



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

5. POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN EL MUNDO



Techo vegetativo Parque Titanium

Numerosos estudios han mostrado los beneficios de la infraestructura verde urbana, incluyendo techos y muros vegetativos. Sin embargo, los costos de instalación de estas infraestructuras pueden ser altos y, muchas veces a nivel financiero, los beneficios de los techos y muros vegetativos pueden no compensar los costos directos de su implementación. No obstante, los beneficios socioambientales que generan los techos y muros vegetativos son cuantiosos, pero lamentablemente no suelen ser cuantificados. Por esta razón, es importante el desarrollo de políticas públicas que contengan un conjunto de instrumentos regulatorios, financieros, de incentivo y comunicacionales que fomenten la implementación de techos y muros vegetativos para lograr los importantes beneficios socioambientales a partir de su implementación.

El estudio de Zhang & He (2021) señala que los principales promotores para la implementación de techos vegetativos son:

- **Presión política**, que incluye políticas obligatorias o voluntarias, regulaciones, guías, estándares o iniciativas.
- **Presión del mercado**, demanda de los clientes, premios o certificaciones y beneficios económicos como ingresos, subsidios, incentivos fiscales, programas de préstamo, entre otros.
- **Innovación y avances tecnológicos**.

Este capítulo presenta una clasificación de las políticas públicas para el desarrollo de techos y muros vegetativos, así como una síntesis de las políticas públicas existentes en países seleccionados.

5.1. Clasificación de las políticas públicas para fomentar los techos y muros vegetativos

En un reciente estudio desarrollado por Liberalesso et al. (2020) se identificó y analizó las políticas de incentivos utilizadas en diversas municipalidades de 113 ciudades en 19 países para promover la instalación de infraestructura verde urbana, incluyendo techos y muros

vegetativos. Estas políticas se clasificaron en seis categorías diferentes: reducciones de impuestos, financiamientos, permisos de construcción, certificaciones de sustentabilidad, obligaciones por ley y agilidad en los procesos administrativos.

De acuerdo con el análisis realizado por Liberalesso et al. (2020), en términos generales, las políticas de incentivos están fuertemente concentradas en Europa y Norteamérica, acumulando el 49,6% y 28% del total de incentivos estudiados, respectivamente. Mientras que en Asia se concentra el 13,3% y Sudamérica solo un 9,1% de las políticas de incentivos analizados. Además, estas políticas de incentivos están enfocadas en techos vegetativos o la combinación de techos y muros vegetativos, pero no se encontraron políticas de incentivos exclusivas para muros vegetativos.

A continuación, se resumen las categorías de clasificación de las políticas de incentivos de acuerdo con el trabajo de Liberalesso et al. (2020):

- 1. Reducción de impuestos:** se subdivide en tres puntos. En primer lugar, una reducción de impuestos de propiedad, que corresponde al pago anual que debe realizar un propietario al gobierno local para apoyar el mantenimiento de los servicios públicos. En segundo lugar, una reducción en la tarifa de agua pluviales, que es un impuesto que se cobra de acuerdo con la superficie impermeable para el manejo de aguas lluvias. En tercer lugar, otras reducciones de impuestos como impuestos por alcantarillado, alumbrado público, barrido y limpieza, entre otros.
 - *Reducción en impuestos de propiedad.* Es el incentivo más común utilizado en Sudamérica (31% de los incentivos presentes en Sudamérica). En Salvador (Brasil), la reducción del impuesto es entre 5 a 10% anualmente. En Norteamérica, Ciudad de México ofrece una reducción del impuesto de propiedad que varía entre 10 y 25% dependiendo del tipo de techo vegetativo, mientras que, en Nueva York (NY, Estados Unidos), se promueve el uso conjunto de paneles solares y techos vegetativos y se ofrece una reducción de impuestos

por un año o una exención fiscal de 48,44 US\$/m² construido con techos vegetativos y paneles solares (Liberalesso et al., 2020).

