



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

Edición Publicada en el año 2023
Pontificia Universidad Católica de Chile
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile

© 2023 Pontificia Universidad Católica de Chile

Derechos reservados. Si alguna parte de este libro es reimpresso, reproducido o utilizado
en cualquier forma.

ISBN 978-956-416-211-9

TECHOS Y MUROS VEGETATIVOS EN CHILE

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

Autores libro

Sergio Vera Araya

Ingeniero Civil y M.Sc. de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y Ph.D. en Building Engineering de Concordia University (Montreal, Canadá). Sus áreas de especialización son el diseño sustentable de edificios, modelamiento y evaluación de envolventes complejas de edificios, relación industrialización y sustentabilidad, y sustentabilidad corporativa. Ha sido Director del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción UC y miembro del Directorio de la International Association of Building Physics. Actualmente es Director del Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable (CIPYCS), Director de IBPSA-Chile, Director del Instituto de la Construcción, y Director Técnico de la Unidad de Ingeniería en Edificación Sustentable de Dictuc S.A. Investigador Asociado al Centro de Desarrollo Urbano Sustentable y Centro de Energía UC. Cuenta con más de 45 publicaciones en revistas WoS y Scopus y ha realizado diversos proyectos Fondecyt, Fondef, FIC, Corfo, entre otros.

Aldo Rojas Mondaca

Ingeniero Civil y M.Sc. de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Especialista en modelamiento y evaluación experimental de techos vegetativos. Jefe de la Unidad de Ingeniería en Edificación Sustentable de Dictuc S.A.

Margareth Viecco Márquez

Ingeniera Civil, Magíster y Doctora en Ingeniería Civil. Experta en techos y muros verdes, modelado energético de edificios y construcción sustentable. Investigadora, consultora y Profesora Asociada a la Facultad de Ingeniería Civil Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Waldo Bustamante Gómez

Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de Chile. Magister en Desarrollo Urbano de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y Doctor en Ciencias Aplicadas de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Profesor Titular de la Escuela de Arquitectura de la PUC. Investigador Principal y Director del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS.

Colaboradores:

Capítulo 2: Matías Schöll y Carolina Vergara, María Victoria Rojas y Felipe Victorero.

Capítulo 3: Jorge Gironás.

Capítulo 4: Carlos Bonilla, Leonardo Caamaño, Cynnamon Dobbs, Mauricio García, Héctor Jorquera, Anita Maturana, Kerry Nice, Rocío Ortíz, Andrea Pianella, Camilo Pinto, Fabien Rouault, Ursula Steinfort, Paulo Tabares-Velasco

Diseño gráfico:

Felipe Corominas, Ximena Araya y Belén Araneda

Financiamiento y participación de proyectos:

INNOVA-CORFO 12IDL2-13630: CORFO, Walmart, Metecno, BESTPLANT, Sika, DYNAL, Dictuc S.A.

CONICYT/FONDAP 15110020 - ANID/FONDAP 15110020

FONDECYT 1150675: FONDECYT-CONICYT

FONDEF ID15I10104: FONDEF-CONICYT, SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, BESTPLANT

FONDECYT 1181610: FONDECYT-CONICYT, VerdeActivo

FONDEF ID23I10318, FONDEF-ANID, Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, I. Municipallidad de Macul, Rain Bird

CEDEUS ANID/FONDAP 1522A0002

CIPYCS, 16CTIC-66504, CORFO-ANID



Agradecimientos

Los autores de este libro agradecemos a todos y todas quienes hicieron posible esta publicación.

Agradecemos a las entidades públicas como CORFO y ANID (ex-CONICYT) a través de sus programas CORFO-INNOVA, FONDEF, FONDECYT y FONDAP, Ministerio de Medio Ambiente, empresas BestPlant, Dynal, Metecno, Rain Bird, Sika, Verde Activo, Walmart, Asociación Chilena de Impermeabilizadores, Dictuc S.A. y a la Pontificia Universidad Católica de Chile por el apoyo y/o cofinanciamiento de los proyectos de investigación que permitieron generar conocimiento basado en ciencia para proponer políticas públicas que fomenten la implementación de infraestructura verde de edificios.

Agradecemos a todos los académicos, académicas y estudiantes de pre y posgrado involucrados en estos proyectos de investigación, que a través de una aproximación interdisciplinaria permitieron abordar y avanzar en resolver brechas de conocimiento científico y tecnológico.

Agradecemos al Sr. Eduardo Effa Depassier y su empresa constructora, por ayudarnos en la construcción de los módulos del Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE UC), donde se han desarrollado gran parte de las investigaciones expuestas en este libro.

Finalmente, agradecemos a nuestros seres queridos por su apoyo, y en particular, a nuestros padres y madres que han partido durante el período en que se desarrollaron estos proyectos I+D+i que plasma este libro.

PREFACIO

La infraestructura verde de edificios, tales como techos y muros vegetativos, son tecnologías reconocidas por proporcionar diferentes beneficios ecosistémicos a nivel de edificios, pero por sobre todo a nivel urbano. En el año 2010 nos motivó el poder cuantificar algunos de estos beneficios ecosistémicos en climas semiáridos como el de la zona central de Chile, caracterizada por altas temperaturas y radiación solar durante gran parte del año, y muy bajas precipitaciones concentradas en pocos días, sumado a la tremenda escasez hídrica de hace más de dos décadas. Estas condiciones imponen desafíos complejos a los techos y muros vegetativos, que son muy importantes comprender y cuantificar para apoyar el diseño, construcción y mantención de estos tal que provean uno o más beneficios ecosistémicos, que potencialmente pueden generar enormes beneficios socioambientales en las urbes. Sin embargo, no existía mayor conocimiento en Chile sobre estas tecnologías más allá de las empresas que tenían sus sistemas traídos desde fuera de Chile, y que se implementaban sin tener un propósito claro a excepción de proveer a las edificaciones una apariencia sustentable. Lo cual era entendible, ya que no había herramientas para cuantificar dichos beneficios a nivel nacional y tampoco se comprendía el funcionamiento de los techos y muros vegetativos a cabalidad a pesar de la literatura internacional existente. Es por ello que surgió una iniciativa entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y diversas empresas del rubro, la que fue apoyada por el programa Corfo-Innova para avanzar en el conocimiento y desarrollo de estas tecnologías de infraestructura verde. Esta fue la semilla que gatilló la construcción del Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE UC) que ha permitido llevar a cabo diversos proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Estos proyectos han generado conocimiento científico que permite evaluar y cuantificar el potencial de esta infraestructura verde urbana para reducir el consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero de edificios, mitigar la contaminación atmosférica mediante la captura de material particulado fino y grueso, y proveer mayor resiliencia a las ciudades frente a las olas de calor y efecto isla de calor urbano.

Estos son tres beneficios ecosistémicos son claves en climas semiáridos como los de la zona central de Chile. Dicho avance del estado del arte, que cabe destacar no sólo es conocimiento sino desarrollo e integración de herramientas que permiten cuantificar estos beneficios, es una base científica que apoya al desarrollo de políticas públicas que impulsen la implementación de infraestructura verde urbana como techos y muros vegetativos. En consecuencia, estos beneficios ecosistémicos particulares mejoran la calidad de vida de las personas, reduciendo el riesgo de enfermedades y mortalidad, costos asociados a la contaminación atmosférica y olas de calor, y permiten avanzar más rápidamente hacia la carbono neutralidad y el desarrollo sostenible. En diversos países, estados, provincias o ciudades del mundo se reconoce que los techos y muros verdes presentan diversos beneficios ecosistémicos que generan gran beneficio socioambiental y, por ende, el mercado no puede fomentar por sí solo su implementación, siendo necesario el desarrollo de un conjunto de políticas públicas que incentiven, cofinancien, y regulen los proyectos de techos y muros vegetativos. En consecuencia, este libro surge para facilitar este camino, mostrando resultados científicos y tecnológicos de proyectos I+D+i, que demuestran localmente que los beneficios ecosistémicos son reales, y que se debe desarrollar un conjunto de políticas públicas basado en ciencia que fomenten la implementación de esta infraestructura verde.



Figura 1.1. Fotografía techo vegetativo Vitamayor, Vitacura, Santiago, Chile

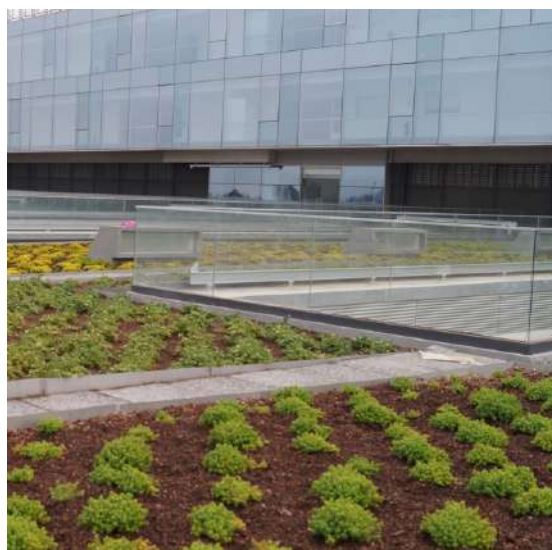


Figura 1.2. Fotografía techo vegetativo Hospital el Carmen, Maipú, Santiago, Chile

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Sistemas de techos y muros vegetativos	13
1.2. Políticas públicas para la implementación de techos y muros vegetativos	20
2. CATASTRO DE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN CHILE	26
2.1. Ficha 01. Edificio Andrónico Luksic	29
2.2. Ficha 02. Contraloría General de la República	31
2.3. Ficha 03. Clínica Las Condes	33
2.4. Ficha 04. Clínica UC San Carlos de Apoquindo.....	35
2.5. Ficha 05. Mirador del Alto Las Condes	37
2.6. Ficha 06. Edificio Corporativo Molymet	39
2.7. Ficha 07. Edificio de las Artes VI-VIII	41
2.8. Ficha 08. Edificio Transoceánica	43
2.9. Ficha 09. Avenida Tobalaba	45
2.10. Ficha 10. Edificio Tricel.....	47
2.11. Ficha 11. Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza	49
2.12. Ficha 12. Hospital El Carmen, Dr. Luis Valentín Ferrada	51
2.13. Ficha 13. Hotel InterContinental	53
2.14. Ficha 14. Terraza Hotel Ritz-Carlton.....	56
2.15. Ficha 15. Express de LIDER La Plaza	58
2.16. Ficha 16. Lobby Hotel InterContinental	60
2.17. Ficha 17. Mall Plaza Egaña	62
2.18. Ficha 18. Tienda Metrocuadrado	64
2.19. Ficha 19. Falabella Parque Arauco	67
2.20. Ficha 20. Fachada Parque Arauco	70
2.21. Ficha 21. Parque Titanium	72
2.22. Ficha 22. Piscina Municipal de Peñalolén	75
2.23. Ficha 23. Vitamayor I	77
2.24. Ficha 24. Vitamayor II	80
2.25. Ficha 25. Vitamayor muros	82
2.26. Ficha 26. Carreras de la Salud, Pontificia Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín	84

2.27.	Ficha 27. Casa Particular San Francisco de Asís	86
2.28.	Ficha 28. Coca-cola.....	88
2.29.	Ficha 29. Colegio Salvador Allende	91
2.30.	Ficha 30. Café Moka, Clínica Las Condes.....	93
3.	RESULTADO DEL CATASTRO DE CUBIERTAS VEGETATIVAS.....	95
3.1.	Superficie de cubiertas vegetativas	96
3.2.	Distribución de cubiertas vegetativas por uso de edificios	98
3.3.	Vegetación utilizada y requerimiento hídrico.....	105
3.4.	Principales fallas de cubiertas vegetativas	108
4.	BENEFICIOS ECOSISTEMICOS DE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN CLIMAS SEMIARIDOS.....	110
4.1.	Mitigación de contaminación atmosférica: FONDEF ID15I10104.....	113
4.2.	Eficiencia energética de edificios: FONDECYT 1150675 y FONDECYT 1181610	121
4.3.	Mitigación efecto isla de calor urbano: FONDECYT 1150675 y 1181610	127
5.	POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN EL MUNDO	141
5.1.	Clasificación de las políticas públicas para fomentar los techos y muros vegetativos.....	142
5.2.	Políticas públicas en países seleccionados	150
6.	PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO	159
6.1.	Antecedentes para definir objetivos de una propuesta de política pública	161
6.2.	Contenido de una propuesta de política pública para fomentar techos y muros vegetativos.....	165
7.	REFERENCIAS	170

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 antiraíz, 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.

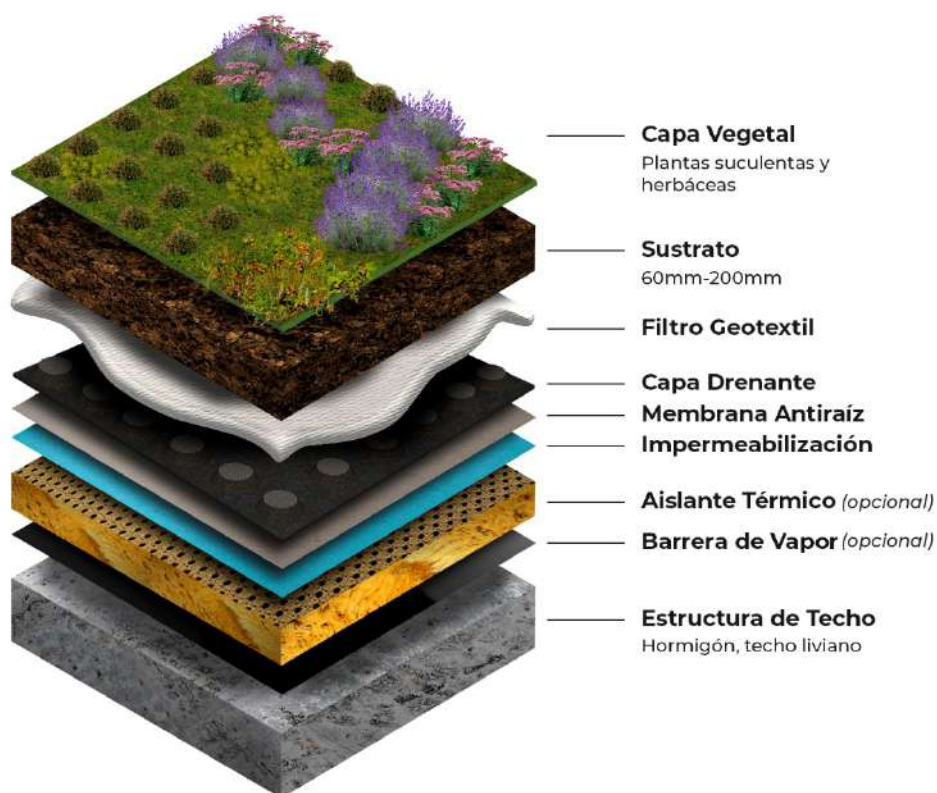


Figura 1.6. Sección típica de un techo vegetativo extensivo (Adaptado de Newton et al. (2007)).

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).

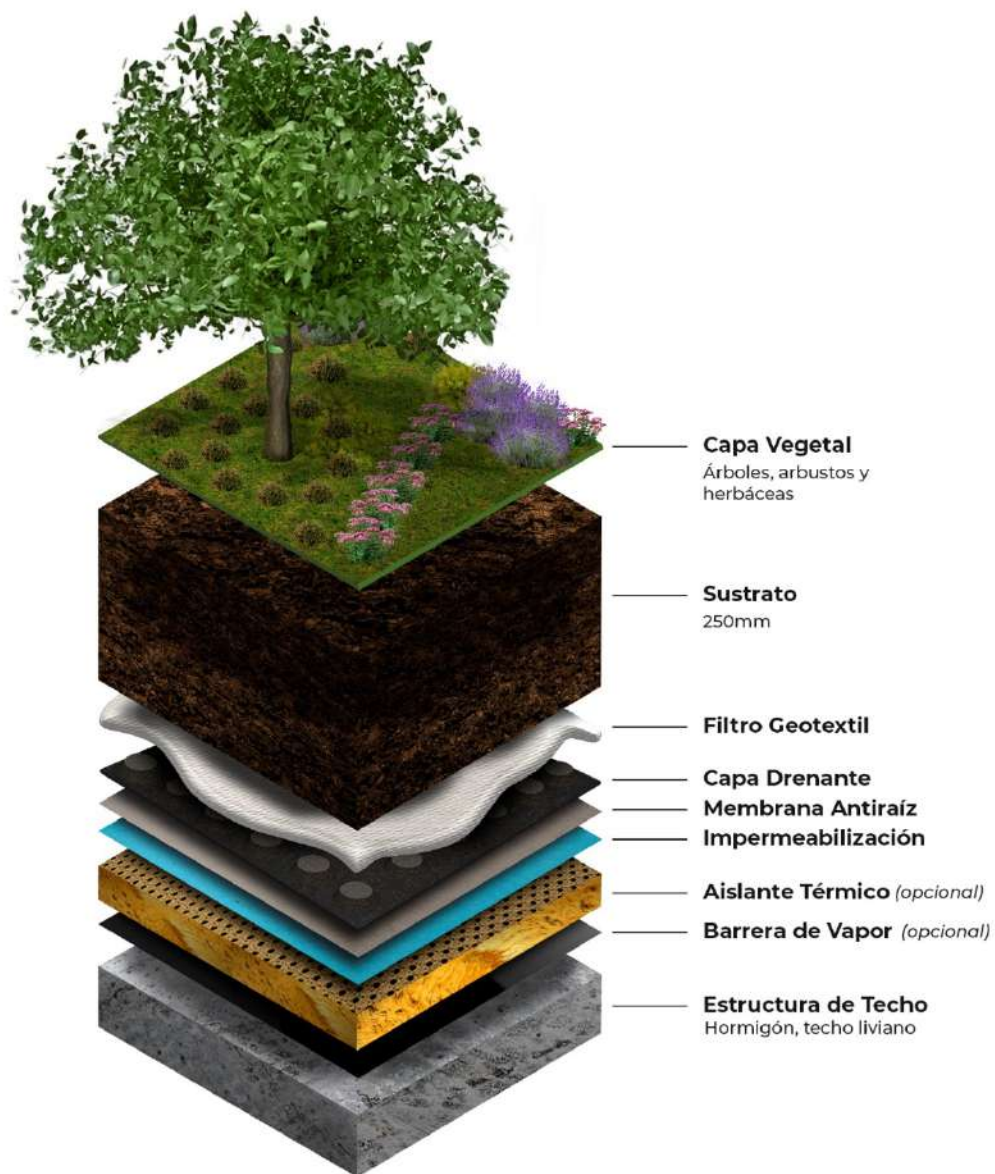


Figura 1.8. Sección típica de un techo vegetativo intensivo (Adaptado de Newton et al. (2007)).



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

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.



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.



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 ID15I10104) 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 política públicas que incentiven la implementación de estas tecnología. 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.

2. CATASTRO DE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN CHILE

El presente capítulo contiene un resumen del catastro de techos y muros vegetativos realizado en el año 2014 como parte del proyecto INNOVA 12IDI2-13630, liderado por la Pontificia Universidad Católica y cofinanciado por la misma casa de estudios, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y las empresas BESTPLANT, Sika, Metecno, Walmart y DYNAL. Uno de los objetivos principales del proyecto era catastrar las cubiertas vegetativas existentes en el país, de manera de generar un diagnóstico de los tipos existentes, las técnicas constructivas empleadas y los sustratos y vegetación utilizados.

El catastro es presentado mediante fichas técnicas con información de cada proyecto que contiene datos generales como nombre del proyecto, ubicación, destino, emplazamiento, tipo de cubierta, empresa que lo implementó, nombres de los arquitectos y paisajistas, año y orientación. También incluye información de superficie y pendientes, así como tipo de dren. Además, se detallan generalidades de la vegetación y sustrato y se agrega un estudio detallado de las especies utilizadas (Tabla 2.1). Finalmente, se identifican los principales problemas observados y sus posibles causas.

Inicialmente se identificaron 50 proyectos en la Región Metropolitana, de los cuales se catastraron 30. La mayor parte de la información recolectada fue obtenida directamente a través inspección visual en visitas a los proyectos, mientras que, en menor medida, debido a la falta de información, se utilizó información documentada por la empresa a cargo de la implementación. Se tuvo un porcentaje de recolección de datos del 47,2% del total esperado, por esta razón los campos completados en las fichas con “NI” indican que no fueron informados. En la Tabla 2.2 se muestra un listado de los proyectos catastrados.

Tabla 2.1. Información contenida en la ficha de cada proyecto catastrado.

Datos		Explicación
Generalidades	Nombre del proyecto	
	Ubicación	Lugar de ubicación del proyecto
	Destino	Uso que tiene la edificación (ej.: residencial, oficina)
	Emplazamiento	Ubicación dentro del proyecto de la cubierta (techo o muro)
	Tipo de cubierta	Tipo de cubierta (extensiva, semi-intensiva, intensiva)
	Implementación	Empresa que desarrolló y/o llevó a cabo el proyecto
	Arquitecto	Arquitecto del proyecto
	Paisajista	Paisajista del proyecto
	Año	Año de construcción del proyecto
	Orientación	Orientación que tiene la cubierta
Geometría	Superficie (m ²)	Área de la cubierta
	Pendiente (%)	Pendiente de la cubierta
Tipo de Dren (Capacidad)		Tipo de dren utilizado
Vegetación generalidades	Tipo	Tipo de vegetación existente en la cubierta
	Demanda de agua	Irrigación estimada que tiene la vegetación
	Riego	Caracterización del riego que tiene
Sustrato	Textura o Tipo	Tipo de sustrato que se utilizó
	Profundidad (cm)	Profundidad de la capa de sustrato
Otros comentarios		Otros comentarios relevantes
Especies instaladas	Nombre común	De cada especie
	Nombre científico	De cada especie
	Familia	De cada especie
	Tipo de planta	Si corresponde a arbusto, herbáceas, trepadoras, etc.
	Tipo de especie	Introducida o nativa
	Origen	Parte del mundo
	Resistencia a heladas	Si resisten a heladas o no
	Multiplicación/propagación	Tipo de multiplicación o propagación
	Tamaño (cm y m)	Altura
	Exposición	Sol/semisol/semisombra/sombra
	Estado	Estado actual de las especies

Tabla 2.2. Listado de proyectos catastrados

Ficha Nº	Tipo de cubierta	Nombre del proyecto
1	Techo	Edificio Andrónico Luksic
2	Muro	Contraloría General de la República
3	Techo	Clínica las Condes
4	Techo	Clínica UC San Carlos de Apoquindo
5	Techo	Mirador del Alto Las Condes
6	Techo	Edificio Corporativo Molytmet
7	Techo	Edificio de las artes VI+VIII
8	Techo	Edificio Transoceánica
9	Muro	Avenida Tobalaba
10	Muro	Edificio Tricel
11	Techo	Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza
12	Techo	Hospital El Carmen, Dr. Luis Valentín Ferrada
13	Muro	Hotel Intercontinental
14	Muro	Terraza Hotel Ritz-Carlton
15	Techo	Express LIDER La Plaza
16	Muro	Lobby Hotel InterContinental
17	Muro	Mall Plaza Egaña
18	Muro	Tienda Metrocuadrado
19	Muro	Falabella Parque Arauco
20	Muro	Fachada Parque Arauco
21	Techo	Parque Titanium
22	Techo	Piscina Municipal de Peñalolén
23	Techo	Vitamayor II
24	Techo	Vitamayor I
25	Muro	Vitamayor
26	Techo	Carreras de la Salud Pontificia Universidad Católica Campus San Joaquín
27	Techo	Casa particular San Francisco de Asís
28	Muro	Coca-Cola
29	Techo	Colegio Salvador
30	Techo	Café Moka, Clínica Las Condes

A continuación, se presentan los detalles de cada proyecto catastrado en fichas enumeradas de la 01 a la 30.

2.1. Ficha 01. Edificio Andrónico Luksic

Nombre del proyecto:	Edificio Andrónico Luksic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín		
Ubicación:	Avenida Vicuña Mackenna 4860, Macul, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Educacional y oficinas	Superficie (m²):	1300
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Delta drain, Empresa Dynal
Empresa implementación:	ECOROofs	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas
Arquitecto:	Enrique Browne & Asociados.	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	ECOROofs	Tipo de riego:	Por aspersión
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Norponiente	Profundidad de sustrato:	30-35 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Lavanda	Viburno	Festuca Ovina	Romerino
Nombre Científico:	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Viburnum lucidum</i>	<i>Festuca glauca</i>	<i>Westringia fruticosa</i>
Familia:	Lamiaceae	Caprifoliaceae	Poaceae	Lamiaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Región Mediterránea	Europa	Europa	Australia
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	Esquejes	Semilla y división de planta	Esqueje en otoño
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 50 cm	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Pleno sol	Pleno sol	Pleno sol	Pleno sol
Estado:	Muy bueno	Muy bueno	Regular	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	
Nombre Común:	Acacia hojas de cuchillo	Festuca alta	Rye grass	
Nombre Científico:	<i>Acacia cultriformis</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>	
Familia:	Fabaceae	Poaceae	Poaceae	
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	Australia	Europa y norte de África	Inglaterra	
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	No	
Multiplificación/Propagación:	Semilla y Esqueje	Ahijamiento	Semilla	
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 6 cm	Altura: 6 cm	
Exposición:	Sol	Sol	Sol	
Estado:	Regular	Regular	Regular	

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Se puede observar que no ha tenido una buena mantención ya que tiene presencia de malezas.



