



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

1. INTRODUCCIÓN

Las cubiertas vegetativas corresponden a la incorporación de vegetación a la envolvente de edificios, usualmente en techos y muros vegetativos. Esta práctica se remonta a los Jardines Colgantes en Babilonia, construidos en el siglo VI a. C. En este caso, se cree que la vegetación fue incorporada sólo con fines paisajísticos. Por otro lado, los techos vegetativos modernos, también llamados techos verdes, tienen sus precursores en techos de pasto encontrados en Escandinavia en la Era Media y de los Vikingos, que los utilizaban para aislar térmicamente las viviendas. Por ejemplo, la Figura 1.3 muestra una construcción Vikinga en Newfoundland, Canadá, que utiliza vegetación y tierra vegetal del lugar en este tipo de techo. Los techos vegetativos modernos comenzaron en Alemania en la década de 1960, los que se han implementado en el mundo con diferentes propósitos.

Entre los principales beneficios ecosistémicos se encuentran:

- Reducir consumo de energía de edificios (Carpenter, 2013; Chan & Chow, 2013; Feng & Hewage, 2014; Niu et al., 2010; Vera et al., 2017; Wong et al., 2009);
- Reducir o controlar el escurrimiento de aguas lluvias para disminuir el riesgo de inundaciones (DiGiovanni et al., 2010; Malys et al., 2014; Sun et al., 2013);
- Reducir contaminación atmosférica (Papaioannou, 2013; Speak et al., 2012; Viecco et al., 2018; J. Yang et al., 2008) y ruido (Van Renterghem & Botteldooren, 2009, 2011; H. S. Yang et al., 2012);
- Reducir el efecto isla de calor y mejorar resiliencia de las ciudades frente a las olas de calor (Alexandri & Jones, 2007; Butler & Orians, 2011; Krüger, 2015; Wang, 2015; X. Zhang et al., 2012);
- Reducir emisiones de gases efecto invernadero (Q. Chen et al., 2013; Getter et al., 2009; Whittinghill et al., 2014);
- Fomentar la biodiversidad (Butler & Orians, 2011; Cook-Patton & Bauerle, 2012; Wang et al., 2014);
- Incrementar la plusvalía de edificios (Bianchini & Hewage, 2012b, 2012a);

- Otros beneficios (ej. control del ruido, captura de carbono, etc.).



Figura 1.3. L'Anse aux Meadows, Newfoundland, Canadá (Fuente: www.Canada-Photos.com).

A pesar de que los techos vegetativos se originaron en países con climas fríos y lluviosos, estos se están utilizando en climas menos favorables para su desarrollo. En Chile, por ejemplo, existían alrededor de 50.000 m² de techos y muros vegetativos en el año 2013 (Vera et al., 2014), donde la mayor parte se encontraban en Santiago de Chile. Aun cuando esta superficie es significativa y que se ha producido mayoritariamente en la última década, está muy lejos del desarrollo existente en países como Alemania, en donde la superficie de techos vegetativos, por ejemplo, se incrementa en 13 millones de m² al año.

La implementación de techos y muros vegetativos en Chile ha sido mayoritariamente gatillada con el fin de *mostrar una imagen sustentable o verde* sin aprovechar al máximo los beneficios ecosistémicos que proveen estas tecnologías, siendo que ambos aspectos no son opuestos, sino que, por el contrario, son totalmente complementarios. Por otro lado, las condiciones climáticas de la zona Central de Chile son muy desafiantes para un buen desempeño de muros y techos vegetativos debido a las altas temperaturas y radiación solar

en período de primavera-verano y muy bajas precipitaciones, concentradas mayoritariamente en pocos días durante el invierno, lo que dificulta el establecimiento y desarrollo de la vegetación e implica altos requerimientos de irrigación. A esto se suma, que la mayor parte de las soluciones de techos y muros vegetativos son importadas de países y regiones que presentan condiciones climáticas con altas precipitaciones distribuidas durante el año, y temperaturas bajas y moderadas gran parte del año.

Las cubiertas vegetativas son soluciones tecnológicas que incorporan vegetación a la envolvente de edificios, ya sean estos, techos (Figura 1.4 a) o muros (Figura 1.4 b), y que poseen capas tecnológicas que cumplen diferentes funciones, tales como impermeabilización, barrera de vapor, aislación térmica, barrera antirraíz, drenaje, filtro y sustrato, además del soporte estructural y el sistema de riego.