- *Reducción en la tarifa de aguas pluviales.* Este incentivo se observó en Norteamérica y Europa, en ciudades estadounidenses como Mineápolis (MN), Portland (OR), Washington D.C. y Nashville (TN), donde se alcanza un descuento desde el 55% al 100% en el pago de la tarifa de aguas pluviales. En Alemania, ciudades como Hannover, Hamburgo y Múnich aplican descuentos desde el 50 al 100% en el pago de la tarifa (Liberalesso et al., 2020).
- *Otras reducciones de impuestos.* En Argentina, la ciudad de Buenos Aires estableció la Ley 4428/2012 que promueve la instalación de techos vegetativos en la ciudad y regula una reducción de hasta un 20% en impuestos de iluminación, barrido y limpieza. Por su parte, Indianápolis (IN, Estados Unidos) ofrece una disminución en las tarifas de permisos. Port Coquitlam (BC, Canadá) permite dejar exentos a los propietarios de impuestos municipales si el proyecto cumple con ciertas condiciones. En Venecia (Italia), si el techo vegetativo cubre más del 80% de la superficie disponible de techo se reduce hasta un 20% en el cobro de las tasas de permisos (Liberalesso et al., 2020).

2. Financiamiento: incluye subsidios y reducción de la tasa de interés. Los subsidios o incentivos del gobierno es una forma de apoyo financiero, generalmente en forma de pago en efectivo, mientras que la reducción de la tasa de interés corresponde a un préstamo financiero con una tasa de interés reducida que se proporciona a los propietarios de edificios. En Europa, el 85% de los incentivos corresponde a subsidios para proyectos de edificios que tengan techos vegetativos. Por otro lado, en Sudamérica no se encontraron incentivos de financiamiento.

- *Subsidios.* Corresponden a la política de incentivos más popular en el mundo, abarcando el 53% de los casos analizados por Liberalesso et al. (2020). La obtención de los subsidios para proyectos que contemplan techos vegetativos

tiene ciertos requerimientos que varían de un país a otro y de una ciudad a otra en un mismo país. Algunos de los principales requerimientos son:

- Área mínima de techo vegetativo. En Países Bajos varía entre los 6 m² en ciudades como Groninga, Hengelo y Leeuwarden hasta 30 m² en Nimega.
- Espesor del sustrato. En Fráncfort, Hamburgo y Stuttgart (Alemania) se especifica un espesor mínimo entre 8 y 12 cm.
- Coeficiente de descarga. En Düsseldorf (Alemania) se requiere un valor mínimo de 0,3.
- Mínima capacidad de retención de agua. En Almelo, Hengelo y Bolduque (Países Bajos) se requiere una retención de agua de al menos entre 15 y 30 L/m².
- Años que se debe mantener el techo vegetativo. Por ejemplo, algunas ciudades europeas indican que, para acceder a los beneficios de subsidios, el dueño de la edificación deberá mantener y preservar el techo vegetativo por un período mínimo que varía entre 5 y 10 años.

De las 113 ciudades analizadas por Liberalesso et al. (2020), 76 ofrecen incentivos financieros para techos vegetativos y 64 de ellas especifican el valor por m² de infraestructura verde construida.

- *Reducción de la tasa de interés.* Este incentivo se observó en ciudades como San Francisco (CA, Estados Unidos) donde se puede financiar el 100% de los costos de techo vegetativo con tasas fijas. En Berlín y Colonia (Alemania) es posible acceder a fondos estatales para la instalación o reemplazo de techos vegetativos con préstamos a bajo interés. En Nagoya (Japón) se puede obtener préstamos hipotecarios con descuentos del 0,1 al 0,2% en bancos nacionales para la implementación de techos vegetativos (Liberalesso et al., 2020).

3. Permisos de construcción: esta iniciativa permite aumentar el área de construcción por sobre el límite permitido por las normas municipales siempre que el aumento sea compensado con estructuras permeables como la infraestructura verde.

Ciudades como Canoas y Porto Alegre (Brasil) consideran los techos vegetativos como medidas compensatorias a áreas altamente impermeabilizadas. En otras ciudades como Austin (TX) y Portland (OR) en Estados Unidos se puede aumentar el área edificable por cada metro cuadrado de techo vegetativo que incorpore a la edificación (Liberalesso et al., 2020).

