



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

TECHOS Y MUROS VEGETATIVOS EN CHILE:

Propuesta de política pública basada en I+D para la
implementación de techos y muros vegetativos en Chile



Sergio Vera
Margareth Viecco
Aldo Rojas
Waldo Bustamante

6. PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO



Avenida Tobalaba. Ñuñoa, Santiago

En este capítulo se presenta una propuesta de contenido de política pública para el desarrollo de techos y muros vegetativos en la Región Metropolitana de Santiago (RM) en un contexto de calentamiento global y escasez hídrica y para avanzar sostenidamente hacia la carbono neutralidad y en el mejoramiento de la calidad del aire de urbes como Santiago. El análisis de las políticas públicas en diversas ciudades del mundo que se muestra en el Capítulo 5, permite concluir que su desarrollo e implementación para fomentar los techos y muros vegetativos ha tenido éxito, ya que donde se han aplicado la superficie de techos y muros vegetativos ha aumentado significativamente. Además, el Capítulo 5 permite concluir que:

- Las políticas públicas por ciudad o país suelen apuntar a uno o algunos pocos objetivos específicos, asociados a uno o más beneficios ecosistémicos que provee la infraestructura verde.
- Los mecanismos más utilizados de políticas públicas corresponden a (i) subsidios para el financiamiento del desarrollo e implementación de estas tecnologías en las ciudades, (ii) incentivos que permiten incrementar la superficie edificada o acelerar la tramitación de proyectos que incorporen techos y muros vegetativos, y (iii) regulaciones que exigen una superficie mínima de techos y muros vegetativos en edificaciones públicas y privadas, nuevas o existentes.

Existen experiencias exitosas de la implementación de políticas que contribuyen al uso de estas tecnologías para favorecer a la mitigación de los problemas socioambientales en distintas ciudades del mundo y que varían dependiendo de la realidad local. Por ello el primer paso para plantear una política pública que incentive el desarrollo de techos y muros vegetativos es definir el o los propósitos que se pretenden conseguir con ella. A continuación, se analizan algunos aspectos claves de la RM que dan luces sobre el objetivo u objetivos que debería contener una política pública que incentive los techos y muros vegetativos. Aunque el análisis se acota a la RM, aplica a otras regiones y ciudades que tienen problemáticas similares y clima árido, semiárido o Mediterráneo.

6.1. Antecedentes para definir objetivos de una propuesta de política pública

Contaminación atmosférica

Uno de los principales problemas ambientales del país es la contaminación del aire. En Chile, en el año 2017, 3.494 personas murieron prematuramente por enfermedades cardiopulmonares asociadas a la exposición crónica de MP_{2,5} (MMA, 2018), lo cual además puede vincularse con enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y respiratorias.

Este problema ha sido abordado con planes de descontaminación, el que incluye la compensación de emisiones con el incremento de áreas vegetales, lo cual podría complementarse con la instalación de cubiertas vegetativas en las envolventes de edificios, aprovechando el potencial de captura de partículas suspendidas en la atmosfera que posee la vegetación.

Eficiencia energética y carbono neutralidad sector inmobiliario

La operación de los edificios es responsable del consumo del 30% de energía total consumida y de generar el 28% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (United Nations Environment Programme, 2020). En Chile, este sector es responsable del 22% del total de energía consumida (Comisión Nacional de Energía (CNE), 2019) y 23%⁵ de las emisiones de gases de efecto invernadero (CChC, 2019). Por esta razón, la eficiencia energética de los edificios es clave para disminuir las emisiones de gases efecto invernadero, avanzar fuertemente hacia la carbono neutralidad, y así poder reducir la magnitud del calentamiento global y el cambio climático y sus efectos en nuestra sociedad.

⁵ Este valor de emisiones debería ser mayor al 30% ya que la estimación fue realizada sin contabilizar algunas emisiones indirectas relevantes de los edificios.