Ficha 1. Edificio Andrónico Luksic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín, Macul, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Lavandula angustifolia



Viburnum lucidum



Festuca glauca



Westringia fruticosa



Acacia cultriformis



Festuca arundinacea y Lolium perenne

2.2. Ficha 02. Contraloría General de la República

Nombre del proyecto:	Contraloría General de la República			
Ubicación:	Teatinos 56, Santiago Centro, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Público	Superficie (m²):	126	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Hidropónico con estructura enmallado doble malla de geotextil	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Bordemar Studio	Tipo de vegetación:	Herbáceas, trepadoras y rastreras	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Mitzi Rojas	Tipo de Riego:	Por exudación	
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Muro interior	Profundidad de sustrato:	20 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Mala Madre	Cissus	Tradescantia variegada	Esparraguera
Nombre Científico:	Chlorophytum comosum	Cissus rhombifolia	Tradescantia fluminensis	Asparagus setaceus
Familia:	Anthericaceae	Vitaceae	Commelinaceae	Asparagaceae
Tipo de Planta:	Herbácea Perenne	Trepadora perenne	Herbácea perenne	Trepadora perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Nativa de Sudáfrica	Trópicos en América	América Central y Sur	África del Sur
Resistencia a heladas:	No inferiores a -2 ºC	No	No	Soporta hasta 0 ºC
Multiplicación/Propagación:	Produce hijuelos	Esquejes	División y esquejes	Por semilla en Otoño
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm	Altura: 10 cm	Altura: 50 cm
Exposición:	Semisombra	Semisombra – sombra	Semisombra – sombra	Semisombra – sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Helecho pata de conejo	Sedum	Dólar negro	Aptenia
Nombre Científico:	Davallia mariesii	Sedum rubrotinctum	Plectranthus vehrii	Aptenia cordifolia
Familia:	Davalliaceae	Crassulaceae	Labiadas	Aizoaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Rastrera perenne	Herbácea perenne	Rastrera perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Asia tropical	México	Sudáfrica	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Son sensibles al frío	Sí
Multiplicación/Propagación:	Rizomas	Esquejes	Gajos y división	División y esquejes.
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 20 cm	Altura: 30 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sol – semisombra	Semisombra - sombra	Semisombra - sombra	Semisombra
Estado:	Helecho pata de conejo	Sedum	Dólar negro	Aptenia
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Helecho nido de ave	Dólar / planta del dinero	Davallia	Trébol
Nombre Científico:	Asplenium nidus avis	Plectranthus australis	Davallia mariesii	Trifolium repens
Familia:	Aspleniaceae	Lamiaceae	Davalliaceae	Papilionaceas
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	África y Asia	Sudeste de África	Asia tropical	Norte de África y Asia
Resistencia a heladas:	No inferiores a los 14 ºC	No inferiores a 5 ºC	Sí	No inferiores a 10 ºC
Multiplicación/Propagación:	Por esporas	Esquejes y división	División de rizomas	Estolones y semillas
Tamaño:	Altura: 20 cm	Altura: 20 cm	Altura: 15 cm	Altura: 5 cm
Exposición:	Semisombra - sombra	Semisombra - sombra	Semisombra - sombra	Semisombra - sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Se puede observar que no ha tenido una buena mantención ya que tiene presencia de malezas. Está ubicado en un patio interior subterráneo.				



Ficha 2. Contraloría General de la República. Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Chlorophytum comosum



Cissus rhombifolia



Tradescantia fluminensis



Asparagus setaceus (plumosus)



Davallia mariesii



Sedum rubrotinctum



Plectranthus vehrii



Aptenia cordifolia



Asplenium nidus avis



Plectranthus australis



Davallia mariesii



Trifolium repens

2.3. Ficha 03. Clínica Las Condes

Nombre del proyecto:	Clínica Las Condes		
Ubicación:	Lo Fontecilla 441, Las Condes, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Salud	Superficie (m²):	120
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Delta drain, Empresa Dynal
Empresa implementación:	ASFALCHILE	Tipo de vegetación:	Arbustos, árboles y tapizantes
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Teresa Moller y Asociados	Tipo de Riego:	Por aspersión
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	En medio de la rotonda	Profundidad de sustrato:	NI

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3
Nombre Común:	Mirto	Liquidambar	Lágrimas de ángel
Nombre Científico:	<i>Myrtus communis</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Soleirolia soleirolii</i>
Familia:	Myrtaceae	Hamamelidaceae	Urticaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Árbol	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa meridional y el norte de África	Sur de EE. UU., México, Guatemala	Córcega
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	No
Multiplicación/Propagación:	Esquejes semileñosos y por semillas.	Semillas en otoño	Semillas y división
Tamaño:	Altura: 80 cm	Altura: 4 m	Altura: 5 cm
Exposición:	Semisombra	Semisombra	Sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Muy mal estado

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Se puede observar que no ha tenido una buena mantención ya que se observa presencia de malezas. Está cubierta es bastante simple ya que cuenta con solo una especie arbustiva que hace juego con los árboles que no están plantados en la misma, sino más bien en una cubierta ubicada en pisos inferiores.



Ficha 3. Cafetería Moka, Clínica las Condes, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Myrtus communis



Liquidambar styraciflua



Soleirolia soleirolii

2.4. Ficha 04. Clínica UC San Carlos de Apoquindo

Nombre del proyecto:	Clínica UC San Carlos de Apoquindo		
Ubicación:	Camino El Alba 12351, Las Condes, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Salud	Superficie (m²):	385
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Delta drain, Empresa Dynal
Empresa implementación:	DYNAL y Constructora Axis	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas
Arquitecto:	JMF Arquitectos	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Marta Viveros	Tipo de riego:	Por aspersión
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Encima de Urgencias	Profundidad de sustrato:	50 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Agapanto	Lavanda	Lantana rastrera	Carex
Nombre Científico:	<i>Agapanthus praecox</i>	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Lantana sellowiana</i>	<i>Carex buchananii</i>
Familia:	Amaryllidaceae	Lamiaceae	Verbenaceae	Cyperaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	Región Mediterránea	América tropical y subtropical	Nueva Zelanda
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multipliación/Propagación:	Tubérculos en primavera	Esquejes	Esquejes y semillas	División de planta y semilla
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 30 cm	Altura: 35 cm	Altura: 40 cm
Exposición:	Pleno sol	Pleno sol	Sol	Sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5			
Nombre Común:	Cola de pluma			
Nombre Científico:	<i>Pennisetum villosum</i>			
Familia:	Poaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Asia y África			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multipliación/Propagación:	Semilla o división de planta			
Tamaño:	Altura: 40 cm			
Exposición:	Sol			
Estado:	Bueno			

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. La cubierta no parece tener mayores problemas. Sin embargo, según el arquitecto encargado de la mantención de la cubierta, al momento de inicio de su implementación hubo problemas con el riego. Debido a esto se incorporó un sistema de drenaje. La cubierta fue reducida ya que parte de ella estaba encima de los laboratorios de la urgencia.



Ficha 4. Clínica UC San Carlos de Apoquindo, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Agapanthus praecox



Lavandula angustifolia



Lantana sellowiana

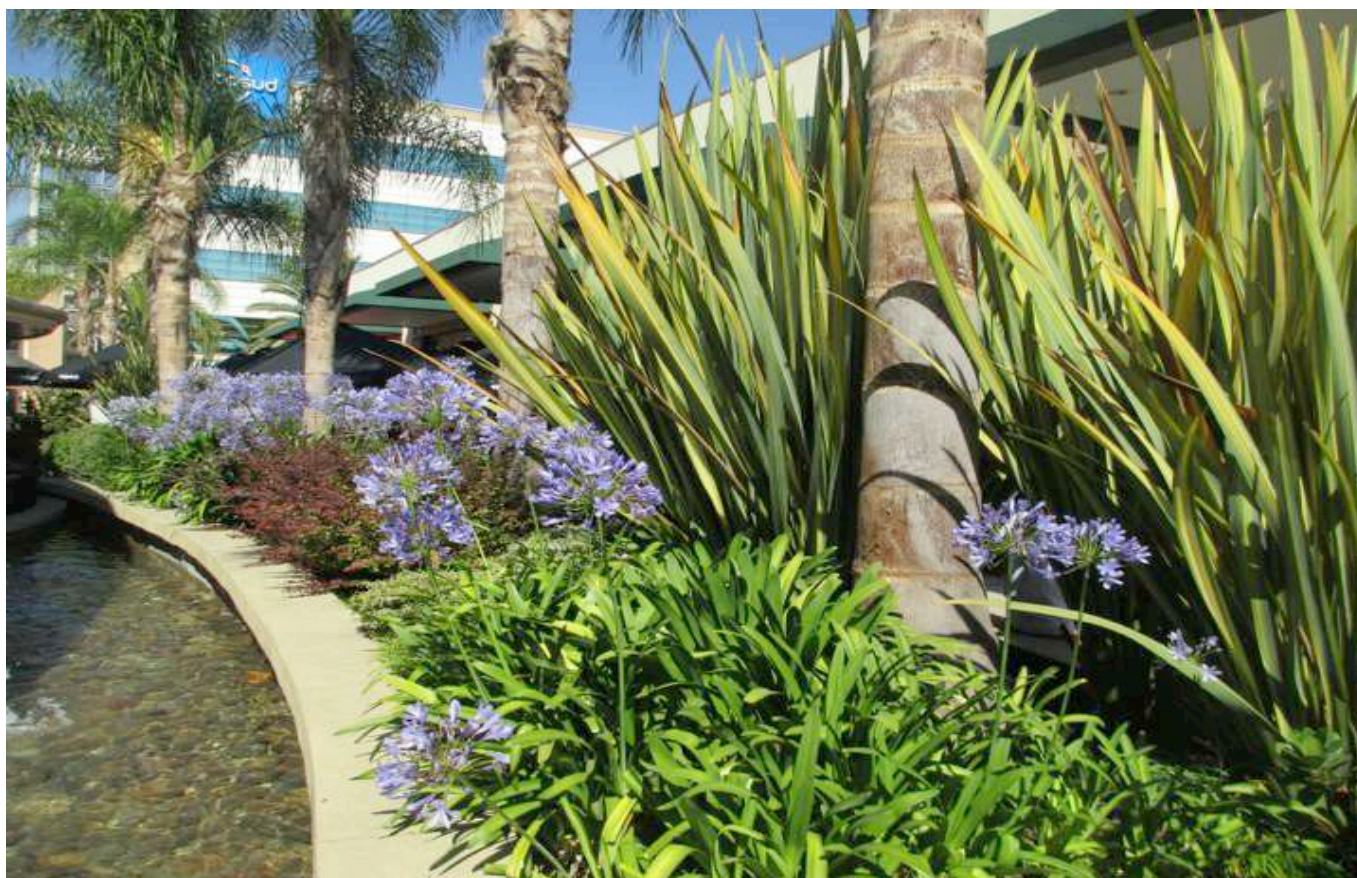


Carex buchananii



Pennisetum villosus

2.5. Ficha 05. Mirador del Alto Las Condes				
Nombre del proyecto:	Mirador del Alto Las Condes			
Ubicación:	Av. Presidente Kennedy 9001, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	120	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Geocelda de 33x33x1.5 y geotextil de 250 grs.	
Empresa implementación:	Insytect. Instala Homevan	Tipo de vegetación:	Árboles, arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	Alemparte Barreda & asocs.	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Michael Tunte K y asocs.	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2008	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Noreste	Profundidad de sustrato:	50 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Palmera de las Canarias	Agapanto	Verónica	Pita
Nombre Científico:	Phoenix canariensis	Agapanthus africanus	Hebe buxifolia	Phormium tenax
Familia:	Arecaceas	Lilaceae	Scrophulariaceae	Agavaceae
Tipo de Planta:	Árbol perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	N. África e Islas Canarias	Sudáfrica	Nueva Zelanda	Nueva Zelanda
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Semillas y retoños	Div. Rizomas y semillas	Por esquejes en verano	División de planta
Tamaño:	Altura: 8 m	Altura: 70 cm	Altura: 40 cm	NI
Exposición:	Sol y semisombra	Semisombra	Pleno sol y semisombra	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Verónica colombiana	Berberis	Laurel	Cefirantes
Nombre Científico:	Cuphea hyssopifolia	Berberis thunbergii atropurpurea	Nerium Oleander nano	Zephyranthes candida
Familia:	Oleaceae	Berberidaceae	Apocynaceae	Araucareaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Arbusto caduco	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducido	Nativa
Origen:	América central	Japón	C. del Mediterráneo	Sudamérica
Resistencia a heladas:	No	Sí	Sí	No
Multiplicación/Propagación:	División y esqueje	NI	Estacas y semillas	División
Tamaño:	Altura: 60 cm	Altura: 70 cm	Altura: 80 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Semisombra	Sol	Sol	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9			
Nombre Común:	Ophiopogon			
Nombre Científico:	Ophiopogon japonicus			
Familia:	Liliaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Japón			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplicación/Propagación:	División			
Tamaño:	Altura: 20 cm			
Exposición:	Semisombra			
Estado:	Bueno			
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Esta cubierta logra un buen desarrollo en todas sus especies.				



Ficha 5. Mirador del Alto Las Condes, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Phoenix canariensis



Agapanthus africanus



Hebe buxifolia



Phormium tenax



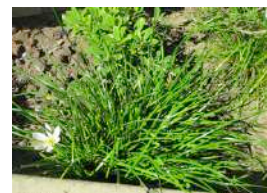
Cuphea hyssopifolia



B. Thumbergii atropurpurea



Nerium Oleander nano



Zephyranthes candida



Ophiopogon japonicus

2.6. Ficha 06. Edificio Corporativo Molytmet

Nombre del proyecto:	Edificio Corporativo Molytmet		
Ubicación:	Camino Nos a los Morros # 590, San Bernardo, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Edificio de oficinas	Superficie (m²):	1050
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	MiraDrain Gr9400
Empresa implementación:	Tep	Tipo de vegetación:	Herbáceas
Arquitecto:	Jardín Bora Bora Ltda.	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Juan Grimm	Tipo de riego:	Por goteo
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico arcilloso
Orientación:	Oriente y Poniente	Profundidad de sustrato:	25 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2
Nombre Común:	Sedum	Rayito de sol
Nombre Científico:	<i>Sedum acre</i>	<i>Lampranthus spectabilis</i>
Familia:	Crassulaceae	Aizoaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea rastrera perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida
Origen:	Península Ibérica	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	Resiste -7 °C
Multipliación/Propagación:	Semillas en primavera	Estacas
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sol	Sol – semisol
Estado:	Mal estado	Bueno

Observaciones: En general, se encuentra en regulares condiciones. En esta cubierta se utilizaron dos tipos de especies en donde una de ellas no se adecuó al lugar ni al sustrato. Tiene orientación oriente y poniente.



Ficha 6. Edificio Corporativo Molymet, San Bernardo.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre



Lampranthus spectabilis

2.7. Ficha 07. Edificio de las Artes VI-VIII

Nombre del proyecto:	Edificio de las Artes VI+VIII		
Ubicación:	Cerro El Plomo 5680, Las Condes, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Edificio de oficinas	Superficie (m²):	300
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Flora Drain FD-25e (ZinCo)
Empresa implementación:	Habitat Sustentable	Tipo de vegetación:	Árboles y arbustos
Arquitecto:	LCV - A4 Arquitectos	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	María Loreto Valenzuela	Tipo de riego:	Por aspersión
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Norponiente	Profundidad de sustrato:	15 – 20 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Boj común	Veronica, Hebe	Pitosporo	Liquidambar
Nombre Científico:	<i>Buxus sempervirens</i>	<i>Hebe buxifolia</i>	<i>Pittosporum tobira</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>
Familia:	Buxaceae	Scrophulariaceae	Pittosporaceae	Hamamelidaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Árbol caduco
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa	Nueva Zelanda	China y Japón	Norteamericano
Resistencia a heladas:	Sí	Resiste heladas suaves	Resiste heladas suaves	Sí
Multiplicación/Propagación:	Estacas	Esquejes en verano	Por semillas o por estacas	Semillas en otoño
Tamaño:	Altura: 60 cm	Altura: 70 cm	Altura: 70 cm	Altura: 3 – 6 m
Exposición:	Sombra	Sombra	Sombra	Sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	
Nombre Común:	Laurentina	Philica	Junípero San José	
Nombre Científico:	<i>Viburnum tinus</i>	<i>Phylica ericoides</i>	<i>Juniperus chinensis</i>	
Familia:	Caprifoliaceae	Rhamnaceae	Cupresaceae	
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Arbusto perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducido	Introducida	
Origen:	Península Iberia	Sudafricano	Norteamérica	
Resistencia a heladas:	Resiste heladas suaves	No	Sí	
Multiplicación/Propagación:	Por semilla	Estacas	Semilla y esquejes	
Tamaño:	Altura: 1 m	Altura: 50 – 60 cm	Altura: 40 – 60 cm	
Exposición:	Sombra	Sol – semisombra	Sol – semisombra	
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Se puede observar que el riego y la sombra favorece a las especies utilizadas. Existen algunas especies que se encuentran secas, por lo analizado, puede ser que el riego este muy cerca de algunas, y las que están más lejanas del riego no les llegue suficiente agua.



Ficha 7. Edificio de las artes VI+VIII, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Buxus sempervirens



Hebe buxifolia



Pittosporum tobira



Phormium tenax



Caprifoliaceae



Phylica ericoides



Juniperus chinensis

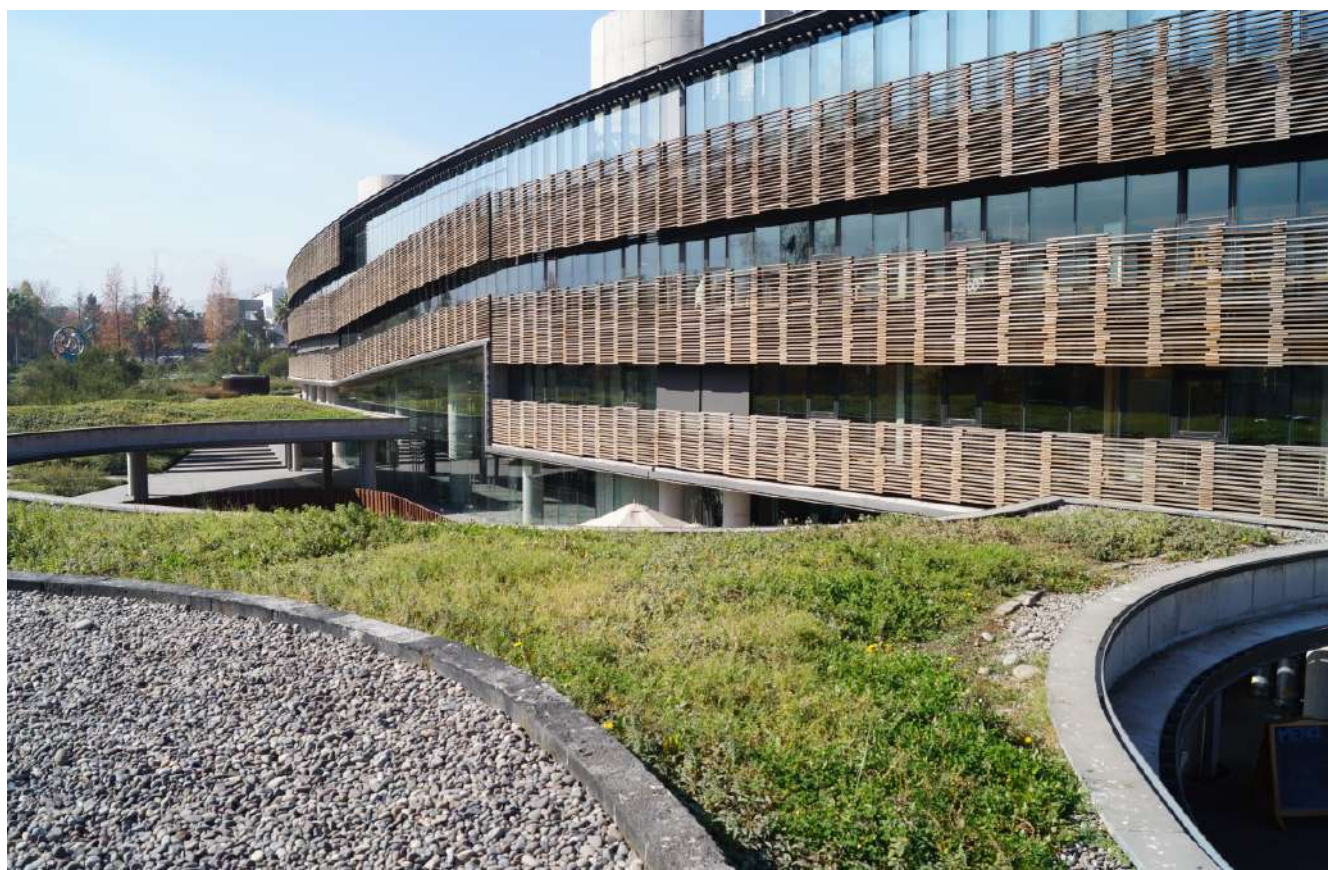
2.8. Ficha 08. Edificio Transoceánica

Nombre del proyecto:	Edificio Transoceánica		
Ubicación:	Av. Santa María 5888, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Edificio de oficinas	Superficie (m²):	625
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	MiraDrain Gr9400
Empresa implementación:	Tecpro	Tipo de vegetación:	Herbáceas
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Juan Grimm	Tipo de riego:	Por goteo
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico arcilloso
Orientación:	Norte	Profundidad de sustrato:	25 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	
Nombre Común:	Hiperico	
Nombre Científico:	<i>Hypericum calycinum</i>	
Familia:	Gutiferaceae	
Tipo de Planta:	Herbácea rastrera perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	
Origen:	Grecia y Asia menor	
Resistencia a heladas:	Sí, pero pueden dañarlo	
Multiplificación/Propagación:	Por estacas en verano	
Tamaño:	Altura: 30 cm	
Exposición:	Sol	
Estado:	Bueno	

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Las especies se encuentran en buen estado, existiendo algunas malezas debido a la escasa mantención.



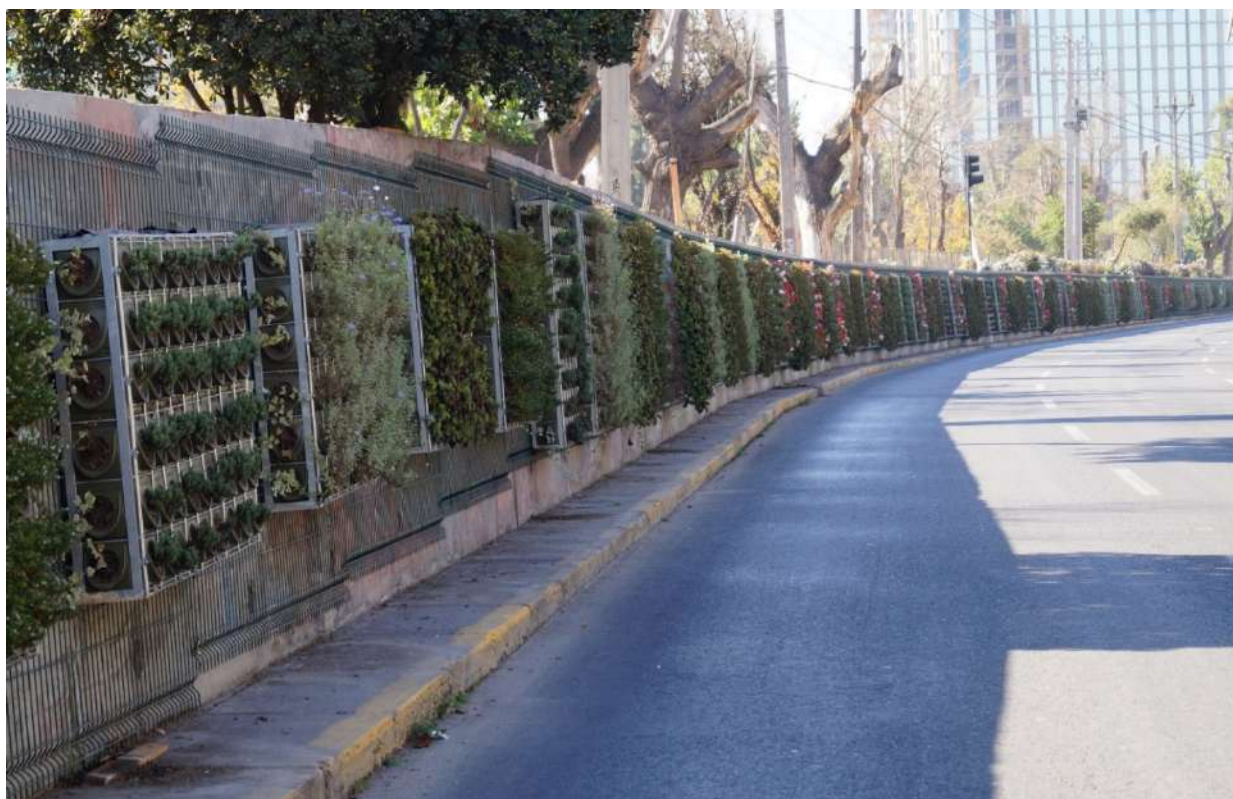
Ficha 8. Edificio Transoceánica, Vitacura, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Hypericum calycinum

2.9. Ficha 09. Avenida Tobalaba				
Nombre del proyecto:	Avenida Tobalaba			
Ubicación:	Av. Tobalaba a un costado de canal San Carlos, Ñuñoa, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Muro contenedor	Superficie (m²):	250	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Modular con contendor, Canevaflor	Tipo de Dren:	NA	
Empresa implementación:	Dynal	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	Miguel Ángel Fernández	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Evelyn Vásquez Franjola	Tipo de riego:	Exudación	
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Poniente	Profundidad de sustrato:	30 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Cardenal	Estipa	Verónica, Hebe	Hiedra
Nombre Científico:	<i>Pelargonium sp.</i>	<i>Stipa tenuissima</i>	<i>Hebe speciosa</i>	<i>Hedera helix</i>
Familia:	Geraniaceae	Poáceas	Scrophulariaceae	Araliaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Herbácea trepadora perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	México, EE. UU. y Argentina	Nueva Zelanda	Islas Canarias y N. África
Resistencia a heladas:	Susceptible a heladas	Sí	Heladas suaves	Sí
Multiplicación/Propagación:	Estacas de 4 – 7 yemas	Semillas	Esquejes en verano	NI
Tamaño:	Altura: 20 cm	Altura: 40 – 50 cm	Altura: 10 cm	Altura: 30 – 40 cm
Exposición:	Sol – semisombra	Sol – semisombra	Sol – semisombra	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Festuca ovina	Agatea	Verónica colombiana	Pilea
Nombre Científico:	<i>Festuca glauca</i>	<i>Felicia amelloides</i>	<i>Cuphea hyssopifolia</i>	<i>Pilea mollis</i>
Familia:	Poaceae	Asteraceae	Oleaceae	Urticaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa	Sudáfrica	Centro américa	Australia y N. Zelanda
Resistencia a heladas:	Sí	Susceptible a heladas	Sí	No
Multiplicación/Propagación:	División y semilla	Semilla y esqueje	Esquejes y semilla	Esquejes
Tamaño:	Altura: 15 cm	Altura: 20 cm	Altura: 15 cm	Altura: 15 cm
Exposición:	Sol y semisombra	Sol y semisombra	Sol y semisombra.	Sol y semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9			
Nombre Común:	Sedum			
Nombre Científico:	<i>Sedum spurium</i>			
Familia:	Crassulaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Cáucaso			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplicación/Propagación:	División y esquejes			
Tamaño:	Altura: 10 cm			
Exposición:	Sol y semisombra			
Estado:	Bueno			
Observaciones: En general, se encuentra en regulares condiciones. Hay varias especies que no se encuentran en buen estado ya que varias de ellas están con plagas y su crecimiento ha sido pobre.				



Ficha 9. Avenida Tobalaba. Ñuñoa, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Pelargonium sp.