- 4. Certificaciones de sustentabilidad:** corresponden a programas voluntarios que promueven las prácticas sostenibles de construcción y la mitigación de los impactos ambientales asociados. Ciudades como Boston (MA), Chicago (IL), Los Angeles (CA) y Seattle (WA) en Estados Unidos y Vancouver (BC) en Canadá adoptan requerimientos de la certificación LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) asociados a la infraestructura verde. En ciudades como Río de Janeiro (Brasil), Nagoya (Japón), y países como China, Singapur y Portugal han desarrollado certificaciones a niveles municipales y nacionales (Liberalesso et al., 2020).

- 5. Obligaciones por ley:** son la segunda política más popular en el mundo, abarcando el 15% de los casos analizados por Liberalesso et al. (2020). En ciudades como Guarulhos (Brasil) los nuevos edificios con más de tres plantas deben incluir techos vegetativos. En Recife (Brasil) y Córdoba (Argentina) aquellos edificios que cubran un área mayor a 400 m² deberán incluir techos vegetativos. En Port Coquitlam (BC, Canadá) los edificios que tengan más de 5.000 m² deberán tener una cobertura de al menos 75% de techos vegetativos. En Toronto (ON, Canadá) se exige que los techos vegetativos cubran entre el 20 y el 60% del área de la azotea dependiendo de la superficie bruta del edificio. En Guangzhou (China) se exige techos vegetativos en todos los nuevos edificios públicos de gran escala. Otras ciudades chinas también adoptaron medidas similares, tales como, Hangzhou, Shanghai y Shenzhen (Liberalesso et al., 2020).

6. Agilidad en los procesos administrativos: esta medida permite disminuir los tiempos administrativos y dar prioridad a los procesos de proyectos de construcción sustentables. En Río de Janeiro (Brasil), los proyectos que obtienen la certificación municipal “*Qualiverde*” obtienen prioridad en los procesos de permisos. Otro ejemplo es Devens (MA, Estados Unidos) que disminuye los tiempos para aprobar los proyectos sustentables (Liberalesso et al., 2020).

De esta forma, es posible observar que las políticas de incentivos son variadas y responden a contextos propios de cada ciudad y país. Sin embargo, las principales motivaciones u objetivos de las distintas partes interesadas para la implementación de techos y muros vegetativos son (adaptado de Zhang & He, 2021):

- Eficiencia energética.
- Mitigación del efecto isla de calor.
- Resiliencia de las ciudades a las olas de calor.
- Prolongación de la vida útil del techo.
- Mitigar la contaminación del aire urbano.
- Control de escorrentía.
- Tratamiento de aguas grises.
- Mejoramiento de la infraestructura urbana.
- Reducción del ruido y aislación del sonido.
- Incremento de la biodiversidad.
- Fines recreativos y estéticos.
- Aumento del valor de la propiedad.
- Promover el empleo y emprendimientos.

En el ámbito chileno, cabe destacar que la norma NCh3626:2020 “Techos verdes – Terminología, clasificación y requisitos” establece que:

“Por medio del fomento y la regulación de construcciones de techos verdes se busca contribuir a la generación de beneficios en distintos ámbitos, lo que representa un aporte significativo para el mejoramiento de la calidad de vida en la ciudad. Algunos de los beneficios esperados son:

- Colaborar en la reducción del efecto isla de calor.*
- Mejorar el control de la escorrentía mediante la absorción y retención de aguas lluvias.*
- Aportar en la reducción de la contaminación atmosférica, por captación del material particulado.*
- Contribuir a la reducción de consumo de energía en climatización de las edificaciones.*
- Generar plusvalía en las edificaciones e infraestructura urbana.*
- Favorecer la restauración del hábitat y la biodiversidad local.*
- Aportar a la integración social y el bienestar, desde el punto de vista terapéutico.”*

Sin embargo, no está claro a través de esta norma cómo diseñar, ejecutar y mantener techos vegetativos que cumplan estos beneficios ni qué deben hacer mandantes, proyectistas y constructores para impulsar infraestructura verde que asegure el cumplimiento de uno o más de estos beneficios ecosistémicos. Aquí, cumplen un rol clave las políticas públicas ya que son basadas en propósitos específicos como control de escorrentías, captura de contaminantes del aire urbano, entre otros, y por lo tanto promueven a realizar diseños que cumplan los objetivos definidos por la política pública facilitando que mandante, servicios públicos, diseñadores y constructores se alineen en cumplir uno o más objetivos específicos.