Calentamiento de las ciudades, escasez hídrica y aguas grises

Por otro lado, el efecto de isla de calor urbana (ICU) es un fenómeno que se ha estudiado en Santiago y se han encontrado diferencias en la temperatura nocturna de hasta 9°C y un incremento en la magnitud y extensión de ICU diurna en los veranos desde 2014 a 2017 (Montaner-Fernández et al., 2020). Además, las olas de calor se han incrementado en Chile y en la RM últimamente, provocando serias consecuencias en la salud de las personas. Más aún, las olas de calor han causado miles de muertes en diversas regiones del mundo. Por ejemplo, olas de calor en Europa en 2003 causaron 70 mil muertes, mientras que en 2010 ocasionaron 50 mil muertes en Rusia y Europa del Este (Barriopedro et al., 2011). Por otro lado, este aumento de temperatura de la ciudad, y especialmente en climas áridos y semiáridos como el de la RM, podrán generar un incremento en el consumo de energía de los edificios por el uso de aire acondicionado.

Los techos y muros vegetativos permiten reducir estos incrementos de temperatura debido a los efectos de evapotranspiración y sombreado que provoca el sistema planta-sustrato y la capa de follaje, respectivamente. Sin embargo, en climas semiáridos como el de Santiago de Chile, el riego se vuelve esencial para el éxito en un techo y muro vegetativo. En estos climas se utilizan principalmente especies con metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés), que se caracterizan por optimizar los procesos de transpiración, cerrando los estomas en los períodos de mayor radiación solar y altas temperaturas, evitando grandes pérdidas de agua a través de estas estructuras anatómicas. En otras palabras, realizan una separación temporal en las reacciones dependientes de la luz y el uso del CO₂ en el ciclo de Calvin, tal que por la noche abren los estomas y permiten el ingreso de CO₂, que se almacena como malato u otro ácido orgánico y, posteriormente, durante el día, mientras los estomas permanecen cerrados, el malato se descompone para liberar CO₂ que ingresa al ciclo de Calvin. Por otro lado, la mayoría de las plantas (cerca del 85% de las especies) posee la vía metabólica llamada C3. Estas plantas no poseen mecanismos de adaptación para reducir la fotorrespiración, es decir, son aquellas plantas que abren los estomas durante el día, fijando el CO₂ directamente al ciclo de Calvin y, por

ende, siendo capaces de transpirar en los horarios diurnos. Estas plantas pueden ayudar a enfriar el ambiente debido al aumento de la evapotranspiración en los horarios de mayor requerimiento.

Junto con lo anterior, la escasez hídrica es un problema que crece a nivel mundial. Según el reporte elaborado por el Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas (SNU) en Chile (2021), en Chile existen zonas del centro-norte que se encuentran con graves problemas de escasez hídrica. Este problema se explica por una combinación de factores climáticos, normativos y de gestión, y se identifican siete dimensiones: (1) los efectos del cambio climático, (2) las presiones de las actividades productivas y/o de extractivas, (3) una brecha de gestión de recursos hídricos, (4) una infraestructura inadecuada para enfrentar la escasez hídrica, (5) las limitaciones del marco legal actual, (6) la dispersión institucional en la toma de decisiones que obstaculiza la coordinación y (7) la disponibilidad y uso limitado de datos para la toma de decisiones.

El desafío bajo este contexto de escasez hídrica es lograr un enfriamiento adecuado de techos y muros vegetativos, para lo cual es crucial contar con irrigación, que en la actualidad es mayoritariamente agua potable, lo cual no es sustentable. En el futuro cercano podría haber restricciones al uso de agua potable para irrigación de techos y muros vegetativos, tal como ya existen restricciones en algunas comunas de la RM para el riego de jardines. Aquí surge como una alternativa el uso de aguas grises para irrigar techos y muros vegetativos, así como también otras áreas verdes.

Las aguas residuales se clasifican en aguas negras (que contienen materias fecales y altos contenidos de materia orgánica), aguas grises (producidas por usos del hogar, incluyen baño, lavabo y duchas, agua proveniente del uso de lavadoras y aguas residuales de la cocina), y finalmente, aguas claras (que provienen del goteo de compresores de refrigeradores, agua que no se utiliza mientras se calienta el agua de uso doméstico y el agua que condensa del aire acondicionado) (Mahmoudi et al., 2021).