Stipa tenuissima



Hebe speciosa



Hedera hélix



Festuca glauca



Felicia amelloides



Cuphea hyssopifolia



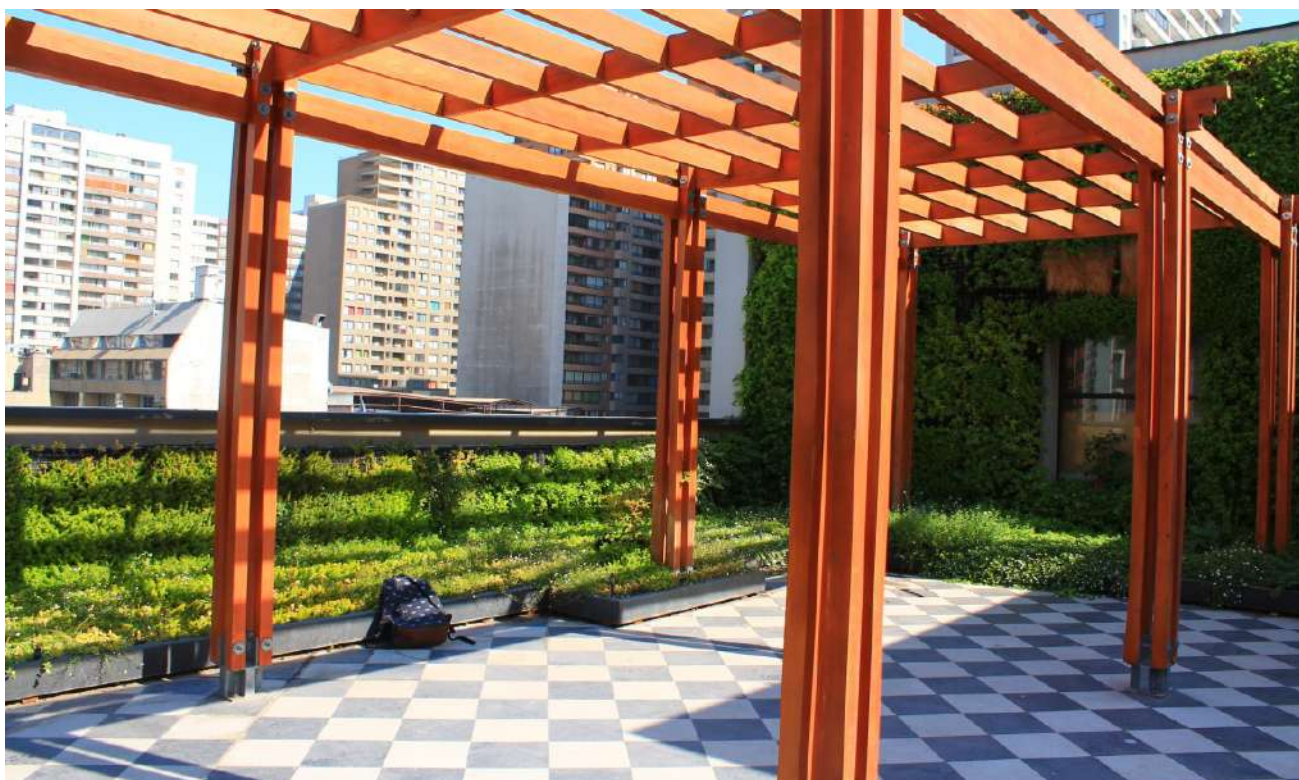
Pilea mollis



Sedum spurium

2.10. Ficha 10. Edificio Tricel

Nombre del proyecto:	Edificio Tricel			
Ubicación:	Compañía de Jesús 1288, Santiago Centro, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Edificio de oficinas	Superficie (m²):	60	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Semi-intensiva	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Paisajismo Vertical	Tipo de vegetación:	Árboles, arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Paisajismo Vertical	Tipo de riego:	Por aspersión	
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Sur	Profundidad de sustrato:	10 cm y más	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Vitadinea	Hiedra pata de gallina	Agatea	Menta
Nombre Científico:	<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Hedera Helix, pedata</i>	<i>Felicia amelloides</i>	<i>Mentha piperita</i>
Familia:	Asteraceae	Apocynaceae	Asteraceae	Lamiaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	México	Europa	Sudáfrica	Regiones asiáticas
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Susceptible a heladas	Tolera los 0 °C
Multiplicación/Propagación:	Esquejes y división	Esquejes	Por división	Estolones
Tamaño:	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 3 m	Altura: 20 – 40 cm	Altura: 20 – 40 cm
Exposición:	Sol – semisombra	Sombra – semisombra	Semisombra	Sol - semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Rayito de sol	Pitosporo nigricans	Lavanda	Braquiquito
Nombre Científico:	<i>Lampranthus spectabilis</i>	<i>Pittosporum nigricans</i>	<i>Lavandula officinalis</i>	<i>Brachychiton populneus</i>
Familia:	Aizoaceae	Pittosporaceae	Lamiaceae	Sterculiaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Árbol perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	Nueva Zelanda	Europa Meridional, N. África	Australia
Resistencia a heladas:	Resiste -7 °C	Sí. Hasta -5 °C	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Estacas	Semillas y estacas	Estacas	Semillas
Tamaño:	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 1 – 2 m	NI	Altura: 2 m
Exposición:	Sol -semisol	Semisol	Semisol	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10		
Nombre Común:	Oreja de Oso	Hiedra		
Nombre Científico:	<i>Primula polyantha</i>	<i>Hedera helix</i>		
Familia:	Primulaceae	Araliaceae		
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne		
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida		
Origen:	Europa y China	Europa		
Resistencia a heladas:	Sí	Sí		
Multiplicación/Propagación:	Semilla en otoño	Estaca y división		
Tamaño:	Altura: 15 cm	Altura: 3 m		
Exposición:	Semisombra	Semisombra		
Estado:	Bueno	Bueno		
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones.				



Ficha 10. Edificio Tricel. Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Erigeron karvinskianus



Hedera Helix, pedata



Felicia amelloides



Mentha piperita



Lampranthus spectabilis



P. nigricans



L. officinalis



B. populneus



Primula polyantha



Hedera helix

2.11. Ficha 11. Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza

Nombre del proyecto:	Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza			
Ubicación:	Av. Froilán Roa 6542, La Florida, Santiago, Chile			
Destino:	Salud	Superficie (m²):	4.707	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Semi-intensiva	Tipo de Dren:	TremDrain ½”	
Empresa implementación:	NI	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	BBats consulting and projects SLP	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Rencoret & Ruttimann	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico – mineral	
Orientación:	Sur	Profundidad de sustrato:	12 – 14 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum de otoño	Sedum	Uña de Gato	Sedum
Nombre Científico:	<i>Sedum acre variedad sp.</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum acre</i>	<i>Sedum palmeri</i>
Familia:	Crassulaceae	Crassulaceae	Crasulaceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Península Ibérica	Islas Aland y SO Finlandia	Península Ibérica	México
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Esquejes	Semillas o esquejes	División de mata	Por esquejes primavera
Tamaño:	Altura: 15 cm	Altura: 20 cm	Altura: 10 cm	Altura: 15 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5			
Nombre Común:	Sedum			
Nombre Científico:	<i>Sedum spathulifolium purpureum</i>			
Familia:	Crassulaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Oeste de Norteamérica			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplicación/Propagación:	Por esquejes			
Tamaño:	Altura: 8 cm			
Exposición:	Sol			
Estado:	Bueno			
Observaciones: La cubierta se encuentra en buen estado, las especies ya se han estabilizado teniendo un buen tamaño. No se observan enfermedades ni plagas. A su vez el sustrato mineral que tiene está en buenas condiciones. Se observa una buena mantención y conservación de las especies.				



Ficha 11. Hospital Clínico La Florida, Dra. Eloísa Díaz Insunza, La Florida, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre variedad sp.



Sedum album



Sedum acre



Sedum palmeri



Sedum spathulifolium purpureum

2.12. Ficha 12. Hospital El Carmen, Dr. Luis Valentín Ferrada

Nombre del proyecto:	Hospital El Carmen, Dr. Luis Valentín Ferrada			
Ubicación:	Av. Camino a Rinconada 1201, Maipú, Santiago, Chile			
Destino:	Salud	Superficie (m²):	8.645	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Semi-intensiva	Tipo de Dren:	TremDrain ½”	
Empresa implementación:	Tecpro	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	BBats consulting and projects SLP	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Rencoret & Ruttimann	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico – mineral	
Orientación:	Norte	Profundidad de sustrato:	12 – 14 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum	Uña de Gato	Sedum	Sedum
Nombre Científico:	<i>Sedum album</i>	<i>Sedum acre</i>	<i>Sedum palmeri</i>	<i>S spurium purpureum</i>
Familia:	Crassulaceae	Crasulaceae	Crassulaceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudoeste de Finlandia	Península Ibérica	México	Cáucaso
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Por semillas	Esquejes	Esquejes	Por esquejes y semillas
Tamaño:	Altura: 20 cm	Altura: 20 cm	Altura: 10 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5			
Nombre Común:	Sedum de otoño			
Nombre Científico:	<i>Sedum acre variedad sp.</i>			
Familia:	Crassulaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Península Ibérica			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplificación/Propagación:	Por división de mata			
Tamaño:	Altura: 15 cm			
Exposición:	Sol			
Estado:	Bueno			
Observaciones: La cubierta se encuentra en buen estado, las especies ya se han estabilizado teniendo un buen tamaño. No se observan enfermedades ni plagas. A su vez el sustrato mineral que tiene está en buenas condiciones. Se observa una buena mantención y conservación de las especies.				



Ficha 12. Hospital El Carmen, Dr. Luis Valentín Ferrada, Maipú, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre variedad sp.



Sedum album



Sedum acre



Sedum palmeri



Sedum spathulifolium purpureum

2.13. Ficha 13. Hotel InterContinental

Nombre del proyecto:	Hotel InterContinental			
Ubicación:	Av. Vitacura 2885, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Hotel	Superficie (m²):	2.600	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Sistema industrializado	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	P. Vertical y Contierra	Tipo de vegetación:	Arbustos, herbáceas y rastreras	
Arquitecto:	Alemparte Barreda y Asociados Arquitectos	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Vivian Castro de Contierra	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Poniente	Profundidad de sustrato:	20 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum	Sedum	Sedum	Aptenia
Nombre Científico:	<i>Sedum praealtum</i>	<i>Sedum palmeri</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Aptenia cordifolia</i>
Familia:	Crassulaceae	Crassulaceae	Crassulaceae	Aizoaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	México	Originaria del Cáucaso	Originaria del Cáucaso	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	División y esquejes	División y esquejes	División y esquejes	División y esquejes
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 8 cm	Altura: 10 cm	Altura: 15 cm
Exposición:	Semisol	Semisol	Semisol	Semisol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Junipero San José	Romero rastrero	Ajuga, Lechuguilla	Carex
Nombre Científico:	<i>Juniperus chinensis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Ajuga reptans</i>	<i>Carex buechananii</i>
Familia:	Cupressaceae	Lamiaceae	Lamiaceae	Cyperaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Oriente de Asia	Cuenca mediterránea	Europa	Nueva Zelanda
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	Por estacas o injerto	Esqueje	División y semillas	División y semillas
Tamaño:	Altura: 1 m	Altura: 20 cm	Altura: 10 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Semisol	Semisol	Semisombra	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Coprosma	Hiedra pata de gallina	Frutilla silvestre	Especie desconocida
Nombre Científico:	<i>Coprosma kirkii variegata</i>	<i>Hedera helix, pedata</i>	<i>Fragaria chiloensis</i>	NI
Familia:	Rubiaceae	Apocynaceae	Rosaceae	NI
Tipo de Planta:	Rastrera perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	NI
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	NI
Origen:	Nueva Zelanda	Europa	Europa	Zona central de Chile
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	NI
Multiplificación/Propagación:	Por esqueje	Esquejes	Esquejes	NI
Tamaño:	Altura: 60 cm	Altura: 3 m	Altura: 10 cm	NI
Exposición:	Semisombra	Sombra – semisombra	Semisombra	NI
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	NI

2.13. Ficha 13. Hotel InterContinental (Continuación)

Características	Especie 13	Especie 14	Especie 15	
Nombre Común:	Ophiopogon	NI	Lágrimas de ángel	
Nombre Científico:	<i>Ophiopogon japonicus</i>	NI	<i>Soleirolia soleirolii</i>	
Familia:	Liliaceae	NI	Urticaceae	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	NI	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	Japón	NI	Córcega	
Resistencia a heladas:	Sí	NI	No	
Multiplificación/Propagación:	División	NI	Semillas y división	
Tamaño:	Altura: 20 cm	NI	Altura: 10 cm	
Exposición:	Semisombra	NI	Semisombra	
Estado:	Bueno	NI	Bueno	

Observaciones: Se pudo observar que existió una primera construcción hecha que no funcionó como se había proyectado, debido al diseño del riego. Se vio muy afectada por los reflejos del sol, lo que quemó algunas especies. No hubo una elección de especies adecuadas al lugar, por lo que se cambió el tipo de implementación, donde utilizaron un sistema modular tipo panel, cambiando el tipo de especies, tipo de riego y tipo de sustrato orgánico.



Ficha 13. Hotel InterContinental, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum praealtum



Sedum palmeri



Sedum spurium



Aptenia cordifolia



Juniperus chinensis



Rosmarinus officinalis



Ajuga reptans



Carex buchananii



Coprosma kirkii variegata



Hedera helix, pedata



Fragaria chiloensis



No identificada



Ophiopogon japonicus



Desconocida



Soleirolia soleirolii

2.14. Ficha 14. Terraza Hotel Ritz-Carlton

Nombre del proyecto:	Terraza Hotel Ritz-Carlton			
Ubicación:	El Alcalde 15, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Hotel	Superficie (m²):	50	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Modular palmeta	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Paisajismo Vertical	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	Alemparte y Barreda Arquitectos	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Paisajismo Vertical	Tipo de riego:	Por exudación	
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Oriente	Profundidad de sustrato:	10 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum	Aptenia	Aralia	Romero rastrero
Nombre Científico:	<i>Sedum acre</i>	<i>Aptenia cordifolia</i>	<i>Fatsia japonica</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Familia:	Crassulaceae	Aizoaceae	Araliaceae	Lamiaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Herbacea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Península Ibérica	Sudáfrica	Japón y China	Cuenca mediterránea
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	División	División	Esqueje y semilla	NI
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm	Altura: 60 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Semisombra	Semisombra	Sombra	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Lágrimas de ángel	Zebrina péndula	Heuchera	Helecho peineta
Nombre Científico:	<i>Soleirolia soleirolii</i>	<i>Tradescantia zebrina</i>	<i>Heuchera sanguinea</i>	<i>Nephrolepis exaltata</i>
Familia:	Urticaceae	Commelinaceae	Saxifragaceae	Lomariopsidacea
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Córcega	América Central y Sur	Arizona, México	Zonas tropicales
Resistencia a heladas:	No	No	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	Semillas y división	División y esquejes	División de plantas	Esporas y división
Tamaño:	Altura: 8 cm	Altura: 20 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 40 cm
Exposición:	Semisombra	Sombra	Sol – semisombra	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10		
Nombre Común:	Hiedra pata de gallina	Hiedra		
Nombre Científico:	<i>Hedera helix pedata</i>	<i>Hedera helix, v variegata</i>		
Familia:	Apocynaceae	Araliaceae		
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne		
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida		
Origen:	Europa	Europa		
Resistencia a heladas:	Sí	Sí		
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	Esquejes		
Tamaño:	Altura: 1 m	Altura: 80 cm		
Exposición:	Sombra – semisombra	Semisombra		
Estado:	Bueno	Bueno		
Observaciones: Este muro se encuentra en buenas condiciones. Se le hace mantención a cada 15 días, donde si es necesario se reponen especies en mal estado.				



Ficha 14. Terraza Hotel Ritz-Carlton, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre



Aptenia cordifolia



Fatsia japonica



Rosmarinus officinalis



Soleirolia soleirolii



Tradescantia zebrina



Heuchera sanguinea



Nephrolepis exaltata



Tradescantia zebrina



Hedera helix, v. variegata

2.15. Ficha 15. Express de LIDER La Plaza

Nombre del proyecto:	Express LIDER La Plaza		
Ubicación:	Av. La Plaza N° 590, Las Condes, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	756
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Extensiva	Tipo de Dren:	jj25 y DynaGarden AR 4mm y HDPE (Delta MS)
Empresa implementación:	Dynal	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas
Arquitecto:	Uriarte Arquitectos	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Angélica Correa	Tipo de riego:	Por aspersión
Año:	2009	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Norponiente	Profundidad de sustrato:	40 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Escalonia	Romero	Cola de pluma	Gaura
Nombre Científico:	<i>Escallonia Rubra</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Pennisetum villosum</i>	<i>Gaura lindheimeri</i>
Familia:	Saxifragaceae	Lamiaceae	Poaceae	Oenotheraceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Nativa	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Chile	Cuenca mediterránea	Asia y África	América Boreal
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	Esquejes	Semilla o división	División y semilla
Tamaño:	Altura: 80 cm	Altura: 70 cm	Altura: 40 cm	Altura: 70 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	
Nombre Común:	Cola de zorro	Knifofia	Carex	
Nombre Científico:	<i>Pennisetum setaceum</i>	<i>Kniphofia caulescens</i>	<i>Carex buechananii</i>	
Familia:	Poaceae	Xanthorrhoeaceae	Cyperaceae	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	Asia y África	Sudáfrica	Nueva Zelanda	
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	
Multiplificación/Propagación:	Semilla y división	División y semilla	División y semilla	
Tamaño:	Altura: 70 cm	Altura: 70 cm	Altura: 50 cm	
Exposición:	Sol	Sol	Sol	
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	

Observaciones: Esta cubierta no se encuentra en buenas condiciones, debido a su baja mantención. Las especies no se encuentran en buen estado, debido a la escasa fertilización y escaso riego.



Ficha 15. Express de LIDER La Plaza, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Escallonia Rubra



Rosmarinus officinalis



Pennisetum villosum



Gaura lindheimeri



Pennisetum setaceum



Kniphofia caulescens



Carex buchananii

2.16. Ficha 16. Lobby Hotel InterContinental

Nombre del proyecto:	Lobby Hotel InterContinental		
Ubicación:	Av. Vitacura #2885, Vitacura, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Hotel, lobby	Superficie (m²):	160
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Modular palmeta	Tipo de Dren:	NI
Empresa implementación:	Paisajismo Vertical	Tipo de vegetación:	Herbáceas
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Paisajismo Vertical	Tipo de riego:	Por goteo
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Interior	Profundidad de sustrato:	7 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Filodendro	Pamplinas	Hiedra	Aptenia
Nombre Científico:	<i>Philodendron radiatum</i>	<i>Tradescantia zebrina</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Aptenia cordifolia</i>
Familia:	Araceae	Commelinaceae	Araliaceae	Aizoaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Brasil y Colombia	México	Europa	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	No	No	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Esqueje	Esquejes	Por esquejes	Esquejes
Tamaño:	Altura: 80 cm	Altura: 30 cm	Altura: 20 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Interior con luz natural	Interior con luz natural	Interior con luz natural	Interior con luz natural
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Lágrimas de ángel	Ajuga	Helecho espada	Amor de hombre
Nombre Científico:	<i>Soleirolia soleirolii</i>	<i>Ajuga reptans</i>	<i>Nephrolepis exaltata</i>	<i>T. fluminensis</i>
Familia:	Urticaceae	Lamiaceae	Nephrolepidaceae	Commelinaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Córcega	Cuenca Mediterránea	Trópico	México
Resistencia a heladas:	No	Sí	Sí	No inferiores a -10 °C
Multiplicación/Propagación:	Semillas y división	División y semillas	División de rizomas	Esquejes
Tamaño:	Altura: 15 cm	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Interior con luz natural	Interior con luz natural	Interior con luz natural	Interior con luz natural
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	
Nombre Común:	Begonia	Helecho de cumbre	Filodendro	
Nombre Científico:	<i>Begonia sp.</i>	<i>Woodwardia radicans</i>	<i>Philodendron pertusum</i>	
Familia:	Begoniaceae	Blechnaceae	Araceae	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	América, África y Asia	Hemisferio Norte	A. Central y Antillas	
Resistencia a heladas:	No	Sí	No	
Multiplicación/Propagación:	Esquejes	División de rizomas	Esqueje de tallo	
Tamaño:	Altura: 20 cm	Altura: 90 cm	Altura: 1 m	
Exposición:	Interior con luz natural	Sombra, buena luz	Sombra, buena luz	
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	

Observaciones: Se pudo observar un muro contenido y bien desarrollado y cada especie en buenas condiciones.



Ficha 16. Lobby Hotel InterContinental, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Philodendron radiatum



Tradescantia zebrina



Hedera helix



Aptenia cordifolia



Soleirolia soleirolii



Ajuga reptans



Nephrolepis exaltata



Tradescantia fluminensis



Begonia sp.



Woodwardia radicans



Philodendron pertusum

2.17. Ficha 17. Mall Plaza Egaña

Nombre del proyecto:	Mall Plaza Egaña		
Ubicación:	Larraín 5862, Ñuñoa, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	NI
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	NI	Tipo de Dren:	NI
Empresa implementación:	NI	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	NI	Tipo de riego:	Por exudación
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	NI	Profundidad de sustrato:	NI

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Romero rastrero	Vitadinia	Mioporo	Vinca
Nombre Científico:	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Myoporum acuminatum</i>	<i>Vinca minor</i>
Familia:	Lamiaceae	Asteraceae	Myoporaceae	Apocynaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Región Mediterránea	México	Australia	Europa central y Sur
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	No	No
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	Esquejes y división	Esquejes	Esquejes
Tamaño:	Altura: 15 cm	Altura: 15 cm	Altura: 20 cm	Altura: 15 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	NI	NI	NI	NI
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	
Nombre Común:	Hiedra pata de gallo	Helecho espada	Poleo	
Nombre Científico:	<i>Hedera helix 'pedata'</i>	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	<i>Mentha pulegium</i>	
Familia:	Apocynaceae	Nephrolepidaceae	Labiadas	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	Europa	Trópico	Europa y Península Ibérica	
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	División de rizomas	Mediante semillas	
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 20 cm	Altura: 10 – 30 cm	
Exposición:	Sombra	Sombra	Sol	
Estado:	NI	NI	NI	

Observaciones: Especies en altura.



Ficha 17. Mall Plaza Egaña, La Reina, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Rosmarinus officinalis



Erigeron karvinskianus



Myoporum acuminatum



Vinca minor



Hedera helix 'pedata'



Nephrolepis cordifolia



Mentha pulegium

2.18. Ficha 18. Tienda Metrocuadrado

Nombre del proyecto:	Tienda Metrocuadrado			
Ubicación:	Luis Pasteur 5569, Vitacura, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	200	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Contenedor	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Mazza Green Shop	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Mazza Green Shop	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2012	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Poniente y oriente	Profundidad de sustrato:	25 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Helecho peineta	E. cola de zorro	Helecho pata de conejo	Rayito de sol
Nombre Científico:	<i>Nephrolepis exaltata</i>	<i>Asparagus densiflorus</i>	<i>Davallia mariesii</i>	<i>Mesembryanthemum c</i>
Familia:	Lomariopsidacea	Asparagaceae	Davalliaceae	Aizoaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Zonas tropicales	Zonas tropicales	Asia tropical	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	No	Sí	No
Multiplicación/Propagación:	Esporas y división	Semillas y división	Rizomas	Por esquejes
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 60 cm	Altura: 60 cm	Altura: 10 cm
Exposición:	Semisombra	Semisombra	Sol – semisombra	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Romero rastrero	Lágrimas de ángel	Helecho cirtomio	Lonicera nitida
Nombre Científico:	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Soleirolia soleirolii</i>	<i>Cyrtomium falcatum</i>	<i>Lonicera nitida</i>
Familia:	Lamiaceae	Urticaceae	Dryopteridaceae	Caprifoliaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Cuenca mediterránea	Córcega	China, Japón e Himalaya	Asia, China
Resistencia a heladas:	Sí	No	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Por esqueje	Semillas y división	División de rizomas	Esquejes
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 8 cm	Altura: 30 cm	Altura: 50 cm
Exposición:	Sol – semisombra	Semisombra	Sombra	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Salvia	Verónica colombiana	Margarita leñosa	Flor del ajo
Nombre Científico:	<i>Salvia uliginosa</i>	<i>Cuphea hyssopifolia</i>	<i>Argyranthemum f.</i>	<i>Tulbaghia violacea</i>
Familia:	Lamiaceas	Oleaceae	Asteraceae	Amarilidacea
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Arbusto perenne	Arbusto perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Brasil, Uruguay	Centro América	Islas Canarias	Sur de África
Resistencia a heladas:	Sí	No	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	División y semillas	Esquejes y semilla	Esquejes	División de plantas
Tamaño:	Altura: 60 cm	Altura: 30 cm	Altura: 30 cm	Altura: 50 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.18. Ficha 18. Tienda Metrocuadrado (Continuación)

Características	Especie 13	Especie 14	Especie 15	Especie 16
Nombre Común:	Heuchera	Esparraguera	Parra de interior	Jazmín azorico
Nombre Científico:	Heuchera sanguinea	Asparagus densiflorus	Cissus rhombifolia	Jasminum azoricum
Familia:	Saxifragaceae	Asparagaceae	Vitaceae	Oleaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Nativa	Introducida
Origen:	Arizona, México	África	Chile, Brasil y Argentina	A. de los Azores
Resistencia a heladas:	No	No	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	División de plantas	División de plantas	Esquejes	Estacas
Tamaño:	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 80 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 80 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Semisombra	Semisombra	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 17	Especie 18	Especie 19	
Nombre Común:	Fucsia	Senecio	Sedum	
Nombre Científico:	Fuchsia hybrida	Senecio rowleyanus	Sedum palmeri	
Familia:	Onagraceae	Asteraceae	Crassulaceae	
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Nativa	Introducida	Introducida	
Origen:	Chile y México	Sudáfrica	México	
Resistencia a heladas:	Sí	No	Sí	
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	División	Por esquejes	
Tamaño:	Altura: 70 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 10 cm	
Exposición:	Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	
Observaciones: Este muro se encuentra en buenas condiciones con una densa vegetación, debido a la mantención y la elección de especies. A su vez se encuentra con una buena orientación para estas plantas.				



Ficha 18. Tienda Metrocuadrado, Vitacura, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Nephrolepis exaltata



Asparagus densiflorus



Davallia mariesii



Mesembryanthemum c.