A modo de resumen, la Tabla 5.1 muestra las principales motivaciones u objetivos de distintas ciudades y países del mundo con respecto a la implementación de techos vegetativos.

Tabla 5.1. Motivaciones para la implementación de techos vegetativos en el mundo. [(a) Control de escorrentía pluvial (b) Promover la biodiversidad (c) Ahorro de energía en los edificios (d) Promover la agricultura urbana (e) Reducir el efecto isla de calor (f) Promover estética urbana (*skyrise greening*) (g) Generar espacios públicos de comodidad (h) Mejorar la calidad del aire]. Actualizado de Viecco et al. (2018).

| País | Ciudad | Motivación u objetivo | Fuentes |
|----------------|---------------|-----------------------|---|
| Alemania | Düsseldorf | a | (Baykal, 2012; Umweltamt City of Düsseldorf, 2022) |
| | Berlín | a, e | (Berlin.de Newsletter, 2016; Smart City Berlin, 2020) |
| | Stuttgart | a, e, h | (Landeshauptstadt Stuttgart, 2021a, 2021b) |
| | Múnich | b, c, e | (Landeshauptstadt München, 2020; Referat für Stadtplanung und Bauordnung Landeshauptstadt München, 2012) |
| | Münster | a | (Lawlor et al., 2006) |
| Argentina | Buenos Aires | a, b, c, e, g | (Ciudad de Buenos Aires, 2018; Ferraro, 2012; Lawlor et al., 2006) |
| Australia | Melbourne | a, b, c, d, e, g | (DEPI, 2014) |
| | Sídney | b, c, d, e, f, g, h | (Council's Green Roofs and Walls Technical Advisory Panel, 2022) |
| Canadá | Montreal | c, d | (Lawlor et al., 2006) |
| | Toronto | a, e, h, b | (Borooah, 2011; City Planning Division City of Toronto, 2017) |
| | Vancouver | a, e, g | (Lawlor et al., 2006; The Star, 2018) |
| | Waterloo | a, b, c, d, e, g, h | (Lawlor et al., 2006; The City of Waterloo, 2004) |
| Chile | | a, b, c, e, f, g, h | (Instituto Nacional de Normalización, 2020) |
| Dinamarca | Copenhague | a, b | (Baykal, 2012) |
| Estados Unidos | Chicago | a, e, f, h | (Baykal, 2012; City of Chicago, s. f.; City of Chicago: City Plan Commission, 2008) |
| | Filadelfia | a, b, c, e, h, g | (Philadelphia Water Department, 2021) |
| | Nueva York | a, e | (New York City: Environmental Protection, s. f.-b, s. f.-a, 2020) |
| | Portland | a | (City of Portland, s. f., 2016) |
| | San Francisco | a, c, g | (Brockman, 2016; Seal of the City and County of San Francisco, 2021) |
| Francia | | b, c | (European Federation of Green Roof and Green Wall Associations & Livingroofs.org, 2019) |
| Japón | Tokio | e | (C40 Cities, 2015; Tokyo Metropolitan Government, 2017) |
| Reino Unido | Londres | a, b, c, e, g | (Design for London & Greater London Authority's London Plan and Environment Teams, 1990; European Federation of Green Roof and Green Wall Associations & Livingroofs.org, 2019) |
| Singapur | Singapur | e, f, h | (Lawlor et al., 2006; Shma Company Limited, s. f.) |
| Suiza | Basilea | b, c | (Baykal, 2012; Lawlor et al., 2006) |

5.2. Políticas públicas en países seleccionados

A continuación, se describe brevemente las políticas públicas de los países mencionados en la Tabla 5.1.

Alemania

Para el año 2012 Alemania contaba con cerca de 86 millones de m² de techos vegetativos, un 14% del total de área de techos en el país (Baykal, 2012).