Las aguas grises representan entre el 43 y el 70% del volumen total de aguas residuales domésticas (Radingoana et al., 2020). En Chile, según cifras del SERNAC (2003), una familia de 5 personas consume diariamente en promedio 835 litros, de los cuales, 380 litros corresponden a duchas, aseo en lavatorios, preparación de comida y lavado de vajilla, lo que se traduce en un 45% de las aguas residuales domésticas en el país.

Actualmente en Chile la Ley 21.075 “Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises” con fecha de promulgación 1 de febrero de 2018 y fecha de publicación 15 de febrero de 2018 (Diario Oficial de Chile, 2018). Esta ley define las aguas grises como “*aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras*” (Ley 21-075, Artículo 2). Por otro lado, el Artículo 8 señala los usos que podrán tener las aguas grises listando los siguientes:

- Urbanos. En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
- Recreativos. Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
- Ornamentales. En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- Industriales. Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
- Ambientales. Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Sumado a lo anterior, la búsqueda de la sostenibilidad para la ciudad de Santiago se alinea con los objetivos del proyecto Sé Santiago Smart City de Corfo que impulsa el emprendimiento y la innovación de base tecnológica para ofrecer soluciones de ciudad en materias de movilidad, seguridad, medio ambiente y recursos habilitantes. Uno de los proyectos emblemáticos que forma parte de la hoja de ruta de Sé Santiago es el consorcio del agua. Además, desde el 3 de marzo de 2022, en el marco del Plan Regional

Metropolitano contra la crisis climática, la ciudad de Santiago se une a la alianza de ciudades líderes en la acción contra el calor extremo, que busca hacer frente a las creciente frecuencia e intensidad de las olas de calor que afectan a las ciudades.

Por lo tanto, la propuesta de política pública que se plantea a continuación tiene el propósito de fomentar los techos y muros vegetativos con los objetivos de enfriar las ciudades (mitigar efecto isla de calor y olas de calor) para mejorar su resiliencia frente al calentamiento global y cambio climático, capturar material particulado y otros contaminantes del aire para mejorar la calidad del aire urbano, y/o reducir el consumo de energía de edificios para avanzar hacia la carbono neutralidad del sector inmobiliario. Estos beneficios ecosistémicos tienen directo impacto en la calidad de vida de los ciudadanos reduciendo riesgos de salud y mejorando confort al interior de edificios y en el ambiente urbano.

6.2. Contenido de una propuesta de política pública para fomentar techos y muros vegetativos

Generalidades

Santiago es la capital de Chile y de la RM y es el mayor núcleo urbano del país. Es considerada la quinta área metropolitana de Hispanoamérica. Dentro de las áreas urbanas más grandes del mundo ocupa el lugar 59 de 985 (Demographia, 2021). Ha sido definida como la tercera mejor ciudad Latinoamericana para vivir en 2019 (AméricaEconomía, 2019).

Su clima ha sido definido como Mediterráneo, aunque en la actualidad es un clima que está pasando de semi-arido a -arido. Predomina una estación seca prolongada de 7 a 8 meses, con precipitaciones principalmente en invierno. Entre los meses de mayo y agosto se registra el 80% de las precipitaciones del año (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s. f.). La temperatura promedio en verano es de 22,1 °C y en invierno de 7,7 °C, con un

promedio anual normal de precipitaciones de 356,2 mm, las cual se han reducido significativamente en los últimos años.

La RM cubre un área de 15.403 km² siendo el área más habitada del país con una población de 7.112.808 habitantes en 2017 (INE, 2018) y con una proyección de crecimiento de más de 1.500.000 a 2035 (INE, 2019).

Motivación y objetivos de la propuesta

Las tres principales motivaciones que sustentan la propuesta de política pública son: (i) ahorro de energía en edificios, (ii) resiliencia frente al calentamiento global, y (iii) mejora de la calidad del aire urbano.

Objetivo

Establecer los principales lineamientos para el desarrollo de política pública sobre la implementación de techos y muros vegetativos en la Región Metropolitana de Santiago, el cual se puede extender a otras ciudades y regiones con similares características climáticas.