Rosmarinus officinalis



Soleirolia soleirolii



Cyrtomium falcatum



Lonicera nitida



Salvia uliginosa



Cuphea hyssopifolia



Argyranthemum frutescens



Tulbaghia violacea



Heuchera sanguinea



Asparagus densiflorus



Cissus rhombifolia



Jasminum azoricum



Fuchsia hybrida



Senecio rowleyanus



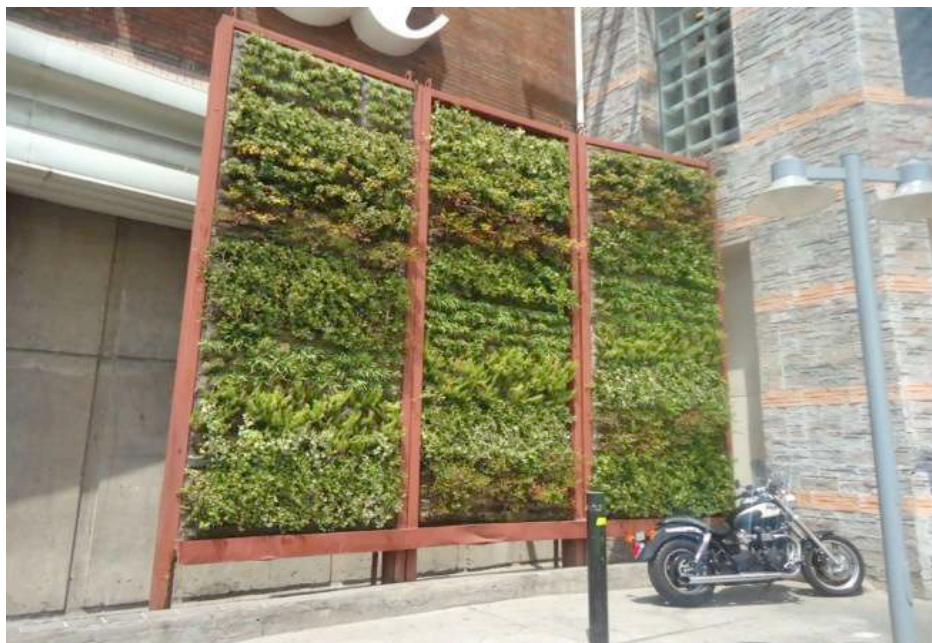
Sedum palmeri

2.19. Ficha 19. Falabella Parque Arauco

Nombre del proyecto:	Falabella Parque Arauco			
Ubicación:	Av. Presidente Kennedy 5413, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	100	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Modular palmeta	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Plant Art	Tipo de vegetación:	Arbustos, herbáceas, trepadoras	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Myriam Hirnheimer	Tipo de riego:	Por exudación	
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Norte	Profundidad de sustrato:	10 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Hiedra	Rayito de sol	Verónica	Cotoneaster
Nombre Científico:	<i>Hedera helix</i>	<i>Mesembryanthemum s.</i>	<i>Hebe buxifolia</i>	<i>Cotoneaster dammeri</i>
Familia:	Araliaceae	Aizoaceae	Scrophulariaceae	Rosaceae
Tipo de Planta:	Trepadora persistente	Cubresuelos	Arbusto persistente	Arbusto perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa	Sudáfrica	Nueva Zelanda	China
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Por esquejes	Por esquejes	Por esquejes	Semillas, esquejes
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 30 cm	Altura: 40 cm	Altura: 40 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Sol	Sol - Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Pitosporo	Nandina	Verónica atropurpurea	Hiedra
Nombre Científico:	<i>Pittosporum tobira</i>	<i>Nandina domestica</i>	<i>Hebe buxifolia a</i>	<i>Hedera helix v glacier</i>
Familia:	Pittosporaceae	Berberidaceae	Escrofulariaceas	Araliaceae
Tipo de Planta:	Arbusto persistente	Arbusto semi- caduco	Arbusto perenne	Trepadora persistente
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	China y Japón	Este de Asia	Japón	Islas Canarias
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Por semillas y estacas	Semillas	Semillas, esquejes y estacas	Esquejes y división
Tamaño:	Altura: 1 m	Altura: 30 cm	Altura: 40 cm	Altura: 40 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Semisombra	Sol – Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Carex	Veronica blanca enana	Hebe gem	Romero
Nombre Científico:	<i>Carex buechananii</i>	<i>Hebe diosmifolia</i>	<i>Hebe emerald gold</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Familia:	Cyperacea	Plantaginaceae	Plantaginaceae	Lamiaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Arbusto	Arbusto perenne	Cubresuelos
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Nueva Zelanda	Nueva Zelanda	Australiano	Mediterráneo
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Por semillas	Semillas, esquejes	Semillas, esquejes y estacas	Esquejes y semillas
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 15 cm	Altura: 80 cm	Altura: 15 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.19. Ficha 19. Falabella Parque Arauco (Continuación)

Características	Especie 13	Especie 14	Especie 15	Especie 16
Nombre Común:	Esparraguera	Agapanto enano	Helecho espada	Helicrisum
Nombre Científico:	<i>Asparagus densiflorus m</i>	<i>Agapanthus praecox</i>	<i>Nephrolepis exaltata</i>	<i>Helichrysum sp.</i>
Familia:	Asparagacea	Liliaceae	Nephrolepidaceae	Asteraceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea anual
Tipo de Especie:	Introducida	Introducido	Introducida	Introducida
Origen:	Sur de África	Sudáfrica	Trópico	África
Resistencia a heladas:	Sí	No	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	División y semillas	Div. tubérculos y semillas	División de rizomas	División de planta
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 15 cm	Altura: 25 cm	Altura: 50 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra
Estado:	Regular	Regular	Bueno	Bueno
Características	Especie 17			
Nombre Común:	Evonimo			
Nombre Científico:	<i>E japonicus microphyllus a</i>			
Familia:	Celastraceae			
Tipo de Planta:	Arbusto perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Japón			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplificación/Propagación:	Estacas, semillas			
Tamaño:	Altura: 60 cm			
Exposición:	Sol – Semisombra			
Estado:	Bueno			
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Algunas especies con menor cobertura.				



Ficha 19. Falabella Parque Arauco, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Hedera helix



Mesembryanthemum s



Hebe buxifolia



Cotoneaster dammeri



Pittosporum tobira



Nandina domestica



Hebe buxifolia a



Hedera helix v glacier



Carex buechananii



Hebe diosmifolia



Hebe emerald gold



Rosmarinus officinalis



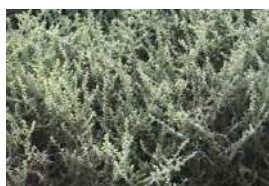
Asparagus d myersii



Agapanthus praecox



Nephrolepis exaltata



Helichrysum sp



Euonymus j microphyllus a

2.20. Ficha 20. Fachada Parque Arauco				
Nombre del proyecto:	Fachada Parque Arauco			
Ubicación:	Av Presidente Kennedy 5413, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	750	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Sistema industrializado	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Plant Art	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	Carlos Sabarots Vial	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Myriam Hirnheimer	Tipo de riego:	Por exudación	
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Norte	Profundidad de sustrato:	8 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Nandina / Bambú s	Hiedra canaria	Agapanto enano	Esparraguera
Nombre Científico:	Nandina domestica	Hedera canariensis	Agapanthus praecox	Asparagus densiflorus
Familia:	Berberidaceae	Araliaceae	Liliaceae	Asparagacea
Tipo de Planta:	Arbusto caduco	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Este de Asia	Islas Canarias y N África	Sudáfrica	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Semillas	Esquejes	División de tubérculos y semillas	División de plantas y semillas
Tamaño:	Altura: 10 – 28 cm	Altura: variable	Altura: 20 cm	Altura: 60 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5			
Nombre Común:	Pitosporo enano			
Nombre Científico:	Pittosporum tobira nana			
Familia:	Pittosporaceae			
Tipo de Planta:	Arbusto perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	China y Japón			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplicación/Propagación:	Por semillas o estacas			
Tamaño:	Altura: 40 cm			
Exposición:	Sol			
Estado:	Regular			
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones debido al tipo de riego que tiene y por la mantención.				



Ficha 20. Fachada Parque Arauco, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Nandina domestica



Hedera canariensis



Agapanthus praecox



Asparagus densiflorus



Pittosporum tobira nana

2.21. Ficha 21. Parque Titanium

Nombre del proyecto:	Parque Titanium			
Ubicación:	Av. Bicentenario 3883, Las Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Oficinas y comercio	Superficie (m²):	9.000	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	DeltaFlorax (Dynal)	
Empresa implementación:	Vicky Rojas	Tipo de vegetación:	Árboles, arbustos, herbáceas y trepadoras	
Arquitecto:	ASL Sencorp	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Cristina Felsenhardt y Hans Muhr	Tipo de riego:	Por goteo y aspersión	
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico – Mineral	
Orientación:	Norte	Profundidad de sustrato:	70 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Rafiolepis	Alstromeria	Carbonillo	Sedum de Otoño
Nombre Científico:	<i>Rhaphiolepis indica</i>	<i>Alstroemeria hybrida</i>	<i>Cordia decandra</i>	<i>Sedum spectabile</i>
Familia:	Rosaceae	Amaryllidaceae	Boraginaceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Arbusto Perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Nativa	Nativa	Introducida
Origen:	China y Japón meridional	Chile y Perú	Chile	Europa y México
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Por esqueje	Por división de las macollas	Semilla	Por esquejes
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 60 cm	Altura: 1,5 m	Altura: 40 cm
Exposición:	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Sol – Semisombra	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Verbena	Quillay	Cola de pluma	Quebracho
Nombre Científico:	<i>Verbena hybrida</i>	<i>Quillaja saponaria</i>	<i>Pennisetum villosum</i>	<i>Senna candolleana</i>
Familia:	Verbenaceae	Quillajaceae	Poaceae	Fabaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Árbol perenne	Herbácea perenne	Arbusto caduco
Tipo de Especie:	Nativa	Nativa	Introducida	Nativa
Origen:	Centro de Sudamérica	Chile	Asia y África	Sudamérica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Semilla y esqueje	Semilla	Semilla y división	Semilla y división
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 2,5 m	Altura: 40 cm	Altura: 1,5 m
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Madroño	Buganvillea	Chupalla	Liquidambar
Nombre Científico:	<i>Arbutus unedo</i>	<i>Bougainvillea Glabra</i>	<i>Eryngium paniculatum</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>
Familia:	Ericaceae	Nyctaginaceae	Apiaceae	Hamamelidaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Trepadora perenne	Herbácea perenne	Árbol caduco
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Nativa	Introducida
Origen:	Europa meridional	Brasil	Chile	EE. UU., México, Guatemala
Resistencia a heladas:	Sí	No	No	Sí
Multiplificación/Propagación:	Semilla	Esquejes y acodo	División y semilla	Semilla
Tamaño:	Altura: 1,5 m	Altura: 2 m	Altura: 80 cm	Altura: 2 m
Exposición:	Sol – Semisombra	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.21. Ficha 21. Parque Titanium (Continuación)

Características	Especie 13	
Nombre Común:	Carex	
Nombre Científico:	<i>Carex buechananii</i>	
Familia:	Cyperacea	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	
Origen:	Nueva Zelanda	
Resistencia a heladas:	Sí	
Multipliación/Propagación:	Semillas y división	
Tamaño:	Altura: 40 cm	
Exposición:	Sol – Semisombra	
Estado:	Bueno	
Observaciones: En general, las especies se encuentran en buen estado, existen algunas de ellas con plagas y falta de agua. Además, se encuentran conejos que no permiten el buen desarrollo de estas. Las especies no han alcanzado aún a cubrir toda la superficie.		



Ficha 21. Parque Titanium, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Rhaphiolepis indica



Alstroemeria hybrida



Cordia decandra



Sedum spectabile



Verbena hybrida



Quillaja saponaria



Pennisetum villosum



Senna candolleana



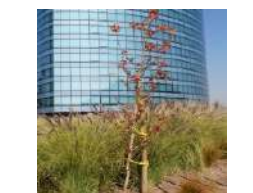
Arbutus unedo



Bougainvillea Glabra



Eryngium paniculatum



Liquidambar styraciflua



Carex buechananii

2.22. Ficha 22. Piscina Municipal de Peñalolén

Nombre del proyecto:	Piscina Municipal de Peñalolén		
Ubicación:	Ricardo Grellet de los Reyes #2101, Peñalolén, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Público	Superficie (m²):	250
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	TremDrain GR
Empresa implementación:	Tecpro	Tipo de vegetación:	Árboles y herbáceas
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	NI	Tipo de riego:	Por aspersión
Año:	2011	Tipo de sustrato:	Franco arcilloso
Orientación:	Surponiente	Profundidad de sustrato:	NI

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2
Nombre Común:	Trébol	Acer
Nombre Científico:	<i>Trifolium repens</i>	<i>Acer negundo</i>
Familia:	Fabaceae	Aceraceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Árbol caduco
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida
Origen:	Europa, N África, O. Asia	Nativa de Norteamérica
Resistencia a heladas:	No	Sí
Multiplicación/Propagación:	Estolones y semillas	Por semilla
Tamaño:	Altura: 5 cm	Altura: 5 m
Exposición:	Sol	Sol
Estado:	Mal estado	Bueno

Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. No ha tenido una buena mantención ya que se observa presencia de malezas.



Ficha 22. Piscina Municipal de Peñalolén, Peñalolén, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Trifolium repens



Acer negundo

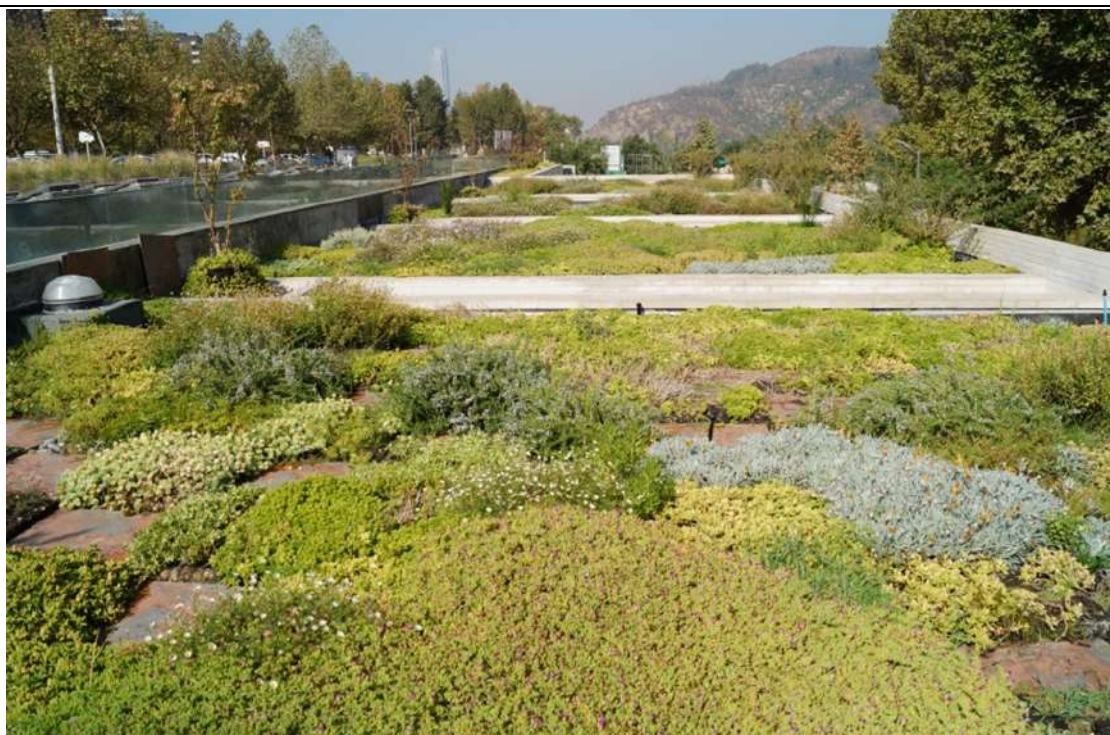
2.23. Ficha 23. Vitamayor I

Nombre del proyecto:	Vitamayor I			
Ubicación:	Av. Bicentenario 4020, Vitacura, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Parque Municipalidad	Superficie (m²):	242	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Extensiva	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Paisajismo Vertical	Tipo de vegetación:	Árboles, arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Paisajismo Vertical	Tipo de riego:	Por aspersión	
Año:	2012 – 2013	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Nororiente	Profundidad de sustrato:	7 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum	Rayito de sol	Romero rastrero	Sedum
Nombre Científico:	<i>Sedum acre</i>	<i>Lampranthus spectabilis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Sedum acre yellow queen</i>
Familia:	Crassulaceae	Aizoaceae	Lamiaceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Península Ibérica	Sudáfrica	Cuenca Mediterránea	Península Ibérica
Resistencia a heladas:	Sí	No menos de -7 °C	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	División de mata	Estacas	Esqueje	División de mata
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 15 - 30 cm	Altura: 20 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Semisombra	Sol – semisol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Agatea	Vitadinea	Hiedra	Hiperico
Nombre Científico:	<i>Felicia amelloides</i>	<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Hipericum calycinum</i>
Familia:	Asteraceae	Asteraceae	Araliaceae	Gutiferaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	México	Europa	Grecia y Asia Menor
Resistencia a heladas:	No	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	División de mata	Esquejes y división	Esquejes	Estacas
Tamaño:	Altura: 20 – 40 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Semisombra	Sol – Semisombra	Semisombra	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Santolina	Aptenia	Verbena	Ampelopsis
Nombre Científico:	<i>S. chamaecyparissus</i>	<i>Aptenia cordifolia</i>	<i>Verbena rigida</i>	<i>Parthenocissus q.</i>
Familia:	Asteraceae	Aizoaceae	Verbenaceae	Vitaceae
Tipo de Planta:	Arbusto perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea caducifolia
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sur de Europa	Sudáfrica	Brasil y Argentina	México y Norteamérica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:		División y esqueje		Estacas
Tamaño:	Altura: 50 cm	Altura: 30 cm	Altura: 35 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sol	Semisombra	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.23. Ficha 23. Vitamayor I (Continuación)

Características	Especie 13	Especie 14	Especie 15
Nombre Común:	Oreja de Oso	Acer	Gazania
Nombre Científico:	<i>Primula polyantha</i>	<i>Acer japonicum</i>	<i>Gazania splendens</i>
Familia:	Primulaceae	Aceraceae	Asteraceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Árbol caduco	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa y China	Asia, Europa, América y África septentrional	Sudáfrica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Semilla en otoño	Semilla, injerto por acodo	Semilla
Tamaño:	Altura: 8 cm	Altura: 3 m	Altura: 15 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno

Observaciones: Una cubierta con gran extensión, con alta variedad de especies, las que se encuentran en buenas condiciones. El tipo de dren al parecer no ha tenido buen resultado ya que los muros quedan chorreados de agua y los humedecen. Se han tenido que instalar unas extensiones de cañería para poder alejar el dren de los muros.



Ficha 23. Vitamayor I, Vitacura, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre



Lampranthus spectabilis



Rosmarinus officinalis



Sedum acre yellow queen



Felicia amelloides



Erigeron karvinskianus



Hedera helix



Hipericum calycinum



Santolina chamaecyparissus



Aptenia cordifolia



Verbena rigida



Parthenocissus quinquefolia



Primula polyantha



Acer japonicum



Gazani splendens

2.24. Ficha 24. Vitamayor II

Nombre del proyecto:	Vitamayor II			
Ubicación:	Av. Bicentenario 4020, Vitacura, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Parque Municipalidad	Superficie (m²):	200	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Extensiva	Tipo de Dren:	Flora Drain FD25-e (ZinCo)	
Empresa implementación:	Vicky Rojas	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	Manuela Ramírez Raffo - Municipalidad	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	María Loreto Valenzuela y Vicky Rojas	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico – Mineral	
Orientación:	Nororiente	Profundidad de sustrato:	20 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum rojo	Sedum rosado	Sedum	Sedum
Nombre Científico:	<i>Sedum spurium p.</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum s. var. coccineum</i>	<i>Sedum acre</i>
Familia:	Crassulaceae	Crassulaceae	Crassulaceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Cáucaso	Cáucaso	Cáucaso	Península Ibérica
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	División y esqueje	División y esqueje	División y esqueje	División
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 10 cm	Altura: 10 cm	Altura: 10 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6		
Nombre Común:	Romero rastrero	Rayito de sol		
Nombre Científico:	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Lampranthus spectabilis</i>		
Familia:	Lamiaceae	Aizoaceae		
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne		
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida		
Origen:	Cuenca Mediterránea	Sudáfrica		
Resistencia a heladas:	Sí	Sí		
Multiplificación/Propagación:	Esqueje	Estacas		
Tamaño:	Altura: 20 cm	Altura: 15 – 30 cm		
Exposición:	Sol	Sol – semisol		
Estado:	Bueno	Bueno		
Observaciones: Esta cubierta se encuentra en excelente estado, con buena mantención y buen riego. Las especies seleccionadas son las indicadas.				



Ficha 24. Vitamayor II, Vitacura, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum spurium purpureum



Sedum spurium



Sedum spurium variedad coccineum



Sedum acre



Rosmarinus officinalis



Lampranthus spectabilis

2.25. Ficha 25. Vitamayor muros

Nombre del proyecto:	Vitamayor Muros			
Ubicación:	Av. Bicentenario 4020, Vitacura, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Parque Municipalidad	Superficie (m²):	54	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Modular palmeta	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Paisajismo Vertical	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	Arquitecto de la Municipalidad	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Paisajismo Vertical	Tipo de riego:	Por exudación	
Año:	2012 – 2013	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Oriente	Profundidad de sustrato:	10 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum	Hiedra pata de gallina	Hiedra	Hiperico variagado
Nombre Científico:	<i>Sedum acre</i>	<i>Hedera helix pedata</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>H. calycinum</i> var <i>v.</i>
Familia:	Crassulaceae	Apocynaceae	Araliaceae	Gutiferaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Península Ibérica	Europa	Europa	Grecia y el Asia Menor
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	División de mata	Esquejes	Esquejes	Estacas y semilla
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 3 m	Altura: 3 m	Altura: 30 cm
Exposición:	Semisombra	Sombra – semisombra	Semisombra	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Aptenia	Vinca	Carex	Lágrimas de ángel
Nombre Científico:	<i>Aptenia cordifolia</i>	<i>Vinca minor</i>	<i>Carex buechananii</i>	<i>Soleirolia soleirolii</i>
Familia:	Aizoaceae	Apocynaceae	Cyperaceae	Urticaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	Europa Central y Sur	Nueva Zelanda	Córcega
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	No
Multiplificación/Propagación:	División y esqueje	Acodos	División y semilla	Semillas y división
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 15 cm	Altura: 40 cm	Altura: 8 cm
Exposición:	Semisombra	Semisombra	Sombra	Sombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9			
Nombre Común:	Lenteja			
Nombre Científico:	<i>Muehlenbeckia complexa</i>			
Familia:	Polygonaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	Nueva Zelanda			
Resistencia a heladas:	Sí			
Multiplificación/Propagación:	Esquejes y semilla			
Tamaño:	Altura: 30 cm			
Exposición:	Sol			
Estado:	Bueno			
Observaciones: Estos muros se encuentran en buenas condiciones, su vegetación se encuentra intensa y saludable. Las especies a elección fueron las indicadas para la exposición en que se encuentran. Tienen buena mantención y buen riego.				



Ficha 25. Vitamayor, Vitacura, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum acre



Hedera helix pedata



Hedera helix



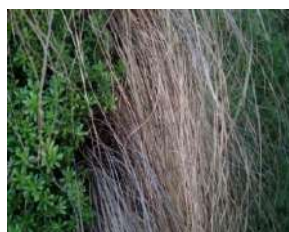
H. calycinum var. variegata



Aptenia cordifolia



Vinca minor



Carex buchananii



Soleirolia soleirolii



Muehlenbeckia complexa

2.26. Ficha 26. Carreras de la Salud, Pontificia Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín

Nombre del proyecto:	Carreras de la Salud, Pontificia Universidad Católica, Campus San Joaquín			
Ubicación:	Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Educacional	Superficie (m²):	331,3	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	TremDrain ½”	
Empresa implementación:	STANBY	Tipo de vegetación:	Árboles y herbáceas	
Arquitecto:	Marcos De Iruarrizaga & Cia. Ltda.	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	NI	Tipo de riego:	Por aspersión	
Año:	2013	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Suroriente, norte sur	Profundidad de sustrato:	30 – 35 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Agapanto	Jazmín azorico	Acer japonico	Pitosporo
Nombre Científico:	Agapanthus praecox	Jasminum azoricum	Acer palmatum	P. tobira, var nana
Familia:	Amaryllidaceae	Oleaceae	Aceraceae	Pittosporaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Árbol caduco	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	Los Azores	Japón, Corea del Sur y China	Mar de China Oriental
Resistencia a heladas:	No menos de -15 °C	Sí	Sí	Proteger helada fuerte
Multiplicación/Propagación:	División tubérculos	Estacas	Semilla y esqueje	Semillas o estacas
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 80 cm	Altura: 1,5 m	Altura: 50 cm
Exposición:	Pleno sol	Semisombra	Pleno sol	Pleno sol
Estado:	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5			
Nombre Común:	Festuca			
Nombre Científico:	Festuca arundinacea			
Familia:	Poaceae			
Tipo de Planta:	Herbácea perenne			
Tipo de Especie:	Introducida			
Origen:	África, sur de Europa			
Resistencia a heladas:	No			
Multiplicación/Propagación:	Semillas, estolones y rizomas			
Tamaño:	Altura: 15 cm			
Exposición:	Pleno sol			
Estado:	Bueno			
Observaciones: En general, se encuentra en buenas condiciones. Mantención y especies bien seleccionadas.				



Ficha 26. Carreras de la Salud Pontificia Universidad Católica Campus San Joaquín, Macul, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Agapanthus praecox



Jasminum azoricum



Acer palmatum



P. tobira, var nana



Festuca arundinacea

2.27. Ficha 27. Casa Particular San Francisco de Asís

Nombre del proyecto:	Casa particular San Francisco de Asís			
Ubicación:	San Francisco de Asís, Los Condes, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Casa particular	Superficie (m²):	110	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Intensiva	Tipo de Dren:	Hidrodrain + geotextil (Insytex S.A.)	
Empresa implementación:	Nahmias Hnos. Ltda.	Tipo de vegetación:	Arbustos y herbáceas	
Arquitecto:	Ingrid Bachler	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Nahmias Hnos. Ltda.	Tipo de riego:	Por goteo	
Año:	2014	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Oriente	Profundidad de sustrato:	25 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Sedum rojo	Rayito de sol	Allisum	Nandina
Nombre Científico:	<i>Sedum spurium</i>	<i>Lampranthus spectabilis</i>	<i>Lobularia maritima</i>	<i>Nandina domestica</i>
Familia:	Crassulaceae	Aizoaceae	Brassicaceae	Gutiferaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Arbusto perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Cáucaso	Sudáfrica	Mediterráneo	China y Japón
Resistencia a heladas:	Sí	No menor de -7 °C	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	División y esqueje	Estacas	Semillas	Semillas
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 15 – 30 cm	Altura: 15 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sol	Sol – semisombra	Sol	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Agapanto	Lirio	Ficus rastrera	Cola de pluma
Nombre Científico:	<i>Agapanthus praecox</i>	<i>Iris germanica</i>	<i>Ficus repens</i>	<i>Pennisetum villosum</i>
Familia:	Amaryllidaceae	Iridaceae	Moraceae	Poaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Sudáfrica	Europa	Japón	Asia y África
Resistencia a heladas:	No menor de -15 °C	Sí	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	División de tubérculos	División de rizomas	Esquejes y acodo	Semillas o división
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 30 cm	Altura: 3 cm	Altura: 40 cm
Exposición:	Pleno sol	Pleno sol	Sol	Sol
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie11	
Nombre Común:	Cola de zorro	Festuca Ovina	Pitosporo	
Nombre Científico:	<i>Pennisetum setaceum</i>	<i>Festuca glauca</i>	<i>P. tobira, var nano</i>	
Familia:	Poaceae	Poaceae	Pittosporaceae	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	
Origen:	Asia y África	Europa	Mar de China Oriental	
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Proteger helada fuerte	
Multiplicación/Propagación:	Semilla y división	Semilla y división	Semillas o estacas	
Tamaño:	Altura: 70 cm	Altura: 10 cm	Altura: 30 cm	
Exposición:	Sol	Sol	Pleno sol	
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	
Observaciones: Condominio de 6 casas habitacionales, donde cada una tiene una cubierta vegetal. Este espacio está diseñado para la contemplación con vistas al poniente y oriente. Esta se encuentra en el sector oriente de Santiago.				