La ciudad de Düsseldorf a través de un plan llamado “Reverdecimiento de cubiertas, fachadas y patios interiores” pretende aumentar la cantidad de infraestructura verde a través de un subsidio para controlar la escorrentía pluvial. En octubre de 2020 la ciudad contaba con 972.800 m² de techos vegetativos (Umweltamt City of Düsseldorf, 2022).

En Berlín destacó el programa “*The Courtyard Greening Programme* (1983-1996) que permitió la generación de 54 hectáreas de jardines y techos vegetativos y 32,5 hectáreas de fachadas verdes. En 2016, la capital alemana contaba con 400 hectáreas de techos vegetativos, lo que corresponde al 3% de los edificios de la ciudad (Berlin.de Newsletter, 2016). El año 2019 el Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Protección del Clima lanzó el programa “*1000 Green Roofs*” (GründachPLUS) donde se destinaron 2,7 millones de euros de financiamiento para motivar a propietarios, instituciones, asociaciones, grupos de interés, lugares de reunión, residencias de adultos mayores y otras instituciones para la implementación de techos vegetativos (Smart City Berlin, 2020).

Por otro lado, Stuttgart es una de las ciudades líderes en la implementación de techos vegetativos a nivel mundial. Desde 1986 la ciudad ejecutó un programa de apoyo financiero para techos vegetativos y estableció que todos los techos nuevos con pendientes menores a 12° deben tener techos vegetativos. Este programa cubre el 50% de los costos de la instalación y hasta 70% de los costos en la zona de la cuenca del valle (Landeshauptstadt

Stuttgart, 2021b, 2021a). La ciudad de Stuttgart continúa con su programa “*Neues Grün in der Stad*” o “Nuevo verde en la ciudad” que dispone de 2 millones de euros para la creación de nueva infraestructura verde (Landeshauptstadt Stuttgart, s. f.).

La ciudad de Múnich ofrece financiar hasta un 50% de los costos en la instalación de techos vegetativos con un máximo de 25 €/m² para techos vegetativos extensivos y 100 €/m² para techos vegetativos intensivos (Landeshauptstadt München, 2020; Referat für Stadtplanung und Bauordnung Landeshauptstadt München, 2012). Mientras que la ciudad de Münster posee incentivos para el manejo de las aguas pluviales reduciendo hasta un 80% el valor del impuesto por aguas pluviales (de 0,44 €/m² a 0,09 €/m² al año o a 0,04 €/m² cuando el techo posee alta retención).

Argentina

En Buenos Aires se encuentran en la etapa de desarrollo de políticas públicas para fomentar los techos vegetativos. En 2012 se aprobó la Ley 4428 Ley de Techos y Terrazas Vegetales, la cual tiene más una perspectiva al incentivo, tal que se aplican reducciones en el pago de los derechos de delineación y construcción a aquellos trámites que incluyan la construcción de una o más cubiertas vegetativas. Además, los propietarios de edificaciones que implementen y mantengan techos vegetativos gozan de una reducción en el importe del alumbrado, barrido y limpieza (Ferraro, 2012).

El nuevo Código de Edificación, vigente desde enero de 2019 incluye detalles de características y materiales que deben incluir los techos vegetativos, pero no se especifica en qué casos será obligación (Baldo, 2019). El Código de Edificación señala los requisitos para la cobertura vegetal y tipos de sustratos, además señala las capas mínimas que debe contener un techo vegetativo. Las motivaciones mencionadas en este documento incluyen disminución en el riesgo de inundaciones, mitigación de las islas de calor urbano y aporte a la biodiversidad urbana (Ciudad de Buenos Aires, 2018).

Australia

En Melbourne, la Municipalidad de la ciudad dispone de una guía para el diseño y desarrollo de infraestructura verde, que incluye techos, muros y fachadas. Esta guía fue desarrollada por el Departamento de Ambiente e Industrias Primarias (DEPI, por sus siglas en inglés) del estado de Victoria (DEPI, 2014). El documento cuenta con cuatro secciones. En primer lugar, se realiza una introducción que explica las principales definiciones y beneficios de los techos, muros y fachadas verdes. La segunda sección explica las principales evidencias de los beneficios del uso de techos, muros y fachadas verdes (reducción del consumo de energía de edificios, contribución al enfriamiento urbano, manejo de aguas lluvias, mejora de la calidad de aguas lluvias, mejora de la calidad del aire, salud y bienestar para humanos, valor de la propiedad y la investigación de la Universidad de Melbourne sobre techos vegetativos). La tercera sección consta de una guía técnica que explica el análisis del sitio donde se instalará la infraestructura verde, su diseño y planificación, la instalación, y los principales puntos del mantenimiento. Finalmente, la sección cuatro presenta nueve casos de estudio del estado de Victoria, Australia.