Figura 1.4. a) Techo vegetativo del Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza, La Florida, Santiago.
b) Muro vegetativo del Mall Plaza Egaña, La Reina, Santiago.

1.1. Sistemas de techos y muros vegetativos

Los techos vegetativos se dividen en tres categorías principales: extensivos, intensivos y semi-intensivos, que se diferencian en el tipo de vegetación, accesibilidad, requerimientos de mantención e irrigación, peso y espesores de sustrato. La Tabla 1.1 resume las principales diferencias de las tres tipologías de techos vegetativos.

Tabla 1.1 Principales características de las tres categorías de techos vegetativos (Berardi et al., 2014; Besir & Cuce, 2018; Pérez & Coma, 2018).

Características	Techos vegetativos Extensivos	Techos vegetativos semi-intensivos	Techos vegetativos intensivos
Accesibilidad	Sin accesibilidad	Accesible	Accesible como un parque
Costo	Bajo	Moderado	Alto
Irrigación	Bajo a Moderado	Moderado a Alto	Alto
Mantenimiento	Bajo	Moderado	Alto
Vegetación	Suculentas y herbáceas	Arbustos y herbáceas	Árboles, arbustos y herbáceas
Espesor del sustrato	60 – 200 mm	120 – 250 mm	> 250 mm
Peso	50 – 150 kg/m ²	120 – 350 kg/m ²	> 350 kg/m ²

Los techos vegetativos extensivos (Figuras 1.5 y 1.6) están compuestos por una capa de sustrato menor a 15-20 cm, que usualmente es liviana. Cabe destacar que el sustrato no es suelo o mezclas de suelos, sino que es una mezcla de componentes orgánicos y no orgánicos diseñados ingenierilmente para un propósito específico (ej: liviandad, drenaje, retención de humedad). La vegetación es baja y principalmente compuesta por musgos y suculentas, vegetación que sobrevive en sustratos delgados y con pocos nutrientes. Debido al tipo de vegetación utilizada, estos techos requieren baja mantención a excepción del período de establecimiento de la vegetación posterior a la construcción. Usualmente, se indica que este tipo de techos no requiere irrigación, pero esta es una condición que no necesariamente aplica a climas áridos y semiáridos donde los periodos sin precipitaciones se extienden por más de 8 meses.



Figura 1.5. Ejemplo techo vegetativo extensivo: Escuela Presidente Salvador Allende, Viña del Mar, Chile.