Ficha 27. Casa particular San Francisco de Asís, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Sedum spurium



Lampranthus spectabilis.



Lobularia maritima



Nandina domestica



Agapanthus praecox



Iris germanica



Ficus repens



Pennisetum villosum



Pennisetum setaceum



Festuca glauca



P. tobira, variedad nana

2.28. Ficha 28. Coca-Cola				
Nombre del proyecto:	Coca-Cola			
Ubicación:	Av. Chena #1100, Parque Industrial, San Bernardo, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Planta de concentrados	Superficie (m²):	15	
Emplazamiento:	Muro vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Hidropónico	Tipo de Dren:	NI	
Empresa implementación:	Verde 360	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Verde 360	Tipo de riego:	Por aspersión	
Año:	2012	Tipo de sustrato:	Orgánico	
Orientación:	Interior	Profundidad de sustrato:	7 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Helecho peineta	Helecho Nido de ave	Bandera blanca	Aralia
Nombre Científico:	<i>Nephrolepis exaltata</i>	<i>Asplenium nidus avis</i>	<i>Spathiphyllum wallisii</i>	<i>Fatsia japonica</i>
Familia:	Lomariopsidacea	Aspleniaceae	Araceae	Crassulaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Zonas tropicales	Asia y África	México, América tropical, Malasia y Pacifico oeste	Japón y China
Resistencia a heladas:	Sí	No, T superior 15 °C	No	No
Multiplicación/Propagación:	División y esporas	Esporas	NI	Esqueje y semilla
Tamaño:	Altura: 40 cm	Altura: 20 cm	Altura: 50 cm	Altura: 60 cm
Exposición:	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 5	Especie 6	Especie 7	Especie 8
Nombre Común:	Aglaonem	Lágrimas de ángel	Ficus rastrera	Helecho pata de conejo
Nombre Científico:	<i>Aglaonema commutatum</i>	<i>Soleirolia soleirolii</i>	<i>Ficus repens</i>	<i>Davallia mariesii</i>
Familia:	Araceae	Urticaceae	Moraceae	Davalliaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Asia y China	Córcega	China y Japón	Asia tropical
Resistencia a heladas:	No	No	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Esquejes	Semillas y división	Esquejes y acojo	Rizomas
Tamaño:	Altura: 80 cm	Altura: 15 cm	Altura: 3 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Características	Especie 9	Especie 10	Especie 11	Especie 12
Nombre Común:	Difenbaquia	Alegría del hogar	Filodendro	Maranta tricolor
Nombre Científico:	<i>Dieffenbachia amoena</i>	<i>Impatiens sp</i>	<i>Philodendron erubescens</i>	<i>Maranta leuconeura</i>
Familia:	Araceae	Balsaminacea	Aracea	Marantaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea caducifolia
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Europa	India y China	Sudamérica	América Central y Sur
Resistencia a heladas:	No	No	No	No
Multiplicación/Propagación:	Esquejes	Semilla	Esquejes	Div rizomas y esquejes
Tamaño:	Altura: 30 cm	Altura: 20 cm	Altura: 30 cm	Altura: 30 cm
Exposición:	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial	Sombra, luz artificial
Estado:	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

2.28. Ficha 28. Coca-Cola (Continuación)

Características	Especie 13	
Nombre Común:	Filodendro	
Nombre Científico:	<i>Philodendron scandens</i>	
Familia:	Aracea	
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	
Tipo de Especie:	Introducida	
Origen:	Sudamérica	
Resistencia a heladas:	No	
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	
Tamaño:	Altura: 80 cm	
Exposición:	Sombra, luz artificial	
Estado:	Bueno	

Observaciones: Este muro se encuentra en buenas condiciones. Se le hace mantención cada 15 días, cuando si es necesario se reponen especies en mal estado. Tiene un estanque de agua de 1.500 l, el que además se utiliza como receptor del drenaje.



Ficha 28. Coca-Cola, San Bernardo.

ESPECIES PLANTADAS



Nephrolepis exaltata



Asplenium nidus avis



Spathiphyllum wallisii



Fatsia japonica



Aglaonema commutatum



Soleirolia soleirolii



Ficus repens



Davallia mariesii



Dieffenbachia amoena



Impatiens sp



Philodendron erubescens



Maranta leuconeura



Philodendron scandens

2.29. Ficha 29. Colegio Salvador Allende

Nombre del proyecto:	Colegio Salvador Allende			
Ubicación:	Nueva Imperial 956, El Bosque, RM de Santiago, Chile			
Destino:	Educacional	Superficie (m²):	800	
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI	
Tipo de cubierta:	Extensiva	Tipo de Dren:	MiraDrain 5000	
Empresa implementación:	Tep	Tipo de vegetación:	Herbáceas	
Arquitecto:	Carlos Durán	Demanda de agua:	NI	
Paisajista:	Carlos Durán	Tipo de riego:	Por aspersión y por goteo	
Año:	2012	Tipo de sustrato:	Orgánico – Mineral	
Orientación:	Oriente	Profundidad de sustrato:	7 cm	
Especies instaladas				
Características	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre Común:	Verbena	Gazania	Aptenia	Festuca Ovina
Nombre Científico:	Verbena rigida	Gazania splendens	Aptenia cordifolia	Festuca glauca
Familia:	Verbenaceae	Asteraceae	Aizoaceae	Poaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida	Introducida	Introducida
Origen:	Brasil y Argentina	Sudáfrica	Brasil y Argentina	Europa
Resistencia a heladas:	Sí	Sí	Sí	Sí
Multiplificación/Propagación:	Esquejes	Semillas	División y esquejes	Semilla y división
Tamaño:	Altura: 35 cm	Altura: 15 cm	Altura: 10 cm	Altura: 10 cm
Exposición:	Sol	Sol	Sol	Sol
Estado:	Regular	Bueno	Regular	Regular



Ficha 29. Colegio Salvador Allende, El Bosque, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Verbena rígida



Gazania splendens



Aptenia cordifolia



Festuca glauca

2.30. Ficha 30. Café Moka, Clínica Las Condes

Nombre del proyecto:	Café Moka, Clínica Las Condes		
Ubicación:	Av. Lo Fontecilla 115, Las Condes, RM de Santiago, Chile		
Destino:	Comercial	Superficie (m²):	120
Emplazamiento:	Techo vegetativo	Pendiente (%):	NI
Tipo de cubierta:	Extensiva	Tipo de Dren:	CCW 300HV + Lámina antirráiz + MiraDrain G4
Empresa implementación:	Tep	Tipo de vegetación:	Herbáceas
Arquitecto:	NI	Demanda de agua:	NI
Paisajista:	Teresa Moller y Asociados	Tipo de riego:	Aspersión
Año:	2010	Tipo de sustrato:	Orgánico
Orientación:	Oriente	Profundidad de sustrato:	15 cm

Especies instaladas

Características	Especie 1	Especie 2
Nombre Común:	Cola de pluma	Verónica
Nombre Científico:	<i>Pennisetum villosum</i>	<i>Veronica repens</i>
Familia:	Poaceae	Poaceae
Tipo de Planta:	Herbácea perenne	Herbácea perenne
Tipo de Especie:	Introducida	Introducida
Origen:	Asia y África	Nueva Zelanda
Resistencia a heladas:	Sí	Sí
Multiplicación/Propagación:	Semilla o división	Semilla o división
Tamaño:	Altura: 10 cm	Altura: 20 cm
Exposición:	Sol – semisombra	Sol – semisombra
Estado:	Bueno	Bueno

Observaciones: Está cubierta se encuentra en buenas condiciones, debido a su mantención. Las especies se encuentran en buen estado, debido a la buena mantención y riego.



Ficha 30. Clínica Las Condes-Café Moka, Las Condes, Santiago.

ESPECIES PLANTADAS



Pennisetum villosum



Veronica repens

3. RESULTADO DEL CATASTRO DE CUBIERTAS VEGETATIVAS



Hospital El Carmen, Maipú, Santiago.

Los principales resultados del catastro corresponden a las fichas técnicas presentadas en el capítulo 2. En este capítulo se analiza dicha información y se presentan resultados de superficie de techos y muros vegetativos a nivel nacional, crecimiento de superficie de cubiertas vegetativas desde el 2005 al 2013, tipos de edificios donde se aplica esta tecnología, requerimiento hídrico, vegetación utilizada, entre otros. Finalmente, se presentan conclusiones derivadas de este catastro realizado durante el proyecto INNOVA-CORFO 12IDL2-13630.

3.1. Superficie de cubiertas vegetativas

El catastro evidenció que en Chile existían 49.250 m² de cubiertas vegetativas hasta el año 2012, de los cuales el 25% se encontraban en ejecución o próximos a ejecutarse. El 88% de la superficie de cubiertas vegetativas corresponden a techos extensivos e intensivos, mientras que sólo el 12% corresponde a muros industrializados.

El 75% de la superficie de cubiertas vegetativas corresponde a proyectos ubicados en la Región Metropolitana (Figura 3.1), y el resto de los proyectos se distribuye entre las regiones de Valparaíso, Libertador General Bernardo O'Higgins, Biobío, Araucanía, Los Lagos y Los Ríos (Figura 3.2). Estos resultados son consecuencia de la mayor superficie edificada en la Región Metropolitana, pero también evidencia la falta de políticas públicas que incentiven la implementación de cubiertas vegetativas a lo largo de Chile y la baja penetración de estas tecnologías en regiones y ciudades con altos niveles de contaminación atmosférica o riesgo de inundaciones, en las cuales una mayor superficie de vegetación puede contribuir significativamente a mitigar la contaminación atmosférica y control de las aguas lluvias para reducir riesgo de inundaciones.

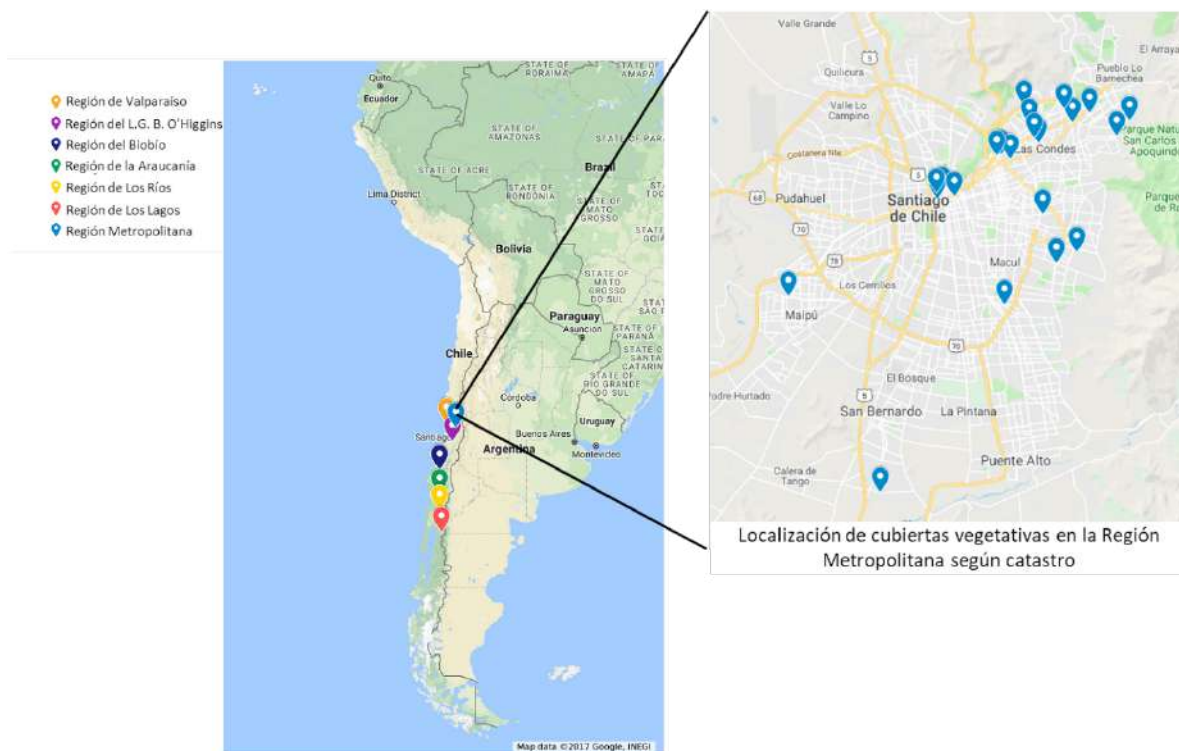


Figura 3.1. Regiones de Chile donde se ubican las cubiertas vegetativas del catastro.

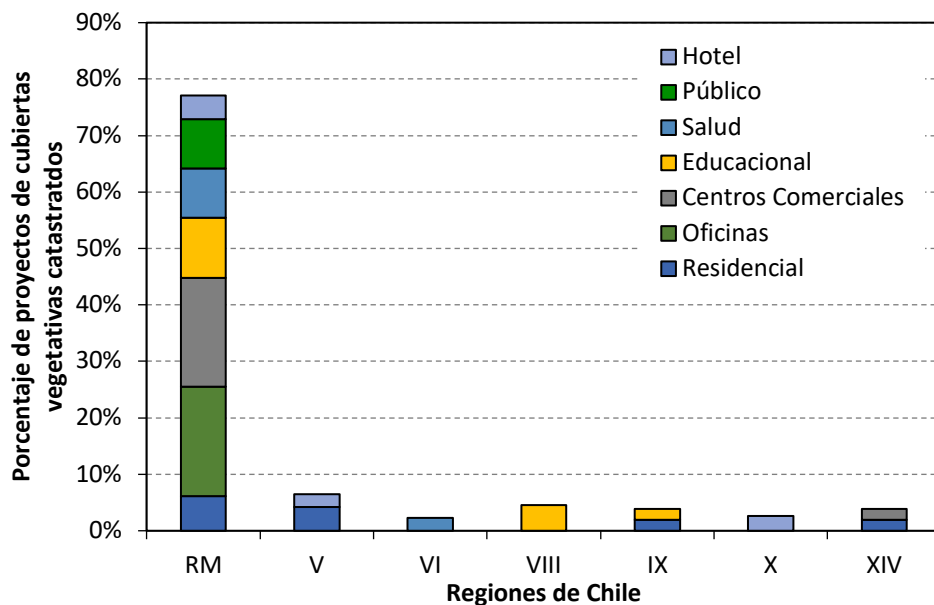


Figura 3.2. Porcentaje de proyectos por región de acuerdo con el uso de la edificación.

En Santiago, que cuenta con la mayor parte de la superficie de cubiertas vegetativas de la Región Metropolitana, se observa una distribución desigual de los proyectos construidos o

en ejecución (hasta el 2012) de techos y muros vegetativos (Figura 3.3). Es notorio que el 56% de la superficie catastrada se ubica en las comunas de Las Condes y Vitacura ya que estas comunas también son las comunas de Santiago con mayores áreas verdes. Estas comunas cuentan con áreas verdes de 4,87 m²/habitante (Las Condes) y 18,67 m²/habitante (Vitacura), siendo 9 y 10 m²/habitante lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud y el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, respectivamente. Por otro lado, en la Región Metropolitana de Santiago hay comunas con menos de 3 m²/habitante de áreas verdes que no cuentan con techos y muros vegetativos o presentan una superficie reducida de edificios que incorporan cubiertas vegetativas. Estas comunas son Independencia con 1,55 m²/habitante de área verde; La Cisterna con 1,78 m²/habitante de área verde; San Miguel con 1,97 m²/habitante de área verde; El Bosque con 2,03 m²/habitante de área verde; Pirque con 2,41 m²/habitante de área verde; Ñuñoa con 2,44 m²/habitante de área verde; Calera de Tango con 2,61 m²/habitante de área verde e Isla de Maipo con 2,69 m²/habitante de área verde (SINIA, 2021).

Respecto a las capitales regionales el escenario varía sustancialmente entre ellas. Por ejemplo, Arica cuenta con 3,75 m²/habitante de área verde, Iquique 2,09 m²/habitante de área verde; Valparaíso con 1,27 m²/habitante de área verde; Rancagua con 9,01 m²/habitante de área verde; Talca con 7,15 m²/habitante de área verde; Chillán con 5,75 m²/habitante de área verde (SINIA, 2021).

Esto demuestra claramente la falta de políticas públicas que apunten a fomentar la implementación de infraestructura verde a estas y otras comunas del país y que su distribución sea equitativa a lo largo del país.

3.2. Distribución de cubiertas vegetativas por uso de edificios

El catastro evidencia que los techos y muros vegetativos se han utilizado principalmente en proyectos de centros comerciales (26,9%), salud (19,2%) y oficinas (15,4%) (Figura 3.4). Además, si se agrupan todas las edificaciones de uso comercial (centros comerciales,

oficinas, corporativos, hoteles) suman un 57,7% de los proyectos implementados de cubiertas vegetativas. No es claro el propósito de la incorporación de techos y muros vegetativos en edificios de uso comercial. Su incorporación en este tipo de proyectos puede responder, en su mayoría, a una estrategia de mostrarse sustentable, más que aprovechar los beneficios de las cubiertas vegetativas, así como también puede ser una respuesta a requerimientos de la Certificación LEED®, en que las cubiertas vegetativas son una estrategia para obtener puntos de certificación asociados a reducir el efecto isla de calor urbano y control de escorrentías de aguas lluvias.

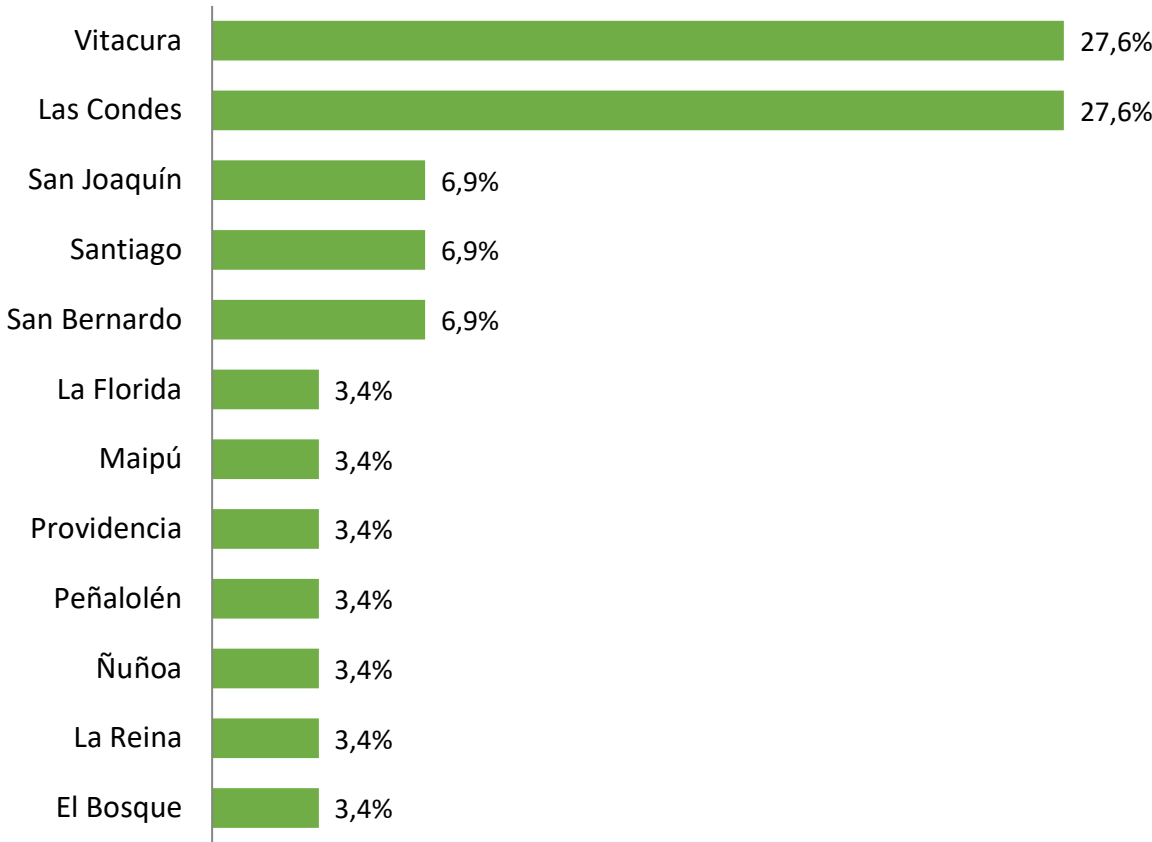


Figura 3.3. Distribución por comuna de la superficie de cubiertas vegetativas en la Región Metropolitana.

Esta situación, en que se implementan estas tecnologías sin mayor interés en los beneficios ecosistémicos que ofrecen, suele producir que se realicen diseños sin un propósito más allá del paisajístico, lo que finalmente genera problemas de desempeño, como los observados

en los muros vegetativos del Hotel InterContinental y Mall Plaza Egaña. Lo anterior causa problemas contractuales con las empresas que diseñan, implementan y mantienen estos sistemas, incluso produciendo el cambio de empresas, reemplazo de la tecnología por otras soluciones de cubiertas vegetativas o incluso aún consecuencias más graves como el retiro completo de la cubierta vegetativa. La Figura 3.5a muestra el proyecto original de muro vegetativo en el Hotel InterContinental, el cual fue construido durante el 2011. Este muro corresponde a cerca de 2.200 m² en dos fachadas de este hotel de 16 pisos. Sin embargo, este muro ha presentado gran deterioro a la fecha. La Figura 3.5b muestra el estado en abril de 2019. ¿Qué falló en este proyecto?

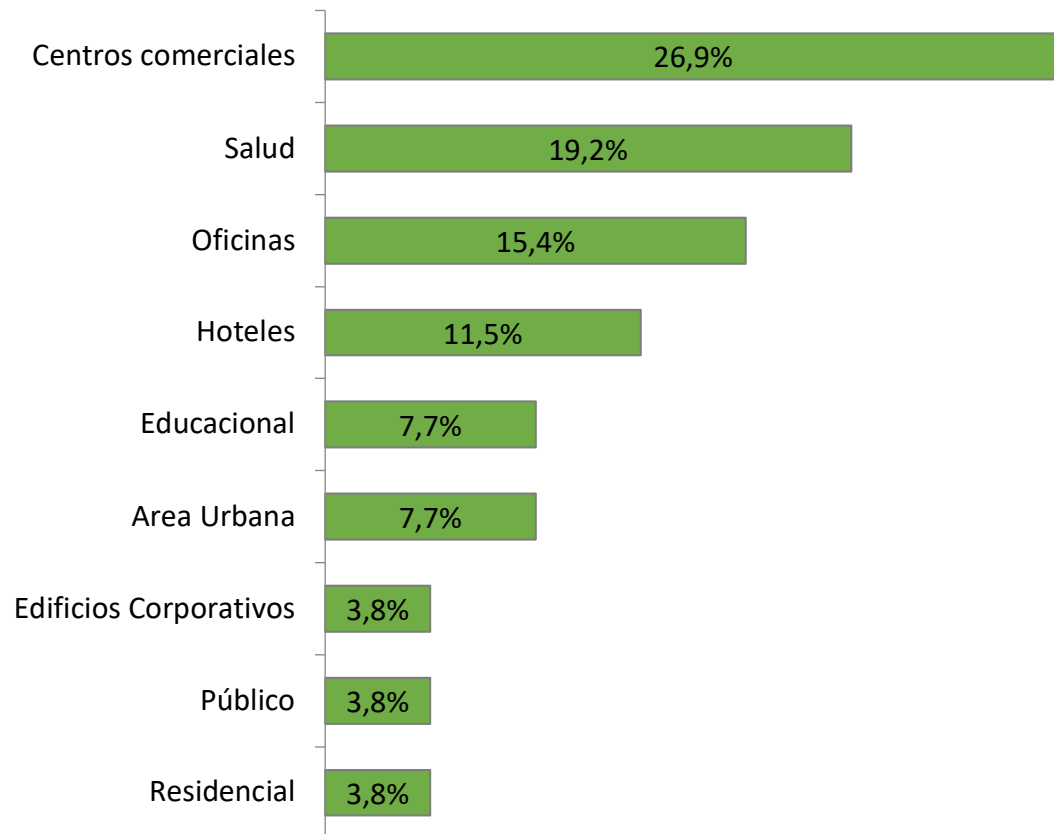


Figura 3.4: Distribución de superficie de cubiertas vegetadas por destino de uso.



Figura 3.5. Situación muro vegetativo Hotel InterContinental. a) Condición original año 2011-2012 (Fuente: adaptado de www.abwb.cl). b) Condición abril de 2019.

Los problemas de deterioro que presentan los proyectos de muros vegetativos son multifactoriales, pero juega un rol crucial la falta de un diseño con propósito tal como podría ser mejorar la eficiencia energética del edificio, mejorar confort urbano, y/o capturar contaminación atmosférica. A esto se suma la falta de considerar el diseño de cubiertas vegetativas como un proyecto en el cual se defina el rol de un encargado (ej. jefe de proyecto) y el hecho de que las diferentes especialidades suelen no trabajar colaborativamente. Es clave en este tipo de proyectos que el jefe de proyecto y los especialistas comprendan las diferentes componentes del sistema, tales como compatibilidad de la vegetación con el sustrato y sistema de irrigación, y su impacto en el desempeño y beneficios ecosistémicos de la tecnología. El incorporar estos aspectos en los proyectos de cubiertas vegetativas, permite obtener diseños más robustos y confiables que presentan bajo riesgo de falla.