Contexto nacional y actual

Considerando que:

- El artículo 8º de la Constitución Política de la República de Chile define “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar por que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.
- En la Constitución Política de la República de Chile se garantizará el derecho de propiedad de bienes, conociendo las obligaciones que deriven de su función social, por lo que se incluye la conservación del patrimonio ambiental.
- La Ley 21.075 “Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises” con fecha de promulgación 1 de febrero de 2018 y fecha de publicación 15 de febrero de 2018 (Diario Oficial de Chile, 2018), que permite el uso de aguas grises para irrigación de áreas verdes.

- La modificación del artículo 2.6.3. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones que busca que el 75% de la superficie de techo se destine a terrazas, vegetación, piscinas, paneles solares, entre otros, tal que solo el 25% del techo contenga salas de máquinas, salidas de cajas de escaleras, chimeneas, estanques y otros.
- La norma chilena NCh3626:2020 “Techos verdes – Terminología, clasificación y requisitos”.
- La creciente problemática de contaminación atmosférica en la ciudad principalmente en épocas de invierno.
- El actual plan de descontaminación que incluye la compensación de emisiones con el incremento de áreas verdes.
- Los múltiples beneficios ambientales del uso de techos y muros vegetativos, destacando: el mejoramiento de la calidad del aire, el ahorro de energía en edificios y el enfriamiento del aire urbano.
- La posibilidad de aprovechamiento de una gran parte de las superficies de las envolventes de edificaciones para el incremento de áreas verdes.
- Durante los últimos veranos se han registrado las temperaturas más altas en los últimos 100 años, junto a sucesivas olas de calor que afectan las principales urbes nacionales.

¿Qué se propone?

Se propone promover el uso de techos y muros vegetativos a través de diversos instrumentos públicos, se establecen cuatro subcategorías para el contenido de una política pública de techos y muros vegetativos integral y que se adapte a las tres motivaciones. Las subcategorías son las siguientes:

- Regulaciones
- Financiamiento
- Incentivos
- Información y educación

La Tabla 6.1 muestra en qué subcategoría se encuentran las principales propuestas a incluir en una política pública sobre techos y muros vegetativos para la RM.

Tabla 6.1. Subcategorías de las principales propuestas a incluir en una política pública sobre techos y muros vegetativos para la RM

Propuestas	Subcategorías			
	Regulación	Financiamiento	Incentivo	Información y educación
Mínimo de superficie de techos y muros vegetativos por proyecto y tipo de edificación	x			
Entidades públicas municipales estén mandatadas a transformar sus espacios implementando infraestructura verde de manera gradual	x			x
Uso de especies que permitan capturar material particulado	x			x
Uso de aguas grises para riego de techos y/o muros vegetativos	x			x
Cofinanciamiento de costos de proyectos		x		
Tasas preferentes en créditos para proyectos con techos y/o muros vegetativos		x		
Reducción de cobro por servicios de agua potable y alcantarillado para proyectos con techos y/o muros vegetativos	x	x		
Reducción impuestos	Contribuciones		x	
	Aseo y Ornato		x	
Aumento m ² totales a construir en proyectos con techos y/o muros vegetativos			x	
Agilidad y prioridad procesos administrativos para proyectos con techos y/o muros vegetativos	x		x	
Guía de diseño para techos y muros vegetativos para la RM				x
Proyectos piloto basados en ciencia		x		x

Para implementar estas políticas públicas hay que definir umbrales para cada política tanto en lo que se solicitará y el incentivo, subsidio u otro aspecto. Por ejemplo, en reducción de

contribuciones se deberá definir para que tipos de propietarios y edificios, superficie mínima de techo y/o muro vegetativo para optar al beneficio, y cuál será el porcentaje de reducción de las contribuciones.

Las propuestas presentadas en la Tabla 6.1 deben ser aplicadas de manera gradual y se debe realizar una medición y/o cuantificación de los beneficios socioambientales para evaluar el real impacto de estas tecnologías.