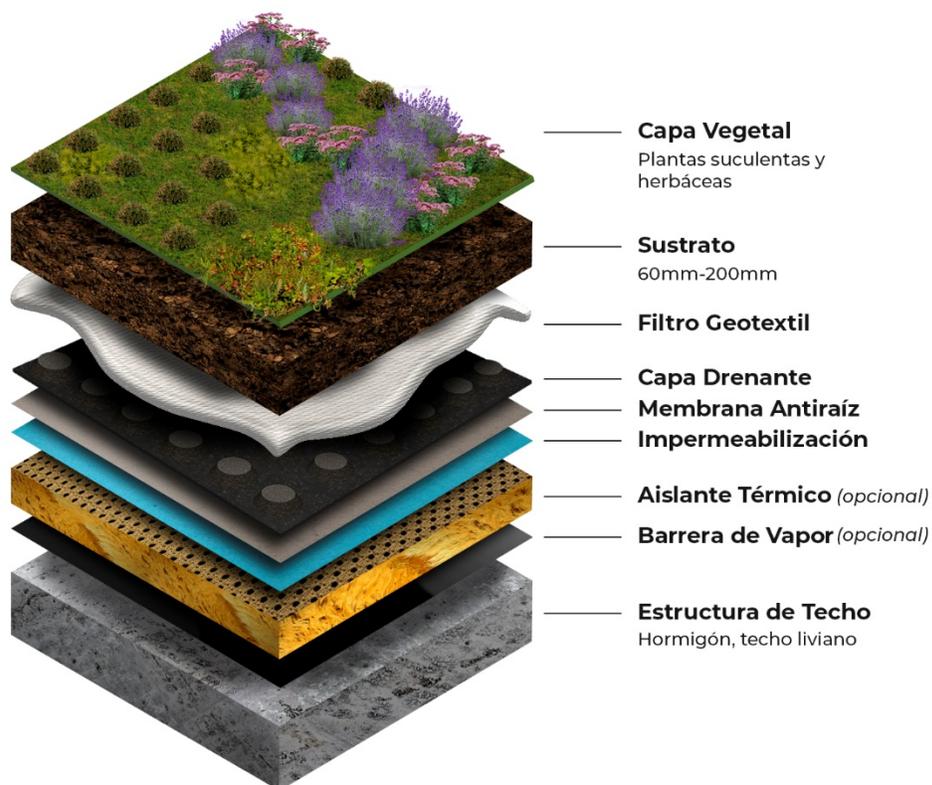


Figura 1.6. Sección típica de un techo vegetativo extensivo (Adaptado de Newton et al. (2007)).

Los techos vegetativos intensivos (Figuras 1.7 y 1.8) están compuestos por una capa de sustrato mayor a 25 cm. Debido al mayor espesor de sustrato pueden sostener vegetación de mayor tamaño como arbustos, plantas herbáceas e incluso árboles cuando los espesores de sustrato son mayores. Debido al mayor tamaño de la vegetación, los requerimientos de irrigación y mantención son mayores. Como consecuencia del mayor espesor de sustrato y mayor tamaño de la vegetación, los techos intensivos suelen ser mucho más pesados que los extensivos. Además, estos se diseñan con elementos que permiten el acceso y tránsito de personas.



Figura 1.7. Ejemplo techo vegetado intensivo: Parque Titanium, Las Condes, Santiago, Chile.

Los techos vegetativos semi-intensivos presentan características intermedias entre los extensivos e intensivos, destacando el uso de especies como arbustos y herbáceas. Por otro lado, los muros vegetativos, también conocidos como muros verdes o vivos, pueden ser divididos en tres categorías: muros con plantas trepantes, muros con plantas colgantes y muros industrializados (Besir & Cuce, 2018; Manso & Castro-Gomes, 2015). Los primeros corresponden a fachadas verticales en que las plantas se colocan en el terreno, jardineras o macetas y crecen trepando por sí mismas soportadas por el muro, soportadas por una

estructura sobre el muro o por una estructura separada del muro que sirven de guía de la vegetación (Figura 1.9).