Por otro lado, en la ciudad de Sidney se cuenta con una serie de recursos que incluyen las políticas de techos y muros vegetativos, el plan de implementación, guías de diseño e impermeabilización y varios casos de estudio (Council's Green Roofs and Walls Technical Advisory Panel, 2022).

Canadá

En la ciudad de Montreal (QC), se ofrece un programa de incentivo directo que considera 53,82 US\$/m² para instalación de techos vegetativos, ofrecido por el Fondo de Eficiencia Energética de Quebec (Lawlor et al., 2006).

En la ciudad de Toronto (ON), desde el año 2010, se adoptaron requisitos reglamentarios que exigen techos vegetativos en edificios comerciales, institucionales y residenciales nuevos con una superficie bruta mínima de 2.000 m². El año 2012 se amplió la exigencia a

edificios industriales nuevos. El requisito para los edificios residenciales y no residenciales oscila entre el 20 y el 60% del espacio disponible en el techo. Por otro lado, el requisito para los edificios industriales es cubrir al menos el 10% de la superficie de techo disponible o 2.000 m² o incluir materiales de techos fríos o “*cool roofs*” en el 100% de la superficie disponible junto con el cumplimiento de las normas para el manejo de aguas pluviales (City Planning Division City of Toronto, 2017). Aquí cabe destacar que los techos fríos tienen como principal fin reducir el efecto de isla calor, para lo cual son muy efectivos, pero no ofrecen los beneficios ecosistémicos adicionales que pueden proveer los techos vegetativos.

En Vancouver (BC), la principal motivación corresponde al manejo de las aguas pluviales. Sin embargo, los techos vegetativos podrían ayudar a mitigar los efectos de las islas de calor en las ciudades, lo cual es particularmente relevante debido a las recientes olas de calor que ha enfrentado la ciudad (The Star, 2018). La ciudad aún está avanzando en el desarrollo de una política que incluya los distintos actores de la industria y a la comunidad.

La ciudad de Waterloo (ON), ha publicado un estudio de factibilidad de techos vegetativos en 2004 (The City of Waterloo, 2004). Este estudio utilizó Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mapear y determinar qué áreas obtendrían mayor beneficio con los techos vegetativos en términos de manejo de aguas pluviales, maximización de eficiencia energética, disminución del efecto isla de calor, disminución de la contaminación del aire, aumento de los espacios verdes. Una vez definidas las áreas se superponen y se obtienen los lugares óptimos para la instalación de techos vegetativos.

Chile

En 2019, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo presentó un decreto que modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) con el fin de fomentar, en parte, los techos vegetativos. Este decreto modifica el artículo 2.6.3 de la OGUC y busca que el 75% de la superficie de techo se destine a terrazas, vegetación, piscinas, paneles

foovoltaicos y colectores solares, entre otros, tal que solo el 25% de la azotea contenga salas de máquinas, salidas de cajas de escaleras, chimeneas, estanques y otros (CNN Chile, 2019). A esta modificación se le llamó de techos vegetativos, pero en realidad no es exclusiva para techos vegetativos y no necesariamente apunta a fomentar su uso, ya que plantea otras alternativas para el uso del techo de las edificaciones.