Por otro lado, los proyectos de cubiertas vegetativas del área salud tienen un propósito claro, el cual es mejorar los tiempos de recuperación de los pacientes que tienen vista a áreas verdes (Nordrum, 2022). Esto permite tener mayor capacidad de camas disponibles ya que los pacientes se recuperan en menos tiempo. Hay diversos estudios que demuestran que pacientes que tienen vistas a un entorno con vegetación se recuperan más rápido (Peschardt et al., 2012). Esto llevó probablemente a que se incorporará en las bases de licitación de diversos hospitales públicos la implementación de grandes superficies de cubiertas vegetativas, principalmente techos vegetativos, lo cual ha resultado en una política pública muy efectiva para gatillar la implementación de estas tecnologías en edificios del área salud. Por ejemplo, superficies muy importantes de techos vegetativos se han incorporado en los hospitales públicos Dra. Eloísa Díaz de La Florida y El Carmen de Maipú, así como también en recintos privados como la Clínica UC-CHRISTUS de San Carlos de Apoquindo. Sin embargo, en dos proyectos emblemáticos como el Hospital Clínico Dra. Eloísa Díaz de La Florida y el Hospital El Carmen de Maipú, después de algunos años de operación, se observa que ya no existen tales techos vegetativos o están extremadamente disminuidos y deteriorados. Las Figuras 3.6 y 3.7 muestran imágenes obtenidas de Google Earth® en enero de 2019. En el Hospital El Carmen (Figura 3.6) se observa que ha desaparecido la vegetación en la mayor parte del techo vegetativo y sólo quedan algunas zonas con vegetación. La situación del Hospital La Florida es aún peor, en la imagen de Google Earth® se visualizan sólo vestigios de vegetación, mientras que fotos obtenidas en 2018 muestran que ya no existe vegetación (Figura 3.8). En ambos casos, esta condición dista mucho de la situación original de ambos techos vegetativos (ver Fichas 11 y 12 del Capítulo 2). Muy probablemente el enorme deterioro de estas cubiertas vegetativas se debió a un inadecuado diseño, que incluye un sustrato altamente drenante combinado con un sistema de riego por goteo y una muy baja tasa de plantación (plantas por metro cuadrado) de la vegetación utilizada. Se suma a lo anterior una falta de mantención de dichas cubiertas, siendo posiblemente este último el factor más relevante que ha generado el deterioro y desaparición de estos techos vegetativos. Por otro lado, el techo vegetativo

de la Clínica UC-CHRISTUS de San Carlos de Apoquindo ha presentado modificaciones importantes, tal vez gatilladas por fallas de la solución. Hasta hace unos años presentaba una menor diversidad de vegetación que la original (ver Ficha 4 del Capítulo 2), zonas sin vegetación y zonas en estado de reparaciones (Figura 3.9). Recientemente este techo vegetativo fue finalmente retirado.



Figura 3.6. Situación techo vegetativo Hospital El Carmen de Maipú en enero de 2019.



Figura 3.7. Situación techo vegetativo Hospital Dra. Eloísa Díaz de La Florida en enero de 2019.

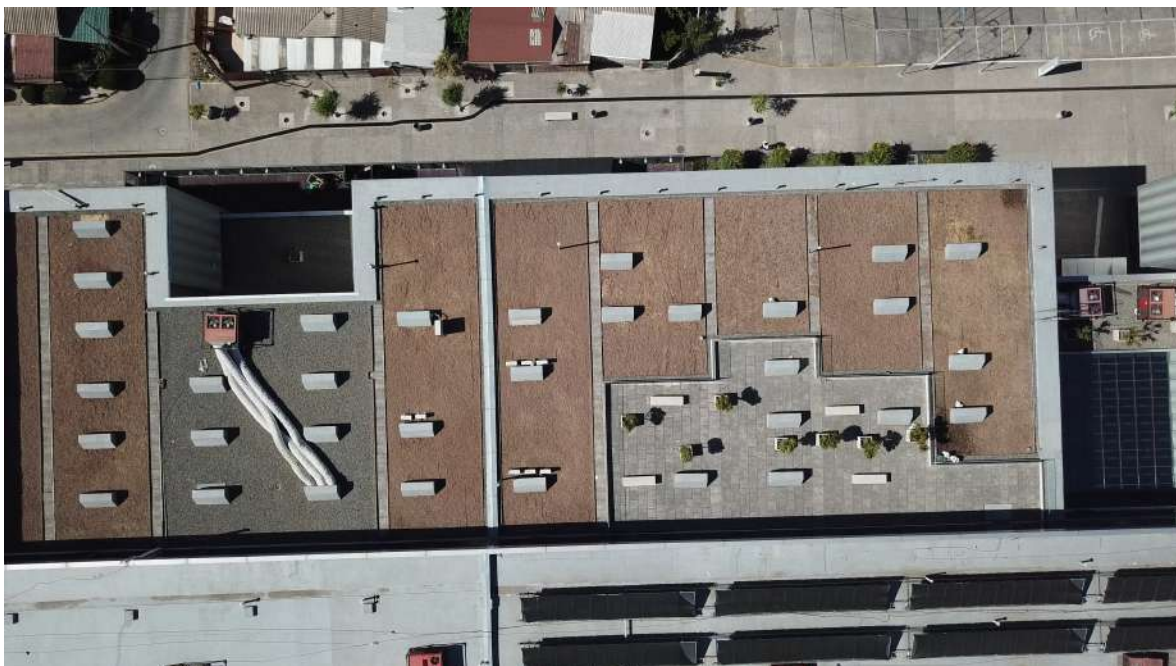


Figura 3.8. Foto aérea techo vegetativo Hospital Dra. Eloísa Díaz de La Florida tomada durante 2018.



Fecha: diciembre de 2017



Fecha: diciembre 2018

Figura 3.9. Situación techo vegetativo Clínica UC-CHRISTUS 2017 – 2018.

El catastro de cubiertas vegetativas muestra también la evolución de la superficie y tipos de proyectos. Los primeros proyectos en los que se implementaron cubiertas vegetativas en Chile corresponden a edificios de oficinas en el año 2005. Hasta el año 2010, fueron las edificaciones como centros comerciales y de oficinas las que incorporaron techos y muros

vegetativos, diversificándose estas prácticas a otros tipos de edificaciones en los años siguientes (Figura 3.10).

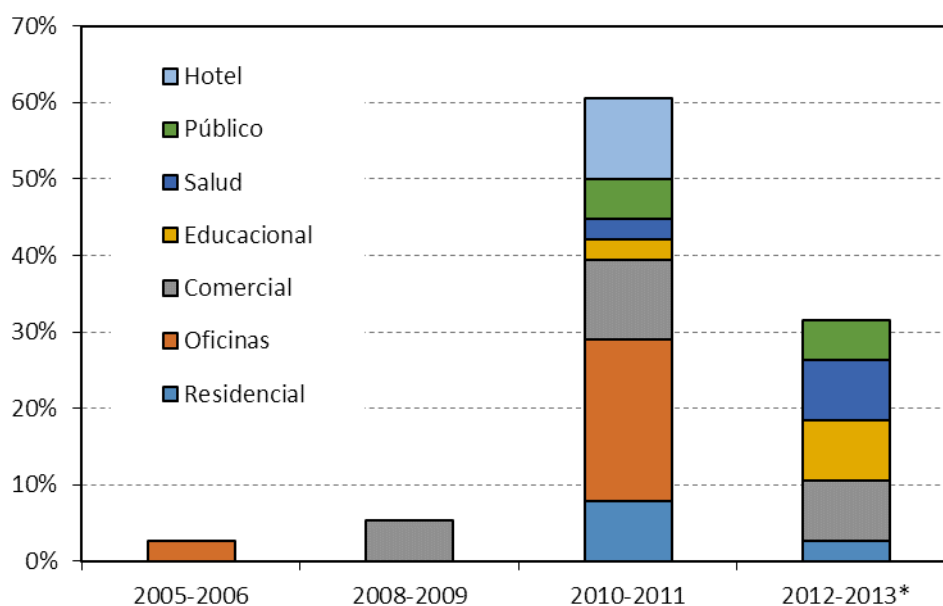


Figura 3.10. Proyectos por año según uso de edificación

3.3. Vegetación utilizada y requerimiento hídrico

En cuanto a las especies plantadas en los proyectos de cubiertas vegetativas, en su mayoría corresponden a herbáceas debido a que gran parte de los techos estudiados son extensivos. Respecto al origen de la vegetación, el 6,7% de las especies encontradas en techos y el 2,6% de las observadas en muros vegetativos son nativas de Chile.

Las Tablas 3.1 y 3.2 muestran las especies más utilizadas en techos y muros vegetativos, indicando el nivel de exposición al sol, resistencia a heladas, altura y requerimiento hídrico. Éste último es considerado un aspecto vital en el diseño de techos y muros vegetativos sustentables, debido a que el recurso hídrico es cada vez más crítico y relevante considerando que gran parte de la Región Metropolitana y de Chile presentan un clima semiárido. Como consecuencia del calentamiento global se espera que las precipitaciones decaigan drásticamente y aumenten considerablemente las temperaturas en las zonas de glaciares de la Cordillera de Los Andes, estresando la disponibilidad de agua potable.

Tabla 3.1. Las 20 especies más usadas en techos vegetativos en Chile

Nº	NOMBRE	NOMBRE COMÚN	Nivel Exp. Sol	Req. Hídrico	Res. Heladas
1	<i>Pennisetum villosum</i>	Cola de pluma	Sol	Bajo	Sí
2	<i>Lampranthus spectabilis</i>	Rayito de sol	Sol	Bajo	Sí
3	<i>Sedum acre variedad sp</i>	Sedum de otoño	Sol	Bajo	Sí
4	<i>Agapanthus praecox</i>	Agapanto	Semi-sol	Medio	Sí
5	<i>Pittosporum tobira, var. nana</i>	Pitosporo	Sol	Medio	Sí
6	<i>Festuca glauca</i>	Festuca Ovina	Sol	Bajo	Sí
7	<i>Sedum acre</i>	Uña de Gato	Sol	Bajo	Sí
8	<i>Sedum spurium</i>	Sedum rojo	Sol	Medio bajo	Sí
9	<i>Pennisetum setaceum</i>	Cola de zorro	Sol	Bajo	Sí
10	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanda	Sol y semi-sombra	Bajo	Sí
11	<i>Aptenia cordifolia</i>	Aptenia	Sol	Medio bajo	Sí
12	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	Sol	Alto	Sí
13	<i>Hypericum calycinum</i>	Hiperico	Sol y semi-sombra	Medio bajo	No
14	<i>Sedum album</i>	Sedum	Sol	Bajo	Sí
15	<i>Sedum palmeri</i>	Sedum	Sol	Bajo	Sí
16	<i>Sedum spurium purpureum</i>	Sedum	Sol	Bajo	Sí
17	<i>Carex buechananii</i>	Carex	Sol	Bajo	Sí
18	<i>Verbena hybrida</i>	Verbena	Sol y semi-sombra	Medio	Sí
19	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero rastrero	Sol	Medio bajo	Sí
20	<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca alta	Sol	Bajo	Sí

De acuerdo con los resultados del catastro, la Figura 3.11 muestra los requerimientos hídricos de las cubiertas vegetativas, dónde el 75% de éstas utilizan plantas de medio, medio-alto y alto requerimiento hídrico. Esto implica que no se están diseñando las cubiertas vegetativas de manera apropiada. No se espera que las cubiertas vegetativas no utilicen irrigación y sólo sean plantas nativas, pero se deben balancear los aspectos paisajísticos, la vegetación de medio a bajo requerimiento hídrico y el sustrato que permita retener el agua de riego o agua lluvia. Por otro lado, el uso sustentable de agua de cubiertas vegetativas debe estar en balance con los beneficios esperados de estas. Por ejemplo, el potencial de enfriamiento de techos y muros vegetativos está directamente relacionado a que las plantas transpiren, y para ello se requiere un riego tal que permita un contenido de humedad mínimo del sustrato para que las plantas abran sus estomas y transpiren, y en consecuencia enfríen el ambiente circundante, con los beneficios que este proceso implica

en términos de ahorro de energía en edificios, mejoramiento del confort térmico urbano, reducción del efecto de isla de calor urbano y mitigación de las olas de calor.

Tabla 3.2. Las 18 especies más usadas en muros vegetativos en Chile

Nº	NOMBRE	NOMBRE COMÚN	Nivel Exp. Sol	Req. Hídrico	Res. Heladas
1	<i>Hedera helix</i>	Hiedra	Sol y semi-sombra	Medio	Sí
2	<i>Aptenia cordifolia</i>	Aptenia	Sol	Medio bajo	Sí
3	<i>Hedera helix pedata</i>	Hiedra pata de gallina	Sol y semi-sombra	Alto	Sí
4	<i>Soleirolia soleirolii</i>	Lágrimas de ángel	Semi-sombra	Medio alto	No
5	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Helecho espada	Sombra	Alto	Sí
6	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero rastrero	Sol	Medio	Sí
7	<i>Davallia mariesii</i>	Helecho pata de conejo	Sol	Medio	Sí
8	<i>Sedum acre</i>	Sedum	Sol y semi-sombra	Medio bajo	Sí
9	<i>Vinca minor</i>	Vinca	Sol y semi-sombra	Medio	Sí
10	<i>Carex buechananii</i>	Carex	Sol	Bajo	Sí
11	<i>Ajuga reptans</i>	Ajuga	Semi-sombra	Alto	Sí
12	<i>Tradescantia fluminensis</i>	Amor de hombre	Sol y semi-sombra	Alto	Sí
13	<i>Asparagus densiflorus</i>	Esparraguera	Semi-sombra	Bajo	Sí
14	<i>Heuchera sanguinea</i>	Heuchera	Sol y semi-sombra	Alto	No
15	<i>Cissus rhombifolia</i>	Parra de interior	Semi-sombra	Medio	No
16	<i>Sedum palmeri</i>	Sedum	Sol	Medio	Sí
17	<i>Erigeron karvinskianus</i>	Vitadinia	Sol	Medio	Sí
18	<i>Sedum praealtum</i>	Sedum	Sol	Bajo	Sí
19	<i>Sedum spurium</i>	Sedum	Sol	Bajo	Sí

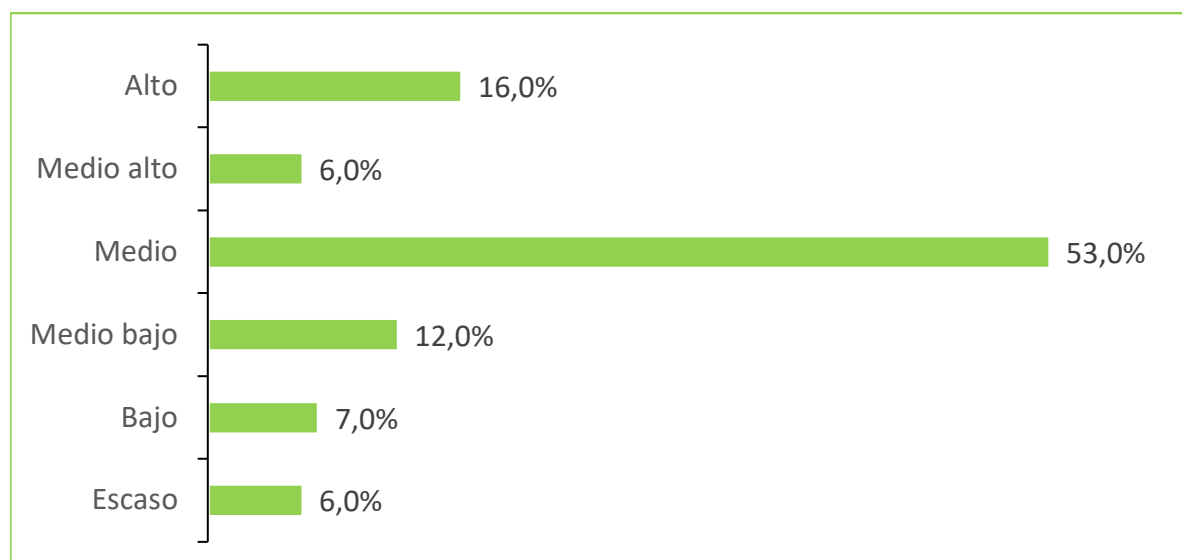


Figura 3.11. Requerimiento hídrico vegetación utilizada en cubiertas vegetadas en Chile

Por otro lado, el catastro muestra que las especies de vegetación más utilizadas son Sedum y césped que se utilizan en el 56,3% y 31,3% de los proyectos, respectivamente. Mientras que los Sedum son una especie de bajo requerimiento hídrico y que puede sobrevivir a periodos de sequía, el césped o pasto es una especie de alto requerimiento hídrico y en ausencia de riego se deteriora rápidamente. Por otro lado, los Sedum requieren muy bajo mantenimiento mientras que el césped es de alto mantenimiento. Esto demuestra un desconocimiento de las necesidades de mantenimiento real al momento de decidir el desarrollo e implementación de una cubierta verdes. En consecuencia, se hace necesario caracterizar la vegetación en más proyectos de manera de tener un mejor conocimiento del abanico real de posibilidades, así como también de aquellas especies que por sus características son poco recomendables para estas soluciones.

Respecto al sustrato utilizado en los proyectos, que es fundamental para el adecuado desarrollo de la vegetación, retención de humedad y drenaje, se evidenció muy escasa información, lo que puede estar evidenciando la poca relevancia que los diseñadores otorgan a esta capa tecnológica de techos y muros vegetativos.

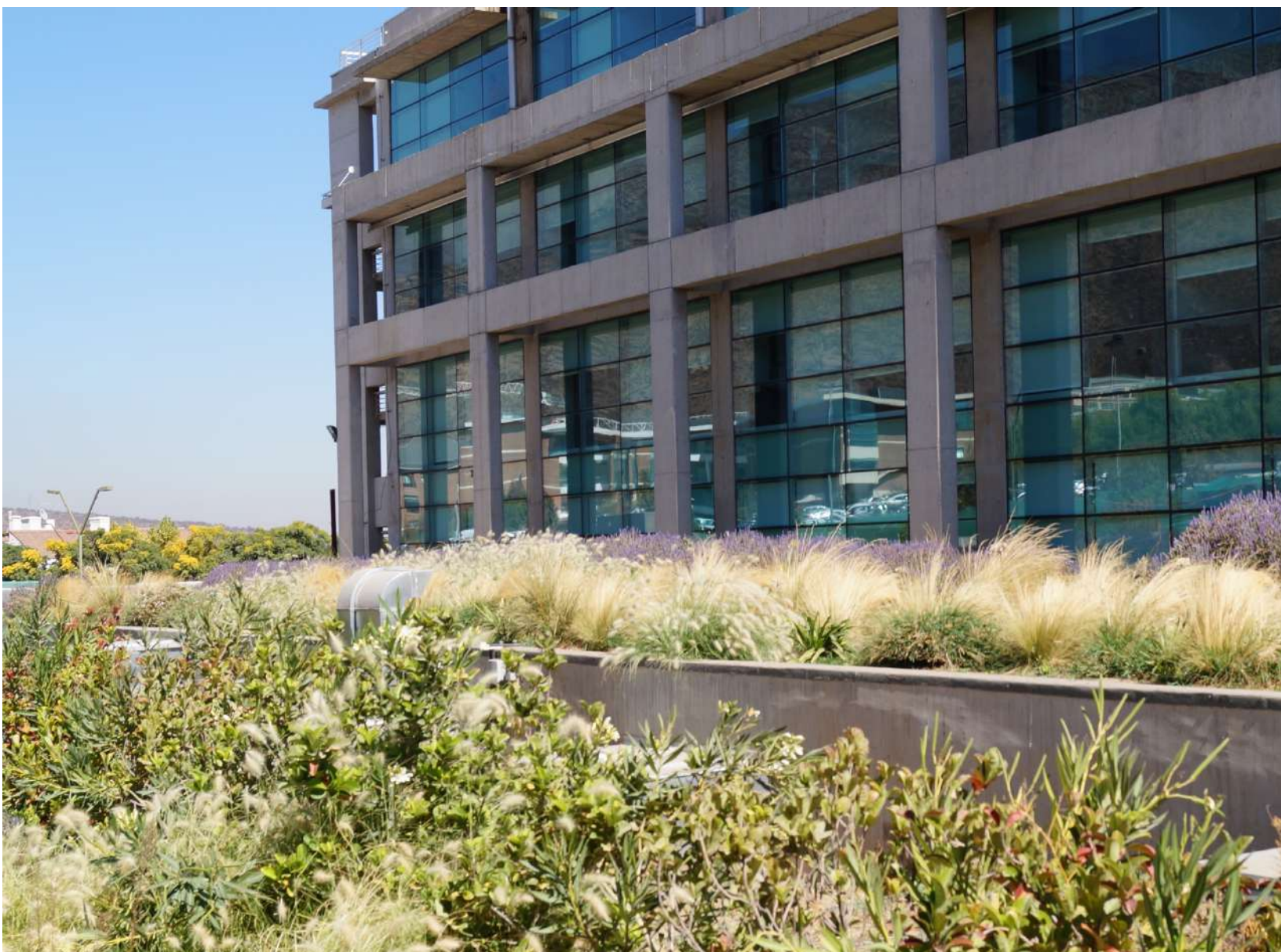
3.4. Principales fallas de cubiertas vegetativas

Desafortunadamente, no se ha podido aún construir un registro significativo y objetivo que permita reportar y explicar las fallas y dificultades de algunas cubiertas vegetativas, y cuantificar falencias en sus desempeños. A pesar de que las fallas son excepcionales, son muy significativas ya que evidencian las consecuencias de no realizar un proyecto de cubierta vegetativa como tal, que incluya no sólo el diseño si no también las etapas de construcción y mantenimiento. Por otro lado, tampoco es posible indicar las causas de éxito de la mayoría de los proyectos debido a que los proyectos catastrados presentaban falta de información técnica relevante.

La realización del catastro muestra que hay una baja coordinación y traspaso de información entre las distintas instancias que diseñan, construyen y mantienen cubiertas vegetativas, lo que explica parcialmente la inexistencia de una gran cantidad de información de los proyectos como las características del sustrato, por ejemplo. A pesar de esto, se pueden estimar que las causas más relevantes de estas fallas y dificultades son: (1) el desconocimiento general que existe sobre cubiertas vegetativas, lo que implica el desarrollo de proyectos sin tener claridad de los beneficios y costos asociados; (2) el uso de vegetación no adecuada al clima local, con altas demandas hídricas, las que no se satisfacen con el sistema y programas de riego; (3) falencias en los procesos de instalación y mantenimiento de las cubiertas, donde por abaratar costos se dejan de lado aspectos importantes para el correcto funcionamiento de éstas (ejemplo: sistema de riego); y (4) la ya mencionada multiplicidad de actores involucrados en cada uno de los componentes de las cubiertas que no trabajan colaborativamente, lo que dificulta una gestión holística de todo el ciclo de vida útil de cubiertas vegetadas.

Desde la fecha en que se realizó el catastro de techos y muros vegetativos presentado en este capítulo, se han construido decenas de miles de metros cuadrados de cubiertas vegetativas, siendo necesario catastrarlos para evidenciar su evolución y recopilar las lecciones aprendidas que sustenten una fuente de conocimiento apropiada para la adaptación y mejoramiento continuo de estas tecnologías en climas áridos y semiáridos de Chile, siendo también necesario extender el catastro a otros climas del país.

4. BENEFICIOS ECOSISTEMICOS DE CUBIERTAS VEGETATIVAS EN CLIMAS SEMIARIDOS



Techo vegetativo Clínica UC-CHRISTUS San Carlos de Apoquindo

La literatura muestra que las cubiertas vegetativas tienen una serie de beneficios ecosistémicos tanto para los edificios como para la ciudad. A nivel de edificios, estos beneficios corresponden al ahorro de energía de climatización, incremento del confort térmico de sus usuarios, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, aislación acústica, mayor vida útil de la impermeabilización, aumento de la plusvalía, entre otros. A nivel urbano, los beneficios incluyen el control de las aguas lluvia, captura de contaminación atmosférica, reducción del efecto isla de calor urbano, resiliencia frente a las olas de calor, fomento de la biodiversidad y recuperación del espacio natural. Sin embargo, algunos de estos beneficios han sido cuantificados en diversos climas y condiciones particulares, o simplemente no han sido cuantificados, dificultando la toma de decisiones sobre la incorporación de cubiertas vegetativas en edificaciones. En Chile, investigaciones lideradas por la Pontificia Universidad Católica de Chile han evaluado algunos de los beneficios e impactos de los techos y muros vegetativos en condiciones de clima semiárido, como el de la Región Metropolitana en Chile, lo que ha permitido no sólo cuantificar los beneficios como el ahorro de energía, mitigación de la contaminación atmosférica, potencial reducción del efecto isla de calor urbano, y control de aguas lluvias, sino también desarrollar las herramientas de modelación y experimentales que permiten realizar dichas evaluaciones.

En este capítulo se presenta un resumen de las investigaciones aplicadas realizadas por un equipo interdisciplinario de la Pontificia Universidad Católica de Chile y en colaboración con investigadores de las universidades Colorado School of Mines (Golden, CO, Estados Unidos), University of Melbourne (Australia) y University of Notre Dame (Notre Dame, IN, Estados Unidos). Estos proyectos se han originado a partir de distintas problemáticas ambientales, evidenciando los beneficios potenciales del uso de cubiertas vegetativas en edificaciones. Se destacan tres beneficios: mitigación de la contaminación atmosférica, mejoramiento de la eficiencia energética en edificaciones y mitigación del calentamiento de las ciudades.

Los resultados de las investigaciones interdisciplinarias que se presentan en este capítulo permiten concluir que los beneficios de techos y muros vegetativos a nivel de edificios y urbano requieren ser cuantificados a nivel local, y que se requieren herramientas de simulación que permitan evaluar el impacto de techos y muros vegetativos a nivel de edificio y ciudad, de tal manera que faciliten la toma de decisiones en las etapas tempranas de diseño de los edificios. Los resultados de estas investigaciones demuestran que:

- La vegetación utilizada en cubiertas vegetativas presenta un alto potencial de captura de material particulado (MP_{10} y $MP_{2,5}$), aunque es altamente dependiente de las especies de vegetación utilizadas, la mezcla de varias especies y su nivel de exposición a fuentes de material particulado. La especie que presentó un mayor potencial de captura de material particulado (MP) fue el *Sedum album* con un total de $29,33 \mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$, valor que considera el $MP_{2,5}$, MP_{10} y MP capturado en el wax o cera sobre la superficie de las hojas.
- El desempeño energético de edificios del tipo comercial e industrial puede ser significativamente mejorados mediante la incorporación de techos y muros vegetativos en su envolvente. Para el caso de un supermercado prototipo ubicado en Santiago de Chile, la reducción de las cargas térmicas de enfriamiento puede alcanzar hasta 34,4% utilizando muros y techos vegetativos. El impacto de techos y muros vegetativos en el consumo de energía de edificios es dependiente de diversos parámetros de diseño tales como el tipo de vegetación, el índice de área foliar de la vegetación, la presencia o ausencia de una capa de aislación térmica bajo el sustrato, entre otros.
- Las cubiertas vegetativas tienen un alto potencial de reducir la temperatura del aire urbano, lo que contribuye a mitigar el efecto isla de calor urbano y las olas de calor. Estos pueden reducir la temperatura promedio horario en 2°C o más.

Las investigaciones realizadas en la Pontificia Universidad Católica de Chile demuestran que se puede cuantificar los beneficios de las cubiertas vegetativas a nivel de edificio y a escala urbana. Por ello, es muy importante que estas tecnologías se incorporen a la edificación y

ciudad con un propósito, tal que su diseño responda a uno o varios objetivos, los que pueden ser ahorro de energía de climatización en edificios, reducción de la contaminación atmosférica y del efecto isla de calor, mitigación de las olas de calor, u otros. Sin embargo, el diseño de techos o muros vegetativos es un proceso complejo que requiere un equipo de diseño interdisciplinario que permita alcanzar uno o más de estos beneficios ecosistémicos.