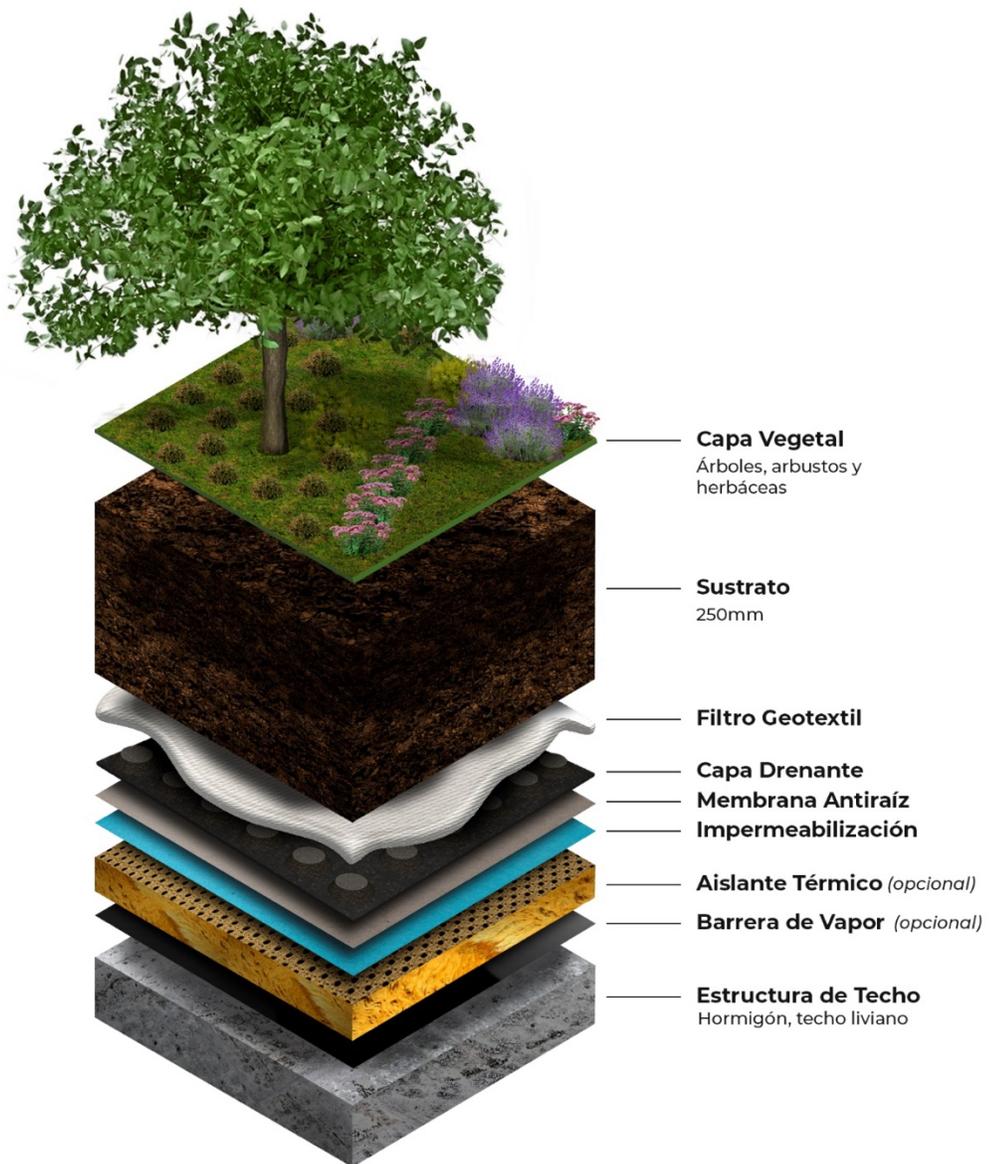


Figura 1.8. Sección típica de un techo vegetativo intensivo (Adaptado de Newton et al. (2007)).



Figura 1.9. Ejemplo muro vegetativo con plantas trepadoras: fachada oriente: edificio Escuela de Construcción Civil, Campus San Joaquín, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los muros con plantas colgantes consisten en plantar en jardineras que pueden trepar un muro de baja dimensión y posteriormente colgar de este sobre la fachada. Este último tipo de muro no requiere una estructura de soporte adicional, pero si se necesita que las plantas tengan suficiente anclaje al sustrato para que no se desprenda por su propio peso o condiciones climáticas como viento o nieve (Figura 1.10).

Los muros vegetativos industrializados corresponden a aquellos donde las plantas crecen al interior del muro. Usualmente, corresponden a una estructura adicional sobre el muro o separada de este la cual contiene el sustrato, la vegetación y sistema de riego. El riego es crucial en estos sistemas ya que suelen tener un sustrato pobre en nutrientes y de muy bajo espesor, y por ello los nutrientes son proporcionados a través del riego (Figura 1.11).



Figura 1.10. Ejemplo muro vegetativo con plantas colgantes: Edificio Residencial, Providencia, Santiago, Chile.



Figura 1.11. Ejemplo muro vegetativo en Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE UC), Macul, Santiago, Chile.

1.2. Políticas públicas para la implementación de techos y muros vegetativos

Los techos vegetativos modernos comenzaron en Alemania en la década de 1960 con la realización de las investigaciones que ayudaron a crear un mercado viable que comenzó a inicios de 1970. En la década de 1980, se mejoró la tecnología de techos vegetativos extensivos para que fuesen más livianos y de menor costo para implementarse a gran escala, principalmente en ciudades que requerían medidas adicionales de control de aguas lluvia (Snodgrass & McIntyre, 2010). La demostración de los múltiples beneficios de los techos vegetativos ha llevado a diversos gobiernos europeos a desarrollar e implementar políticas públicas que fomenten la incorporación de techos y muros vegetativos en los edificios. Estas políticas públicas varían desde incentivos y subsidios hasta regulaciones. Por ejemplo, aunque en Estados Unidos y Canadá el desarrollo de políticas públicas a nivel país o a nivel de Estado/Provincia ha sido más lento, se han establecido incentivos a nivel de municipios.