Por otro lado, en septiembre de 2020, se publicó la Norma Chilena 3626 “Techos verdes – Terminología, clasificación y requisitos” (Instituto Nacional de Normalización, 2020). Esta norma da énfasis en los requisitos de diseño, incluyendo: el objetivo del techo vegetativo, emplazamiento, resistencia al viento, cargas estructurales, pendiente, desempeño esperado del proyecto de techo vegetativo, selección de las especies vegetales, sistemas de riego automatizados, acceso al techo vegetativo y a equipos, drenaje y bajadas de agua, protección contra el fuego, mantención, planificación y plazos, sistemas de impermeabilización, obligaciones del propietario del techo vegetativo, criterios de éxito de la cobertura vegetal, detección de infiltraciones y recomendaciones para el aseguramiento de la calidad. Además, profundiza en requisitos técnicos que incluyen la estructura soportante, el sistema de impermeabilización, protección antiraíces, protección de la impermeabilización, drenaje, filtro, capas de retención de agua, sustrato o medio de crecimiento, vegetación, y requerimientos hídricos. También menciona consideraciones para los sistemas modulares (que agrupan dos o más componentes del techo vegetativo en un mismo elemento o módulo), la ejecución y, finalmente, para la mantención o inspección.

Dinamarca

La ciudad de Copenhague, desde el año 2010, ha incorporado la implementación obligatoria de techos vegetativos en los planes locales para el control de la escorrentía pluvial. Además, incluyen un plan para cubrir los techos antiguos de la ciudad con vegetación para lograr un entorno construido carbono neutral para 2025 (Baykal, 2012).

Estados Unidos

En Chicago (IL) se publicó un plan integral que busca integrar infraestructura verde al diseño urbano. El plan describe cómo se puede mejorar el diseño de todas las áreas de la ciudad que están expuestas al medio ambiente, como techos, fachadas, paisajismo alrededor de los edificios, estacionamientos, calles, entre otras (City of Chicago: City Plan Commission, 2008). En términos de incentivos, la ciudad ofrece tres programas para proyectos que incluyen elementos ecológicos. Estos programas permiten acelerar los procesos de permisos y una reducción en las tarifas de éstos. El programa relacionado con la instalación de techos vegetativos se llama “Proceso de Permisos de Nivel de Beneficios Verdes”, cuyos proyectos elegibles deben cumplir alguno de los siguientes criterios (City of Chicago, s. f.):

- Proyectos comerciales con certificación *LEED* o *Green Globes*.
- Proyectos residenciales con calificación *LEED for Homes* o *Green Globes*.
- Todos los proyectos deben incorporar infraestructura verde.

En Filadelfia (PA) se consideran los techos vegetativos como una herramienta sustentable que reduce el riesgo de inundaciones al disminuir la cantidad de escorrentía que llega a la red de aguas lluvias, y este es el principal objetivo del uso de techos vegetativos en la ciudad (Philadelphia Water Department, 2021). Además, la instalación de los techos vegetativos puede clasificar como un proyecto para un “Crédito de Impuestos sobre Ingresos y Recibos Comerciales”(Philadelphia Water Department, 2019). El monto máximo que se puede acceder es el 50% de todos los costos incurridos para construir el techo vegetativo, con un tope máximo de US\$100.000 (City of Philadelphia, s. f.).

Nueva York (NY) ofrece una reducción del impuesto a la propiedad equivalente a 56,29 US\$/m² de techo vegetativo, con un límite superior de US\$200.000 o la cantidad de impuestos a la propiedad adeudados por el edificio ese año fiscal (New York City: Department of Finance, s. f.). Además, desde 2011, existe el “Programa de Subvenciones para Infraestructura Verde”, cuyo enfoque cambia en 2019 para ofrecer financiamiento para la modernización de techos vegetativos a propietarios privados (New York City:

Environmental Protection, 2020). Este financiamiento está determinada por el área del techo vegetativo y la profundidad del sustrato (New York City: Environmental Protection, s. f.-b, s. f.-a).

En Portland (OR), los techos vegetativos están incluidos en el Manual de Gestión de Aguas Lluvia de la ciudad (City of Portland, 2016), como una técnica que reduce eficazmente los requerimientos de gestión de aguas lluvia en un proyecto. En este manual se muestra un listado de especies que se permite utilizar para optimizar la retención de agua y el manejo de aguas. Entre los años 2008 a 2012, los Servicios Ambientales de la ciudad ofrecieron a propietarios y desarrolladores un incentivo de 53,82 US\$/m² para la construcción de techos vegetativos, lo que causó la realización de alrededor de 130 proyectos que suman una superficie cercana a 32.000 m² de techos vegetativos (City of Portland, s. f.).