Figura 4.1. Diferentes especies de Sedum en techo vegetativo en Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE UC).

4.1. Mitigación de contaminación atmosférica: FONDEF ID15I10104

La literatura es clara respecto a que la vegetación de techos y muros vegetativos tiene un alto potencial de captura de MP. El MP es uno de los principales contaminantes del aire en las ciudades del centro, sur y sur austral de Chile, que superan las concentraciones de MP establecidas en la normativa chilena y la Organización Mundial de la Salud (OMS). El material particulado fino ($MP_{2,5}$) es el más dañino para la salud ya que produce enfermedades respiratorias, cerebrovasculares y cardiovasculares, incrementando las muertes prematuras y la asistencia a servicios de atención médica. El Ministerio de Medio Ambiente ha establecido que, en Chile, más de 10 millones de personas están expuestas a

contaminación por material particulado grueso (MP_{10}) y fino ($MP_{2,5}$), y que se producen más de 4.000 muertes prematuras al año por dicho motivo. Según datos del mismo Ministerio, durante el año 2017 se presentaron cerca de 3.500 casos de mortalidad prematura debido a enfermedades cardiopulmonares relacionadas a la exposición crónica a $MP_{2,5}$ (MMA, 2018), lo que implicó un costo social de US\$2.400 millones. En Santiago de Chile, la principal fuente de $MP_{2,5}$ son las emisiones de vehículos, mientras que en las ciudades del centro-sur y sur-austral de Chile, la principal fuente de emisión de MP es el uso de leña como combustible para calefaccionar viviendas de baja o nula eficiencia energética, con uso de sistemas de combustión no eficientes, y frecuentemente con leña no certificada (CEDEUS, 2019). Es reconocido y con base científica que la vegetación urbana (árboles, arbustos, césped, cubresuelos, cubiertas vegetativas y otros sistemas vegetales) tiene la capacidad de capturar MP, pero hay limitada información respecto al potencial de captura de $MP_{2,5}$ y MP_{10} de la vegetación utilizada en cubiertas vegetativas.

El proyecto FONDEF ID15I10104 “Desarrollo de cubiertas vegetales de edificios para la mitigación de la contaminación atmosférica urbana a través de la captura de material particulado en clima semiárido”, apoyado por el programa FONDEF de ANID (ex-CONICYT), Ministerio del Medio Ambiente y BESTPLANT, cuantificó la captura de MP_{10} y $MP_{2,5}$ de las especies de plantas más utilizadas en techos y muros vegetativos en la Región Metropolitana de Chile, las que se muestran en la Figura 4.2, y que son parte del catastro de techos y muros vegetativos presentado en los Capítulos 2 y 3. Las mediciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ fueron realizadas en instalaciones del Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE) UC, el cual está ubicado en el Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Figura 4.3).

Los resultados de este proyecto muestran que las especies tienen diferente potencial de captura de MP, ya sea este $MP_{2,5}$, MP_{10} o el MP capturado en el *wax* de la superficie de las hojas. La Tabla 4.1 muestra la cantidad total de MP capturado por 5 especies usadas en techos vegetativos y 4 especies utilizadas en muros vivos (Viecco et al., 2018). De acuerdo

con estos resultados, el *Sedum album* presenta un desempeño sobresaliente en cuanto al potencial de captura de MP, mientras que los *Sedum reflexum* y *Sedum palmeri* junto al *Lampranthus spectabilis* presentan un potencial medio, y las especies *Lavandula spectabilis*, *Erigeron karvinskianus* y *Pittosporum tobira* presentan los menores desempeños. Parte de estos resultados se han incorporado en la “Guía de Alternativas de Compensación de Emisiones para Fuentes de Combustión 611134-1-LE19”³.

Tabla 4.1. Captura de material particulado total, MP_{2,5}, MP₁₀ y MP capturado en el wax la superficie de las hojas (monocultivos). (Adaptado de Viecco et al. (2018)).

Especie	Total de MP capturado (µg/cm ² ·h)	MP _{2,5} (µg/cm ² ·h)	MP ₁₀ (µg/cm ² ·h)	MP capturado en el wax de la superficie de las hojas (µg/cm ² ·h)
<i>Sedum album</i>	29,33 ± 8,74	1,32 ± 0,49	3,70 ± 1,48	25,62 ± 7,69
<i>Sedum reflexum</i>	7,77 ± 1,34	0,47 ± 0,13	2,57 ± 0,80	5,20 ± 1,11
<i>Sedum palmeri</i>	6,93 ± 0,42	0,36 ± 0,19	2,32 ± 0,63	4,62 ± 0,53
<i>Lampranthus spectabilis</i>	6,28 ± 1,16	0,40 ± 0,13	4,70 ± 1,29	1,58 ± 0,29
<i>Sedum spurium p.</i>	2,93 ± 0,32	0,09 ± 0,02	0,85 ± 0,21	2,09 ± 0,39
<i>Aptenia cordifolia</i>	2,20 ± 0,44	0,14 ± 0,05	1,69 ± 0,42	1,18 ± 0,19
<i>Lavandula angustifolia</i>	1,98 ± 0,16	0,23 ± 0,04	0,84 ± 0,36	1,14 ± 0,29
<i>Erigeron karvinskianus</i>	1,62 ± 0,42	0,10 ± 0,03	0,97 ± 0,28	0,52 ± 0,11
<i>Pitosporum tobira</i>	1,38 ± 0,32	0,12 ± 0,04	0,48 ± 0,17	0,41 ± 0,09

El impacto de una especie con alto potencial de captura de material particulado en la concentración de MP versus el impacto de una especie de bajo potencial de captura se observa en la Figura 4.4. El *Sedum album* reduce significativamente la concentración máxima de MP_{2,5} y MP₁₀ a menos de la mitad que en el caso sin vegetación y reduce las

³ DFM Consultores Ambientales (2019). *Guía de Alternativas de Compensación de Emisiones para Fuentes de Combustión 611134-1-LE19*. Disponible en: <http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=2d6d584f-6d61-4ff6-bb30-46da58c492f2&fname=Gu%C3%ADa%20de%20Alternativas%20de%20Compensaci%C3%B3n%20de%20Emisiones%20para%20Fuentes%20de%20Combusti%C3%B3n-Enero2020.pdf&access=public>

concentraciones de MP significativamente. Por otro lado, la *Lavandula angustifolia*, que tiene un muy bajo potencial de captura de MP, prácticamente no genera un cambio en las concentraciones de MP_{2,5} y MP₁₀. Esto evidencia la relevancia de la selección de vegetación con fines de mitigar no sólo la contaminación atmosférica urbana, sino también la contaminación del aire intramuros.



Lampranthus spectabilis



Sedum album



Aptenia cordifolia



Pittosporum tobira



Lavandula angustifolia



Erigeron karvinskianus



Sedum reflexum



Sedum spurium p.



Sedum palmeri

Figura 4.2. Especies de muros y techos vegetativos en que se evaluó su captura de MP (Viecco et al., 2018).

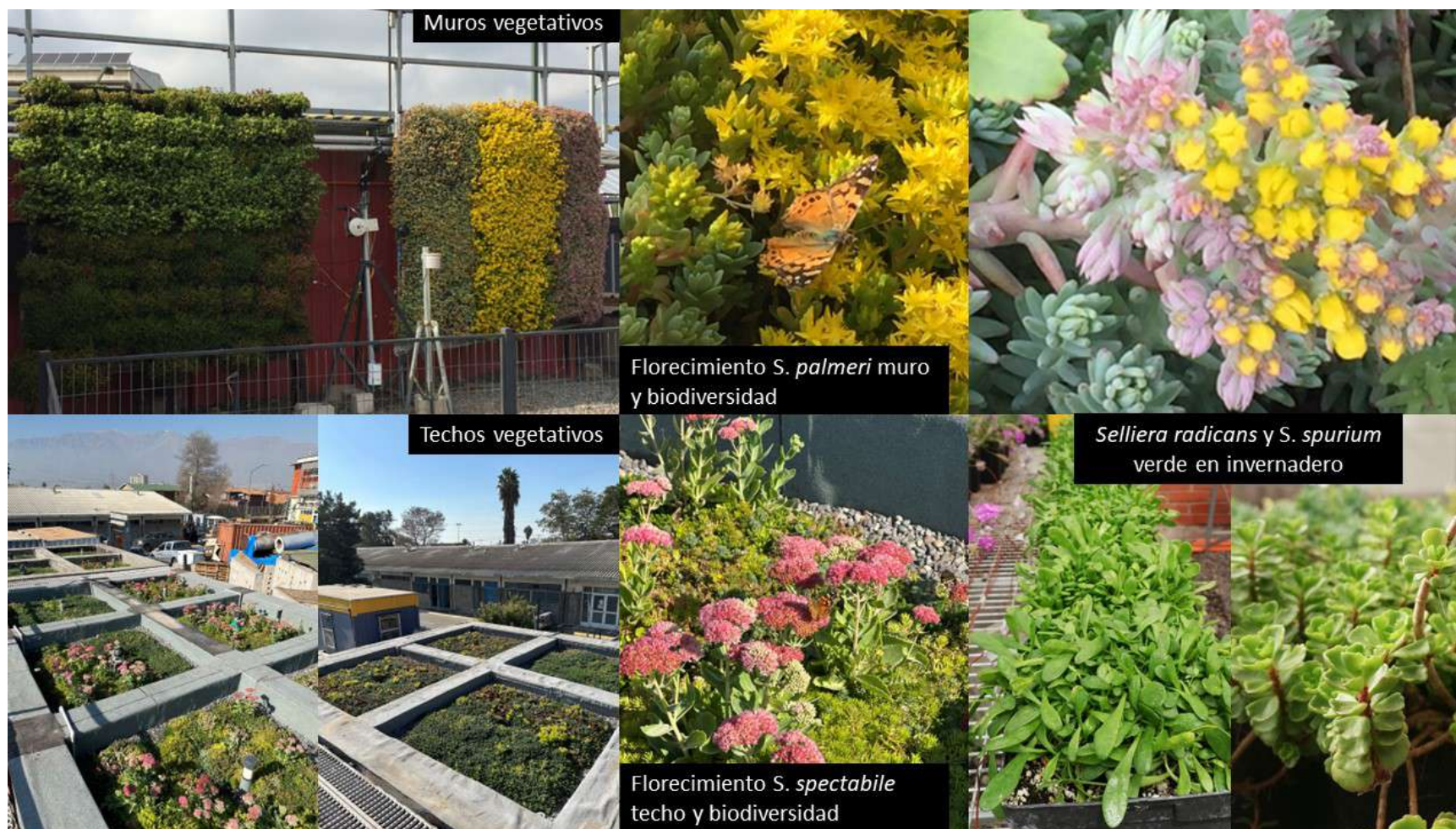


Figura 4.3. Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE) UC.

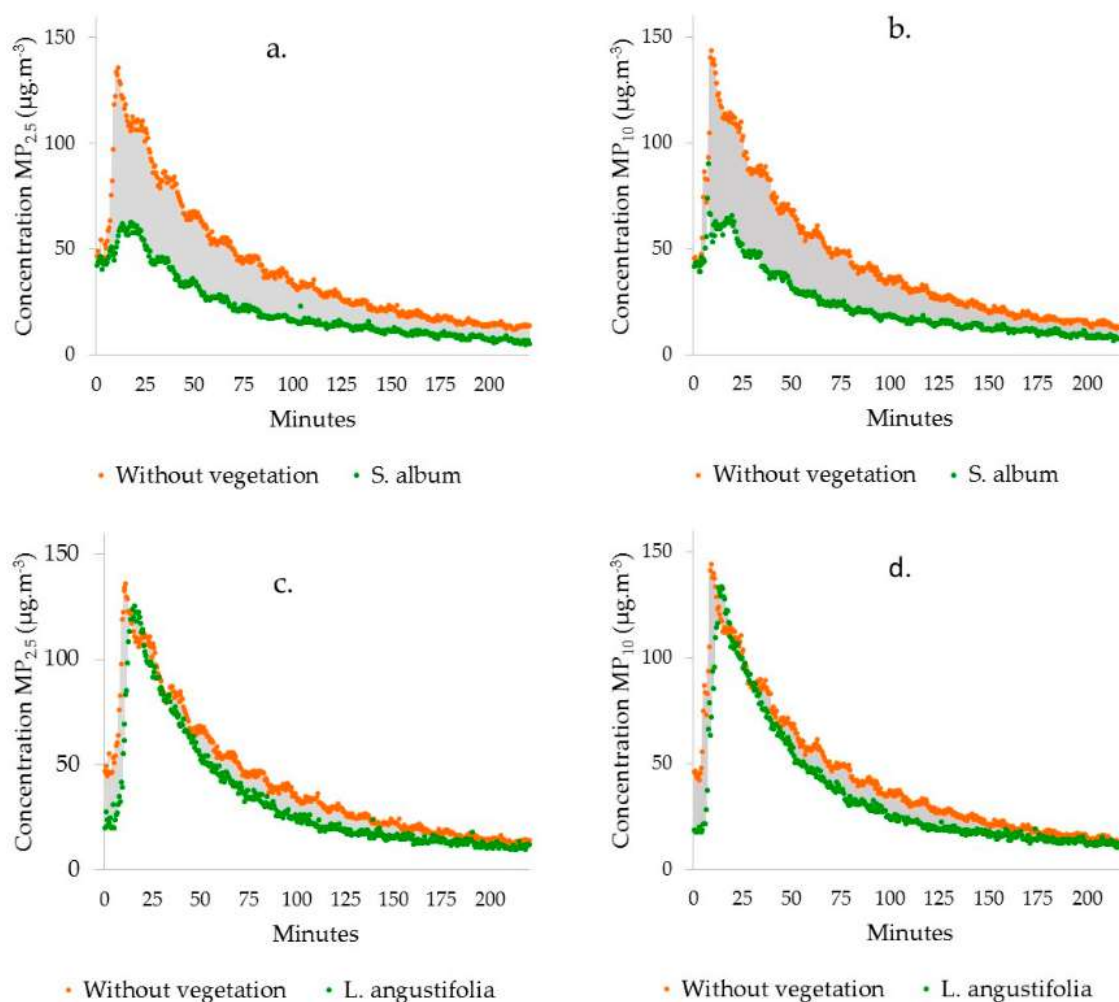


Figura 4.4. Impacto de la vegetación de techos y muros vegetativos en la disminución de concentraciones de MP (Viecco et al., 2018)

A pesar de que este estudio ha comprobado que existen algunas especies utilizadas en techos y muros vegetativos que tienen un alto potencial de captura de MP para reducir la contaminación atmosférica o intramuros (Lundholm et al., 2010), el comportamiento de una mezcla de especies puede ser notoriamente diferente e incluso mejor, ya que usualmente el desempeño multiespecies es mejor que especies individuales en distintos ámbitos, tales como mayor sobrevivencia, menores requerimientos hídricos, menores mantenciones, etc. Por ello, una segunda etapa de este proyecto (Vera et al., 2021) evaluó el impacto de la biodiversidad en los techos y muros vegetativos en la captura de $\text{MP}_{2.5}$. Los

resultados sugieren que la biodiversidad de especies usadas en muros y techos vegetativos incrementa la captura de $MP_{2,5}$, particularmente para especies con captura relativamente baja cuando se usan como monocultivos. La Figura 4.5 muestra una comparación entre el $MP_{2,5}$ capturado por la vegetación para cada especie testada en monocultivo y en policultivo. Estos resultados muestran que en cuatro de las cinco especies se muestra que el $MP_{2,5}$ capturado por las especies en policultivos es mayor, a excepción del *S. album* que mantiene su captura en ambos escenarios. Por lo tanto, es esperable que soluciones de techos y muros vegetativos con policultivos presenten mayores capturas de MP.

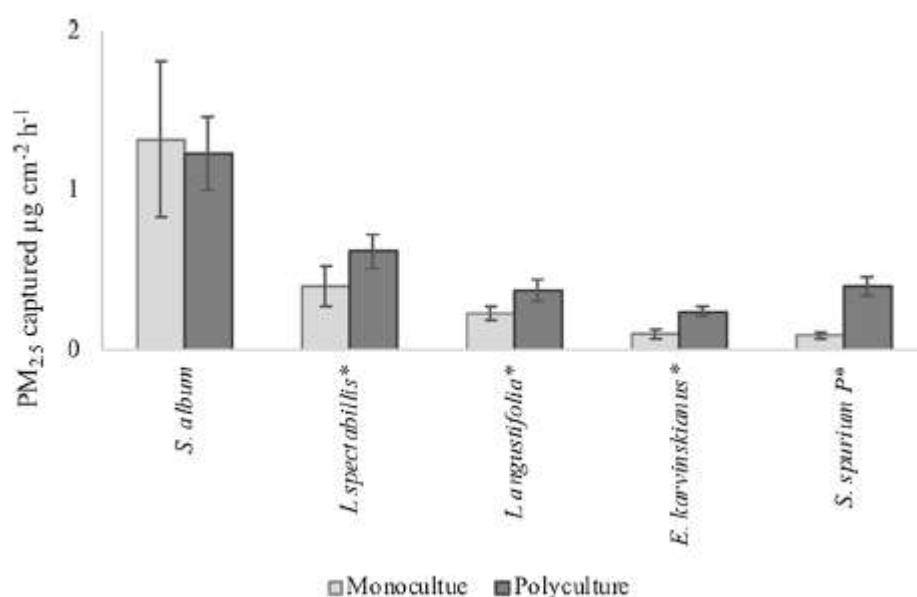


Figura 4.5. $MP_{2,5}$ capturado por la vegetación en techos vegetativos en monocultivos y policultivos. Especies marcadas con (*) muestran diferencias significativas entre monocultivos y policultivos con 95% de confianza ($p < 0,05$) (Vera et al., 2021).

Otro aspecto relevante para analizar el potencial de techos y muros vegetativos en la reducción de la contaminación del aire es el diseño y distribución en un barrio urbano. En esta investigación se trabajó con un caso de estudio de un barrio compuesto por 16 manzanas en la comuna de Santiago Centro, entre las calles Santo Domingo por el norte, San Antonio por el este, Agustinas por el sur y Morandé por el oeste, como se puede ver en la Figura 4.6. Se utilizó la herramienta ENVI-met, que modela el microclima urbano. ENVI-met permitió modelar una parte del área metropolitana con edificios, vegetación,

superficies pavimentadas y emisiones de tráfico para estimar la reducción de la contaminación del aire para diferentes alturas de edificios y porcentajes de cobertura de muros y techos vegetativos. Los resultados mostraron que la mejora de la calidad del aire por muros y techos vegetativos depende de la altura del edificio, la infraestructura urbana circundante, la cobertura de techos y/o muros vegetativos y la proximidad de estos a la fuente contaminante. Concretamente, se observó que entre el 50% y el 75% de la cobertura de techos vegetativos en edificios de baja altura podría mejorar la calidad del aire a nivel de peatones/viajeros, logrando una reducción entre un 3,7 y 2,7% en la concentración de $MP_{2,5}$ (en edificios de 5 y 10 m de altura, respectivamente). Mientras que una cobertura solo del 25% de muros vegetativos produce la mayor captura de $MP_{2,5}$, mostrando una reducción de hasta el 15% de la concentración de $MP_{2,5}$ en todos los casos.

A través de este estudio es posible concluir que el índice de cobertura de la vegetación en los muros o techos vegetativos es un factor clave que determina la captura del $MP_{2,5}$. Además, se observó que el valor óptimo del índice de cobertura no es necesariamente 100%, por ende, se requiere evaluar este en base a simulaciones para las condiciones específicas de tráfico y morfología urbana en cada proyecto.

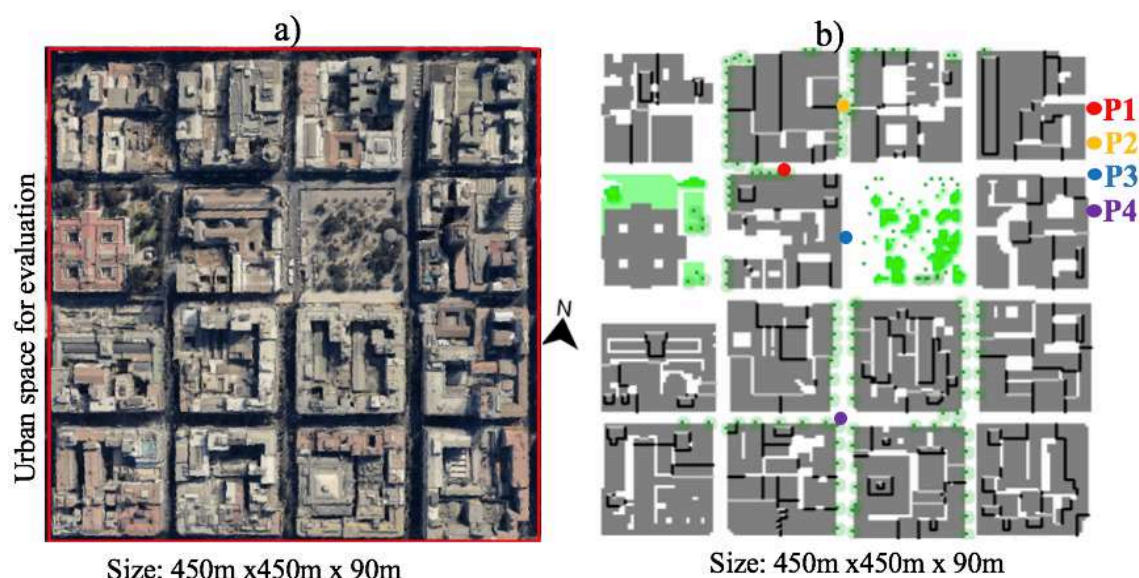


Figura 4.6. Visualización del caso de estudio de Santiago Centro. a) imagen satelital, b) modelo en ENVI-met mostrando los puntos de análisis P1, P2, P3 y P4 (Viecco et al., 2021).

4.2. Eficiencia energética de edificios: FONDECYT 1150675 y FONDECYT 1181610

Se ha comprobado en la literatura que los techos vegetativos mejoran el desempeño térmico de los techos de edificios y tienen el potencial de reducir el consumo de energía de climatización de las edificaciones debido a cuatro mecanismos principales:

- Sombra provista por la vegetación: la vegetación intercepta y absorbe la radiación solar utilizándola para sus procesos biofísicos como la fotosíntesis (He et al., 2017).
- Evapotranspiración del sistema biofísico conformado por la vegetación y el sustrato: la evapotranspiración corresponde a la transpiración de la vegetación y evaporación de la humedad del sustrato. Estos procesos permiten enfriar el ambiente alrededor del techo vegetativo y edificio (American Society of Civil Engineers, 2016; Boulet et al., 2020).
- Aislación térmica adicional provista por el sustrato: la aislación térmica del techo se incrementa debido a que se agrega una capa adicional como lo es el sustrato. No obstante, este aumento puede ser marginal ya que los sustratos presentan conductividades térmicas 10 veces mayores que los materiales aislantes térmicos, mientras que, por otro lado, el sustrato tiene humedad que reduce su capacidad de aislación térmica.
- Inercia térmica adicional provista por el sustrato: la inercia térmica es la habilidad de los materiales de absorber calor y liberarlo posteriormente distribuido en el tiempo (que puede llegar a ser varias horas después), y dependiendo de la masa térmica del edificio puede o no tener efectos importantes en el mejoramiento de la eficiencia térmica del edificio. Por ejemplo, si la estructura de techumbre es de hormigón armado (alta masa térmica), el techo vegetativo no mejoraría el desempeño térmico del edificio producto de la inercia térmica del sustrato ya que su aporte es marginal a la masa térmica del techo existente, pero si lo podrá hacer por otros mecanismos como sombreado y evapotranspiración. Sin embargo, si el edificio es de estructura liviana (ej. madera o acero liviano), la incorporación de

techo vegetativo podría mejorar el desempeño térmico del edificio mediante el aumento de la inercia térmica (Vera et al., 2015, 2017).

Estos mecanismos causan una disminución de las ganancias de calor a través del techo de una edificación. Sin embargo, el impacto del techo vegetativo en el desempeño energético de edificios depende de factores como el clima, tipo de vegetación y su cobertura, tipo de sustrato y su contenido de humedad, entre otros. Estos parámetros usualmente no son seleccionados con el fin del ahorro energético o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero cuando se toman decisiones en las etapas tempranas de diseño de edificaciones. Otro aspecto relevante por considerar es en qué tipo de edificaciones es esperable mayores beneficios del techo vegetativo en este ámbito. En este sentido, es esperable que los mayores ahorros energético se produzcan en edificios con grandes extensiones de techo y a lo más 2 pisos de altura; es decir, edificios industriales y comerciales como centros de distribución, supermercados, edificios de comercialización de herramientas y equipos de construcción, centros comerciales de barrio (conocidos como *strip centers*), entre otros.

Para abordar en detalle esta temática, se ejecutaron los proyectos FONDECYT 1150675 “Modelamiento de la transferencia de calor y humedad a través de techos verdes y muros vivos para evaluar su influencia en el consumo de energía de edificios industriales en climas semiáridos” y FONDECYT 1181610 “¿Qué plantar en techos verdes? Maximizando el potencial de enfriamiento de techos verdes para ahorro de energía en edificios comerciales y mitigación del efecto isla de calor en climas semiáridos”, ambos apoyados por el programa FONDECYT de ANID (ex-CONICYT).

Existen muy pocas herramientas de simulación energética de edificios que permitan evaluar el impacto de techos y muros vegetativos en el desempeño energético de edificios. Una de estas herramientas es DesignBuilder® que incluye el modelo EcoRoof de EnergyPlus®. Basados en esta herramienta, Vera et al. (2017) evaluaron el impacto de un techo

vegetativo en el consumo de energía de un supermercado. Como parte de este estudio se concluyó que el techo vegetativo tiene un impacto significativo en reducir las demandas de energía de enfriamiento (llamadas también cargas de enfriamiento) cuando el techo no está aislado térmicamente. En consecuencia, el contar con una capa de aislación térmica del techo reduce el impacto del techo vegetativo. Los resultados de esta investigación muestran que para un supermercado prototipo ubicado en Santiago, se puede reducir hasta un 18% las demandas de energía de enfriamiento usando un techo vegetativo no aislado térmicamente comparado con un techo tradicional aislado térmicamente. Además, como parte de este estudio, Vera et al. (2017) concluyó que el índice de área foliar (LAI⁴, por sus siglas en inglés) de la vegetación es el parámetro de diseño que más influye en el impacto del techo vegetativo. Por otro lado, se observó que el techo vegetativo no sólo reduce las ganancias de calor a través del techo, sino que también facilita que se disipen las ganancias de calor internas (calor generado por las personas, sistemas de iluminación y equipos o electrodomésticos) hacia el exterior a través del techo vegetativo, reduciendo las demandas de energía de aire acondicionado.