Entre los países más destacados en la promoción de tecnologías de techos y muros vegetativos y la implementación de políticas se encuentran Alemania, Francia y Dinamarca en Europa; Japón y Singapur en Asia; y municipalidades como las Toronto (Canadá) y Chicago (EE. UU.). En América Latina, Argentina ha implementado políticas no obligatorias realizadas a partir de incentivos (Ciudad de Buenos Aires, 2018), mientras que países como Colombia¹ y Panamá² se encuentran trabajando en proyectos de ley que promueven la

¹ Proyecto de Ley de 2021, Congreso de la República de Colombia. “Por medio de la cual se promueve la implementación de techos o terrazas verdes y se dictan otras disposiciones”.

[https://www.andi.com.co/Uploads/P.L.207-2021C%20\(TECHOS%20VERDES\).pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/P.L.207-2021C%20(TECHOS%20VERDES).pdf)

² Trámite Legislativo 2019-2020, Asamblea Nacional, Secretaría General. Anteproyecto de Ley: 159. “Que promueve el desarrollo del ecosistema urbano mediante la creación del programa techos ecológicos”.

implementación de techos vegetativos. En Chile, se publicó en septiembre de 2020 la Norma NCh3626:2020 “Techos verdes – Terminología, clasificación y requisitos”.

En Chile, la implementación de techos y muros vegetativos comenzó tardíamente y el crecimiento no ha sido tan rápido como en otros países, lo que podría explicarse por la falta de políticas públicas al respecto. A pesar de ello, existe una superficie considerable de techos y muros vegetativos, los que en su mayoría persiguen fines estéticos o de generación de una imagen de edificio sustentable, sin que se aprovechen los beneficios que ofrecen estas tecnologías, observándose además casos fallidos que desaceleran su desarrollo.

Así, por ejemplo, las Figuras 1.12 y 1.13 muestran los muros vegetativos del Hotel InterContinental (Las Condes, Santiago, Chile) y Mall Plaza Egaña (La Reina, Santiago, Chile), mientras que las Figuras 1.14 y 1.15 muestran los techos vegetativos del supermercado Express de LIDER La Plaza (Las Condes, Santiago, Chile) y el Hospital Dra. Eloísa Díaz (La Florida, Santiago, Chile), respectivamente. La falla de estos techos y muros está posiblemente relacionada a un inadecuado diseño, construcción y operación. Sin embargo, estas fallas muy probablemente no se producirían si los mandantes y diseñadores tuviesen claridad del propósito por el cual se implementa un techo o muro vegetativo en un proyecto específico.

https://www.asamblea.gob.pa/APPS/SEG_LEGIS/PDF_SEG/PDF_SEG_2010/PDF_SEG_2019/2019_A_159.pdf



Figura 1.12. Ejemplo deterioro muro vegetativo: Hotel InterContinental, comuna de Las Condes, Santiago, Chile.



Figura 1.13. Ejemplo deterioro de muro vegetativo. Mall Plaza Egaña, comuna de La Reina, RM de Santiago - Chile.

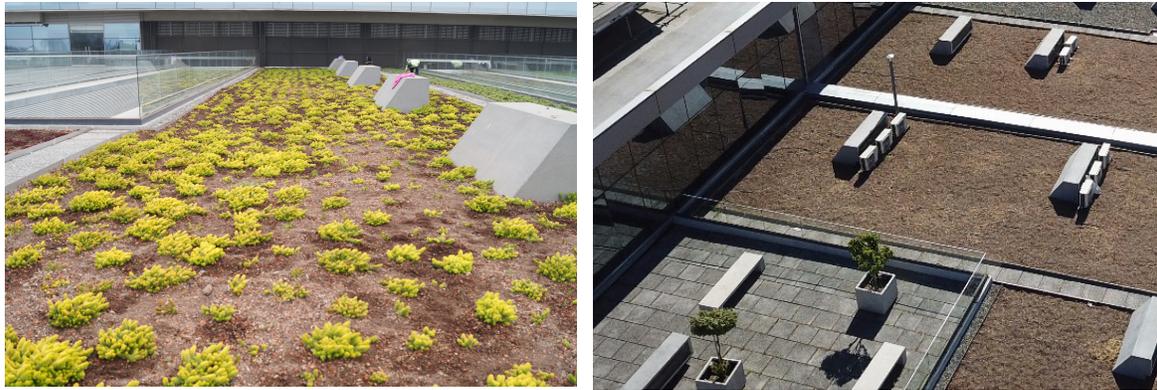


a)

b)

c)