San Francisco (CA) fue la primera ciudad de Estados Unidos en tener una política obligatoria. “*San Francisco’s Better Roof Ordinance*” entró en rigor en 2017 y establece que “entre el 15% y el 30% del espacio del techo en la mayoría de los proyectos de construcción nuevos incorporará techos solares, techos vegetativos o una combinación de ambos” (European Federation of Green Roof and Green Wall Associations & Livingroofs.org, 2019; Seal of the City and County of San Francisco, 2021).

Francia

En Francia la legislación sobre techos vegetativos es a nivel nacional. Desde el año 2016 existe una ley que fomenta los techos vegetativos. Esta ley se aplica a todos los nuevos proyectos comerciales en Francia. El área metropolitana alrededor de París (Isla de Francia) concentra el 30% de los techos vegetativos del país, que en 2017 alcanzaron una superficie de 300.000 m². Por su parte, la ciudad de París a través de su Plan de Cambio Climático, en 2018, había instalado 75.000 m² de techos vegetativos (European Federation of Green Roof and Green Wall Associations & Livingroofs.org, 2019).

Japón

El gobierno metropolitano de Tokio aprobó la Ordenanza de Conservación de la Naturaleza en 2001, que exige la ecologización de los techos y muros de los edificios nuevos, así como para los edificios existentes en proceso de renovación. Esta normativa indica que se deben proporcionar áreas verdes en las instalaciones y en los techos cuando se construya o amplíe una superficie mayor a 1.000 m² en construcciones privadas y 250 m² en edificios públicos. Desde 2009, la Ordenanza exige que edificios de más de 5.000 m² proporcionen un 25% de cubierta vegetativa. Mientras que los edificios entre 1.000 y 5.000 m² deben cumplir con un 20% de cobertura de techo vegetativo (C40 Cities, 2015). Con estas medidas, en marzo de 2017 se habían construido 209 hectáreas de cubiertas vegetativas en Tokio (Tokyo Metropolitan Government, 2017).

Reino Unido

El gobierno de la ciudad de Londres publicó un reporte de techos y muros vegetativos que creó un marco de políticas que permitió el aumento significativo en la instalación de estas tecnologías, particularmente en edificios nuevos y áreas en proceso de restauración (Design for London & Greater London Authority's London Plan and Environment Teams, 1990). Este reporte concentra como principal foco distintos casos de estudio, muestra las principales barreras de implementación y concluye con políticas de soporte y estándares. En 2019 se publicó un nuevo reporte que resume el progreso de la integración de techos y muros vegetativos. En ese año, el área total de techos vegetativos en el área metropolitana de Londres alcanzaba los 1,5 millones de m², equivalente a 0,17 m² de techo vegetativo por habitante (European Federation of Green Roof and Green Wall Associations & Livingroofs.org, 2019).

Singapur

Singapur cuenta con el programa "*Skyrise Greenery Incentive Scheme 2.0 (SGIS)*" que financia hasta el 50% de los costos de instalación de techos y muros vegetativos. Este programa entró en vigor desde el 1 de abril de 2015 y se extiende hasta marzo de 2023

(National Parks Skyrise Greenery, 2018). Por otro lado, el programa “*Landscaping for Urban Spaces and High Rises (LUSH)*”, desarrollado por el Programa de la Autoridad de Reurbanización Urbana de Singapur, busca como objetivo la inyección de vegetación en proyectos de desarrollo en todo el país. Este programa ha contribuido a más de 130 hectáreas de vegetación en toda la isla (Shma Company Limited, s. f.).

Suiza

En la ciudad suiza de Basilea, se establece la construcción de techos vegetativos como parte de la estrategia actual de mantención de la biodiversidad. De esta manera se busca que la interferencia con el medio ambiente natural se mantenga al mínimo y que la tierra se use de manera sostenible (Baykal, 2012). Según la Ley de Construcción y Planificación y la Ley de Conservación de la Naturaleza, los techos vegetativos se construyen en todos los edificios nuevos con techos planos, el sustrato deberá ser suelo de la región (nativo), las especies también deben ser nativas de la región (Lawlor et al., 2006).