recogidas en un predio de propiedad particular corresponden al dueño de éste, mientras corran dentro de su predio o no caigan a cauces naturales de uso público. Desde el punto de vista normativo, parece entonces posible fomentar la captura y reúso de aguas pluviales para usos no potable en la red domiciliaria.
6. Se debe además incorporar el vínculo de la temática con la Ley 21.364 relacionada con la prevención y respuesta ante desastres, donde se establece la participación de la DOH en lo referido a inundaciones que ocurren en la red primaria.
7. La Ley N° 19.525 actualmente no cuenta con un reglamento oficial. Desde el punto de vista normativo, esto es relevante pues su inexistencia dificulta la aplicación de la ley. La discusión histórica sobre el posible reglamento se centró más bien en el financiamiento de la red de drenaje, y en particular los colectores, sin lograrse promulgar una versión final. El tema del financiamiento es central, y debe ser abordado; sin embargo, otros aspectos técnicos son igual de relevantes y deben también ser incluidos. En este sentido, parece razonable la elaboración de un reglamento que robustezca el peso normativo del Manual de Drenaje Urbano, y que promueva su periódica actualización (cada 5 años, por ejemplo).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento de los centros de investigación CEDEUS (ANID FONDAF 1523A0004) y CIGIDEN (ANID FONDAF 1523A0009) y del proyecto FONDECYT 11241163. Parte de los autores son miembros de distintas mesas de trabajo o grupos de discusión relacionados con las temáticas de aguas urbanas en general, y aguas lluvias en particular. Se agradece el aporte de la Mesa de Gestión de Aguas Lluvias del Colegio de Ingenieros, y el Grupo de Aguas Urbanas de CONAPHI-Chile

REFERENCIAS

- Berlin Rainwater Agency. (n.d.). *Interlace Hub*. Retrieved from <https://interlace-hub.com/berlin-rainwater-agency>
- Booth, D. B., & Jackson, C. R. (1997). Urbanization of aquatic systems: Degradation thresholds, stormwater detection, and the limits of mitigation. *Journal of the American Water Resources Association*, 33(5), 1077–1090.
- Burns, M. J., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., Ladson, A. R., & Hatt, B. E. (2005). Catchment-scale impacts of urban stormwater on stream hydrology and water quality. *Environmental Management*, 39(5), 599–609.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568.
- Dhokal, K. P., & Chevalier, L. R. (2016). Urban stormwater governance: The need for a paradigm shift. *Environmental Management*, 57, 1112-1124.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.L. and Mikkelsen, P.S. & Viklander, M. (2015). SUDS,

- LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542.
- Furlong, C., De Silva, S., Guthrie, L., & Considine, R. (2016). Governance of integrated urban water management in Melbourne, Australia. *Utilities Policy*, 43, 48–58.
- Göbel, P., Dierkes, C., & Coldewey, W. G. (2007). Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology*, 91(1–2), 26–42.
- Ishaq, S., Hewage, K., Farooq, S., & Sadiq, R. (2019). State of provincial regulations and guidelines to promote low impact development (LID) alternatives across Canada: Content analysis and comparative assessment. *Journal of Environmental Management*, 235, 389-402.
- Jones, M. P., Hunt, W. F., & Winston, R. J. (2010). Effect of urban catchment composition on runoff temperature. *Journal of Environmental Engineering*, 136(7), 697–708.
- Leopold, L. B. (1968). *Hydrology for urban land planning – A guidebook on the hydrologic effects of urban land use*. U.S. Geological Survey Circular 554.
- Ley N° 19.525 (1997). Regula sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. D.O. 24.10.1997. Recuperado de <http://bcn.cl/2et48>
- Li, F., & Zhang, J. (2022). A review of the progress in Chinese sponge city programme: Challenges and opportunities for urban stormwater management. *Water Supply*, 22(2), 1638–1651. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.327>
- Ministry for the Environment. (2004). *Stormwater Management Devices: Design Guidelines Manual*. Wellington, New Zealand.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2013). *Manual de Drenaje Urbano*. Dirección de Obras Hidráulicas, Chile.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (1996). *Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño*. Chile.
- National Research Council. (2009). *Urban Stormwater Management in the United States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nelson, K. C., & Palmer, M. A. (2007). Stream temperature surges under urbanization and climate change: Data, models, and responses. *Journal of the American Water Resources Association*, 43(2), 440–452.
- Novotny, V. (2003). *Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management*. John Wiley & Sons.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365.
- Porse, E. C. (2013). Stormwater governance and future cities. *Water*, 5(1), 29-52.
- Public Utilities Board. (2018). *ABC Waters Design Guidelines* (4th ed.). Singapore: Public Utilities Board.
- Roy, A. H., Wenger, S. J., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., Ladson, A. R., Shuster, W. D., Thurston, H. W., & Brown, R. R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: Lessons from Australia and the United States. *Environmental Management*, 42, 344–359.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (2003). *Protecting Water Quality from Urban Runoff*. EPA 841-F-03-003.
- van Leeuwen, C. J. (2017). Water governance and the quality of water services in the city of Melbourne. *Urban Water Journal*, 14(3), 247–254.
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan II, R. P. (2005). The urban stream syndrome: Current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706–723.
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., & Shaffer, P. (2015). *The SuDS Manual* (C753). CIRIA.
- Ziensen, J., Clauson-Kaas, J., & Rasmussen, J. (2017). The role of Greater Copenhagen Utility in implementing the city's Cloudburst Management Plan. *Water Practice & Technology*, 12(2), 338–343.