Figura 1.14. Techo vegetativo Express de LIDER La Plaza: a) Techo en buen estado. b) Techo con deterioro (plantas secas). c) techo vegetativo removido.



a)

b)

Figura 1.15. Techo vegetativo Hospital Dra. Eloísa Díaz, La Florida, Santiago, Chile. a) Estado techo vegetativo en 2013. b) Estado techo vegetativo en 2018.

Los proyectos que han fallado, así como también la falta de políticas públicas que incentiven el uso de estas tecnologías, pueden ser barreras importantes para el crecimiento de la superficie de techos y muros vegetativos en Chile. Por ello, los objetivos de este documento son proveer información relevante para apoyar el desarrollo de políticas públicas que incentiven y gatillen una mayor implementación de techos y muros vegetativos en Chile, y proporcionar información científica sobre los beneficios de estas tecnologías en Chile. La infraestructura verde, y en especial los techos y muros vegetativos son una estrategia que, a nivel mundial, se está planteando para mitigar los efectos del cambio climático y desarrollar ciudades más sustentables y resilientes. Por otro lado, los mandantes y especialistas involucrados en el diseño, construcción y operación de techos y muros vegetativos deben comprender que estos sistemas constructivos deben ser diseñados con uno o más propósitos (ej. reducir consumo de energía edificios, mitigar contaminación atmosférica), y que para ello se deben evaluar dichos beneficios, lo cual en la actualidad es prácticamente ausente.

Este libro presenta el catastro de los techos y muros vegetativos construidos hasta el año 2014 en la Región Metropolitana de Chile (RM), el cual fue desarrollado en el marco del proyecto INNOVA-CORFO 12IDL2-13630. Esta recopilación muestra información detallada

de 12 proyectos de muros vegetativos industrializados y 18 proyectos de techos vegetativos extensivos e intensivos. Entre la información principal se encuentra la superficie, características técnicas de las capas componentes de los techos y muros vegetativos, vegetación utilizada, principales usos, entre otros. Además, permite identificar las principales características de los techos y muros vegetativos implementados y los principales desafíos que presentan el estado actual de estas tecnologías en la RM. El catastro es presentado en dos capítulos. Mientras el capítulo 2 presenta una imagen y ficha técnica de cada proyecto, el capítulo 3 analiza los principales resultados obtenidos del catastro.

Posteriormente, en el capítulo 4 se presentan resultados de cuatro proyectos de investigación aplicada (INNOVA 12IDL2-13630, FONDECYT 1150675, FONDECYT 1181610 y FONDEF ID15110104) sobre los beneficios de techos y muros vegetativos en reducir temperatura de las ciudades, reducir consumo de energía de edificios y contribuir a mitigar la contaminación atmosférica. Es fundamental tener total claridad de los beneficios de estas tecnologías para que: i) los mandantes conozcan el impacto de implementar techos y muros vegetativos en sus proyectos e incorporen beneficios privados y sociales en las evaluaciones económicas; ii) los diseñadores puedan diseñar los muros y techos vegetativos con uno o más objetivos en términos de los beneficios ecosistémicos esperados; iii) los mandantes verifiquen si se obtuvieron los beneficios esperados y realicen, junto a los diseñadores y contratistas, los ajustes necesarios; y iv) se tenga claridad de los beneficios en climas y edificios específicos para que los gobiernos locales, regionales o nacionales impulsen el desarrollo de políticas públicas que incentiven la implementación de estas tecnologías. El capítulo 5 presenta un análisis de las políticas públicas implementadas a nivel mundial sobre techos y muros vegetativos, y finalmente, en el capítulo 6 se realiza una propuesta para avanzar en políticas públicas que impulsen el desarrollo y la implementación de techos y muros vegetativos en la zona central Chile, caracterizada por climas áridos y semi-áridos.