Debido a que existen escasas herramientas de simulación energética que permitan evaluar el impacto de techos y muros vegetativos, en el Proyecto FONDECYT 1150675 se acoplaron a EnergyPlus® dos modelos numéricos de transferencia de calor de techos vegetativos, el de Sailor (2008) y el de Tabares-Velasco & Srebric (2012). Estos modelos fueron validados comparando los resultados obtenidos por los modelos de simulación con datos experimentales de techos vegetativos ubicados en Santiago (Chile), Melbourne (Australia) y Chicago (EE. UU.). Los modelos numéricos que permiten estimar la transferencia de calor a través de techos vegetativos son altamente complejos e incluyen los diferentes procesos que se muestran en la Figura 4.7.

⁴ LAI: *leaf area index*, por sus siglas en inglés, o índice de área foliar (IAF) en m^2/m^2 es una variable que, en términos simples, corresponde al total del área de una cara del tejido fotosintético (m^2) por la unidad de superficie del terreno (m^2).

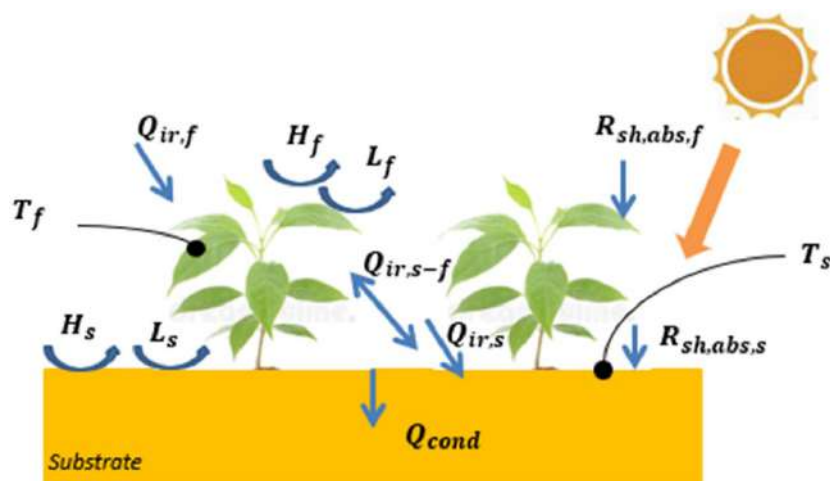


Figura 4.7. Flujos de calor en techo vegetativo donde, T : temperatura, Q_{ir} : radiación de onda larga absorbida del cielo, $Q_{ir,s-f}$ flujo de radiación de onda larga entre sustrato y follaje, H : flujo de calor sensible, L : flujo de calor latente, Q_{cond} : flujo de calor por conducción a través del sustrato, $R_{sh,abs}$: radiación de onda corta absorbida. Los sufijos f y s indican follaje y sustrato, respectivamente (Vera et al., 2018).

Adicional a la implementación de los modelos numéricos de transferencia de masa y calor a través de techos vegetativos, se incluyó el modelo Integrated Hydrological Model at Residential Scale (IHMORS), que es un modelo continuo que simula los procesos hidrológicos más importantes, así como las prácticas de irrigación de techos vegetativos (Herrera et al., 2017; Reyes-Paecke et al., 2019). Este modelo permite estimar más precisamente el contenido de humedad del sustrato, que afecta el desempeño del techo vegetativo, y tiene la capacidad de también calcular la escorrentía y las necesidades de riego de los techos vegetativos bajo las condiciones climáticas de la zona.

Por otro lado, se adaptaron estos modelos numéricos de techos vegetativos para ser usados en muros vivos, los cuales fueron validados con datos experimentales obtenidos en LIVE UC como parte de los proyectos FONDECYT 1150675 y FONDECYT 1181610. En cuanto al impacto de muros vivos en el consumo de energía de edificios, García et al. (2022) concluye que un muro vegetativo no aislado térmicamente puede reducir en hasta un 23,7% las

demandas de energía de aire acondicionado en un supermercado prototipo ubicado en Santiago (Figura 4.8). Además, similar a los resultados encontrados por Vera et al. (2017) para techos vegetativos, García et al. (2022) muestra que la aislación térmica del muro vivo reduce significativamente su efecto, y que el muro vegetativo es más efectivo que la aislación térmica en reducir las demandas de energía de aire-acondicionado.

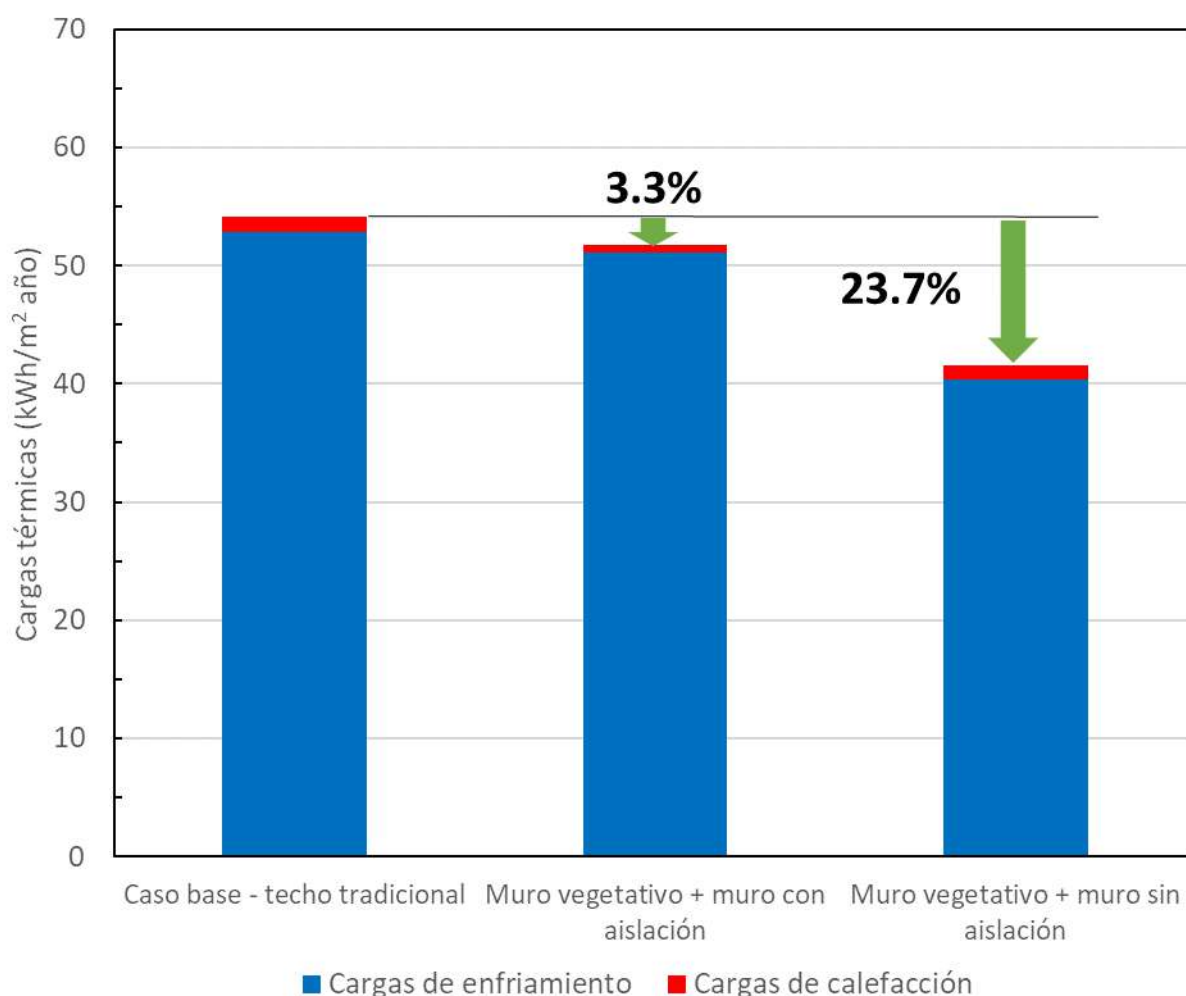


Figura 4.8. Impacto de muro vegetativo en demanda de energía de supermercado en Santiago (García, 2019; García et al., 2022).

Además, en el proyecto FONDECYT 1181610 se ha comparado la eficiencia de un techo vegetativo y muros vivos en reducir el consumo de energía de un supermercado prototipo ubicado en la ciudad de Santiago de Chile. La Figura 4.9 muestra que el utilizar muros

vegetativos en todas las fachadas del supermercado es más efectivo en reducir la demanda de energía de aire acondicionado que el utilizar un techo vegetativo para este caso particular estudiado. El muro vegetativo reduce estas demandas de energía de enfriamiento en 23,7%, mientras que el techo vegetativo la reduce en un 15,1%. Además, el uso de ambas tecnologías, muros y techos vegetativos genera un ahorro de la demanda de energía para aire-acondicionado superior al 34% con respecto al caso base en Santiago de Chile.

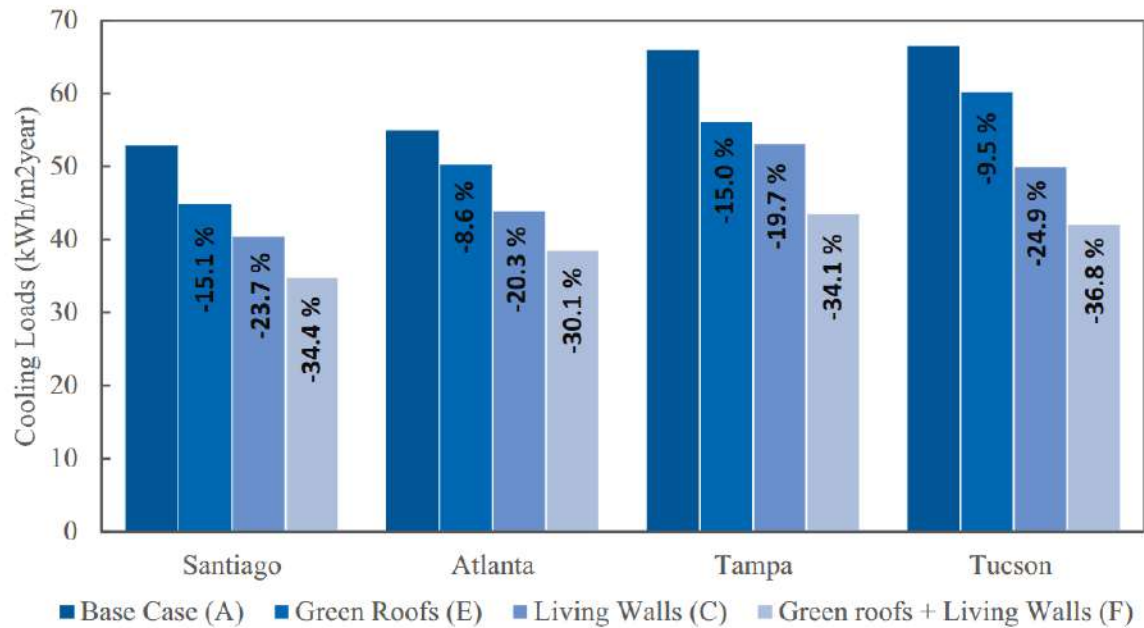


Figura 4.9. Comparación de la efectividad de techos y muros vegetativos en reducir demanda de energía de un supermercado prototipo en Santiago de Chile, Atlanta, Tampa y Tucson (EE. UU.) (García, 2019; García et al., 2022).

Aunque estos resultados son para una edificación en particular, un supermercado, y clima específico, Santiago de Chile, evidencia el enorme potencial de techos y muros vegetativos para reducir el consumo de energía de aire acondicionado de edificios, lo cual se puede evaluar debido al desarrollo de herramientas de simulación específicas.

4.3. Mitigación efecto isla de calor urbano: FONDECYT 1150675 y 1181610

Uno de los beneficios de la implementación de cubiertas vegetativas corresponde a la mitigación del efecto de isla de calor urbano o ICU (Berardi et al., 2014). El efecto ICU corresponde al aumento de la temperatura de las zonas urbanas con respecto a las zonas rurales adyacentes debido a varios factores, entre los que se destacan, el continuo crecimiento de las ciudades, aumento de la población, incremento de demandas de calefacción y enfriamiento en edificios, incremento del calor absorbido por la infraestructura urbana y los materiales manufacturados, alto calor de origen antropogénico y una reducida vegetación urbana (Dwivedi & Mohan, 2018; Mohajerani et al., 2017; Oke et al., 1991; Santamouris, 2007). Esto se produce porque las materialidades y superficies de las ciudades (pavimentos de calles y veredas; edificios) favorecen la retención de calor, el cual emiten como radiación de onda larga (Figura 4.10), lo que incrementa la temperatura del aire urbano.

El estudio de Sarricolea & Martín-Vide (2014) evaluó el efecto isla de calor urbano en el Área Metropolitana de Santiago, concluyendo que las ICU se producen en las zonas más densamente pobladas, pero también en zonas industriales, y pueden alcanzar temperaturas hasta 7,4°C y 5,9°C en otoño y verano, respectivamente.

Durante el desarrollo del proyecto FONDECYT 1150675 se evaluó el potencial de muros vivos para mitigar efecto ICU de dos tipos de muros vegetativos comparado con muros tradicionales de hormigón armado (color gris) y muros metálicos (color rojo) orientados hacia el norte (Figura 4.11). La Figura 4.12 muestra la variación de temperatura superficial de los diferentes muros en varios días de verano. Se aprecia que la temperatura del muro vivo 1, que posee una cobertura completa del muro, presenta temperaturas más bajas durante el día, y la temperatura máxima diaria es hasta 30°C menor que para el muro de metal rojo y hasta 16°C menor que el muro de hormigón a la vista. Esto implica que la vegetación intercepta la radiación solar y la utiliza en procesos biofísicos como la

fotosíntesis, para lo cual la planta abre sus estomas y transpira, en vez de incrementar la temperatura de la superficie, como si sucede en los muros tradicionales. Por lo tanto, los muros vegetativos tienen mucho menor potencial de calentamiento del ambiente circundante.

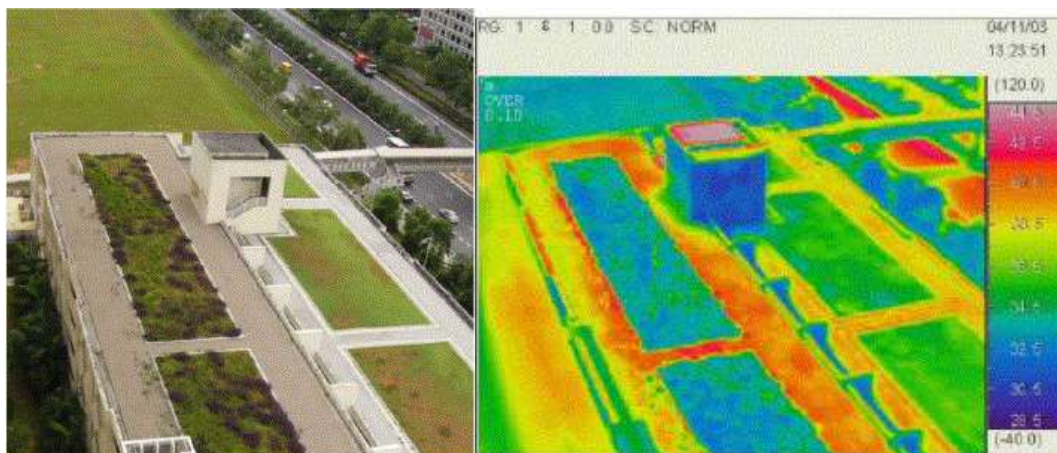


Figura 4.10. Imagen (derecha) con cámara termográfica que muestra que las mayores temperaturas superficiales (colores rojos y naranjos) ocurren en superficies de techo con materiales tradicionales, mientras que las menores temperaturas superficiales (colores verde oscuro y azul) ocurren en el techo vegetativo. (Nyuk Hien et al., 2007)



Figura 4.11. Tipologías de muros evaluados (de izquierda a derecha): muro vivo 1, muro vivo 2, muro metálico rojo, muro de hormigón a la vista (Victorero et al., 2015).

El proyecto FONDECYT 1181610 tenía entre sus objetivos evaluar el potencial de enfriamiento que tienen diferentes especies utilizadas en techos y muros vegetativos para enfriar el ambiente urbano.

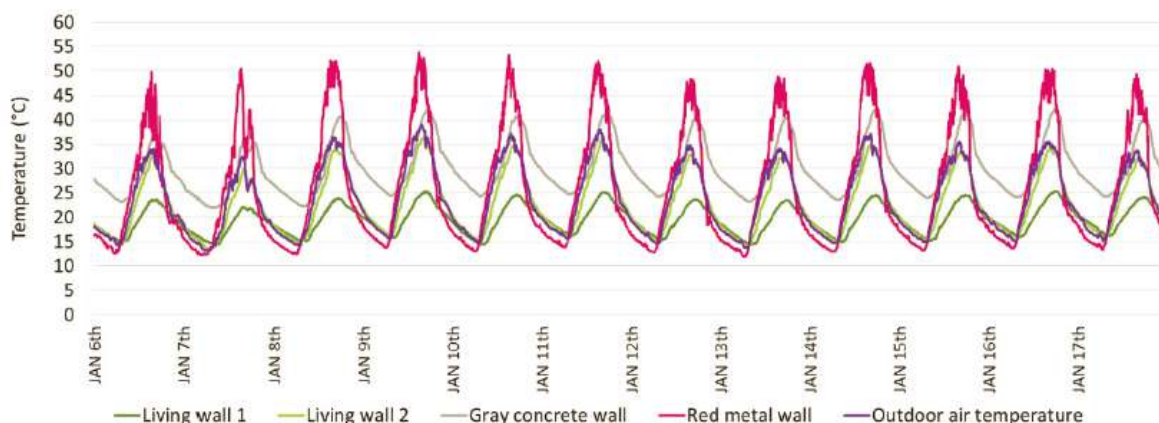


Figura 4.12. Variación de temperatura superficial de los muros vivos y tradicionales evaluados (Victorero et al., 2015).

En una primera etapa se evaluó experimentalmente el potencial de enfriamiento de diversas especies de cubresuelos nativas e introducidas (ver Figura 4.13) con metabolismos C3 (vía metabólica de 3 carbonos, que involucra a cerca del 85% de las especies de plantas) y CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas). Las especies C3 se caracterizan por realizar el proceso de apertura estomática durante el día (Cook-Patton & Bauerle, 2012). Mientras que las especies CAM se han adaptado para realizar la apertura estomática durante la noche, optimizando el uso del agua y adaptándose a ambientes más áridos (Chen et al., 2002).

Se realizaron mediciones en un invernadero de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ubicado en el Campus San Joaquín, a partir de las cuales se obtuvieron resultados de resistencia estomática promedio, resistencia estomática mínima e índice de área foliar (LAI) (ver Tabla 4.2) para seis especies. Con estos datos se desarrollaron nuevas las ecuaciones de resistencia estomática para los modelos de Sailor (2008) y Tabares-Velasco & Srebric (2012) para un clima semiárido. Estos resultados permitieron mejorar la predicción de resistencia estomática en aquellos puntos de sobrestimación en dichos modelos (Ver Figura 4.14). En consecuencia, se disminuyen las diferencias de los flujos de calor y evapotranspiración entre los valores medidos y modelados, lo que finalmente permite cuantificar más precisamente la capacidad de los

techos y muros vegetativos para enfriar el ambiente urbano y reducir el consumo de energía de edificios.



Figura 4.13. Especies seleccionadas. Especies C3: (a) *Glandularia berterii*, (b) *Selliera radicans*, (c) *Phylla reptans*. Especies CAM: (d) *Aptenia cordifolia*, (e) *Sedum palmeri* y (f) *Sedum spurium* (Rojas, 2021).

Además, las mediciones del índice de área foliar y resistencia estomática mínima de las seis especies estudiadas permiten mejorar los *inputs* para los modelos de transferencia de calor y masa a través de techos y muros vegetativos. Se comprobó que, para este caso de estudio, la resistencia estomática es afectada principalmente por la resistencia estomática mínima y la radiación solar incidente. Sin embargo, la ecuación final también incluye LAI, el contenido de humedad en el sustrato y la diferencia de presión de vapor. Todas estas variables permiten predecir hasta el 72% de la resistencia estomática. La importancia de obtener una buena predicción en la resistencia estomática radica en que es uno de los

principales componentes del cálculo del flujo de calor latente o transpiración en la vegetación.

Tabla 4.2. Resistencia estomática promedio (s/m), resistencia estomática mínima (s/m) y LAI (m²/m²) para las seis especies. NM: no medido. Adaptado de Rojas (2021) y Maturana (2019)

Especie	Resistencia estomática (s/m)	Resistencia estomática mínima (s/m)	LAI (m ² /m ²)
<i>Glandularia berterii</i> (VER)	61,65 ± 1,3 (*)	30,06	1,00 ± 0,02
<i>Selliera radicans</i> (SEL)	149,09 ± 5,0 (*)	86,75	3,35 ± 0,06
<i>Phyla reptans</i> (TIQ)	155,39 ± 7,4 (*)	44,50	1,16 ± 0,08
<i>Aptenia cordifolia</i> (APT)	399,24 ± 11,6 (*)	164,87	1,59 ± 0,03
<i>Sedum palmeri</i> (SPA)	375,03 ± 8,5 (*)	221,75	2,83 ± 0,06
<i>Sedum spurium verde</i> (SSV)	328,41 ± 7,7 (*)	181,98	2,89 ± 0,16
<i>Sedum spurium rojo</i>	477,51 (**)	-	-
<i>Sedum spurium híbrido</i>	322,93 (**)	-	-
<i>Geum magellanicum</i>	289,92 (**)	-	-
<i>Plumbago caerulea</i>	354,75 (**)	-	-

(*) Resistencia estomática calculada con el método de Sivakumar & Shaw (1978) utilizando los valores de resistencia estomática abaxial y adaxial en paralelo. (Rojas, 2021)

(**) Resistencia estomática calculada con los valores promedio de las caras abaxiales y adaxiales (Maturana, 2019). No se midió la resistencia estomática mínima ni el LAI.

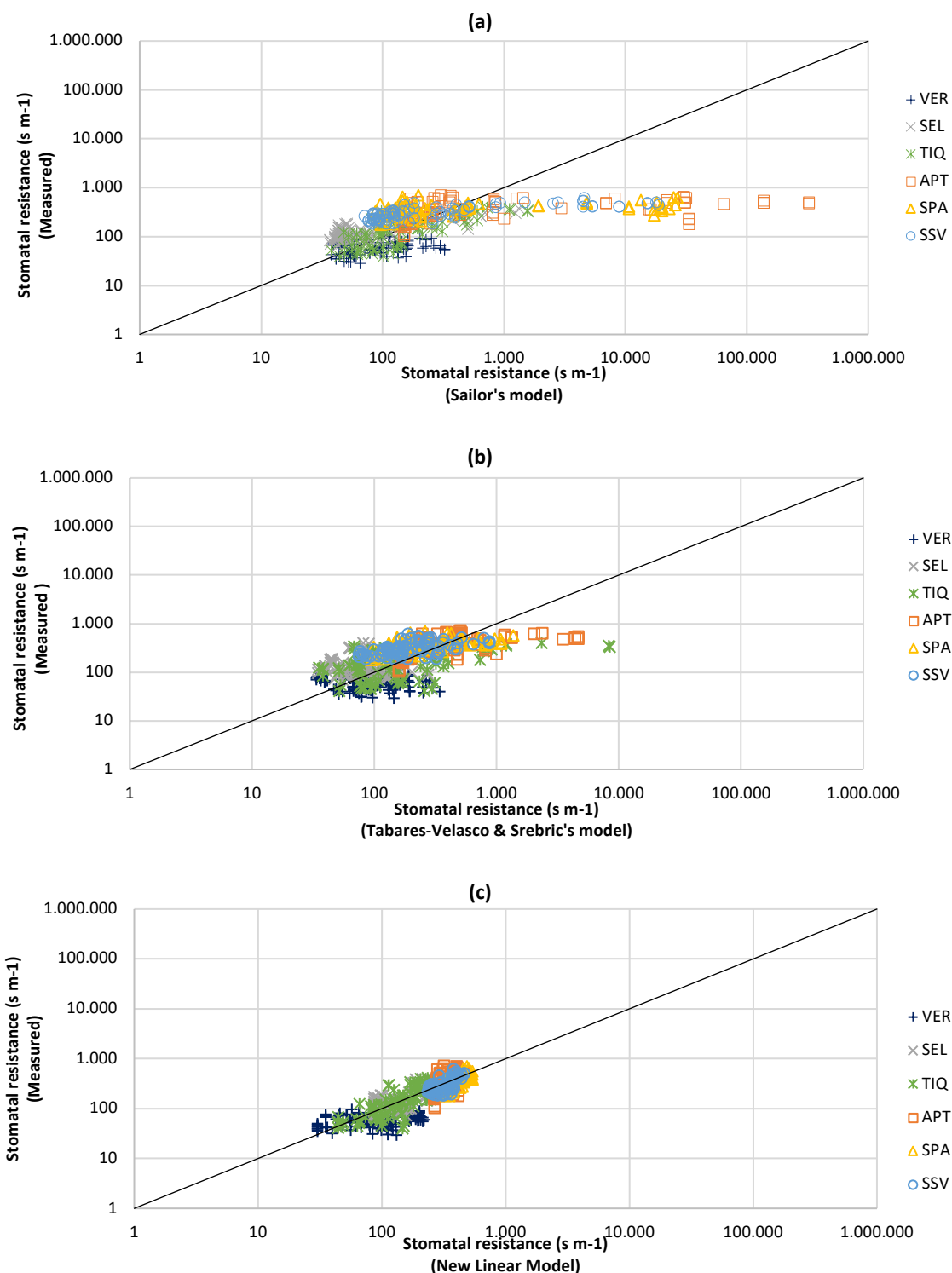


Figura 4.14. Resistencia estomática medida y calculada utilizando modelos de: (a) Sailor (2008), (b) Tabares-Velasco & Srebric (2012), y (c) Nuevo Modelo Lineal. Especies: *Glandularia berterii* (VER), *Selliera radicans* (SEL), *Phyla reptans* (TIQ), *Aptenia cordifolia* (APT), *Sedum palmeri* (SPA), y *Sedum spurium* (SSV) (Rojas, 2021).

A partir de los resultados obtenidos con la nueva ecuación de resistencia estomática se realizaron simulaciones para analizar el impacto de cada especie en la temperatura del sustrato, la temperatura de las plantas y la evapotranspiración en tres ciudades con climas distintos (Santiago, Chile, clima semiárido; Melbourne, Australia, clima oceánico; Chicago, EE.UU, clima continental húmedo). Las principales conclusiones obtenidas en esta etapa indican que el índice de área foliar es el principal parámetro de la vegetación para reducir la temperatura de la superficie del sustrato. Esto está asociado directamente al efecto de sombreado que produce la capa de follaje, ya que la radiación solar es absorbida por las plantas y es utilizada para los procesos de fotosíntesis, disminuyendo las ganancias solares a través del techo vegetativo.

En este sentido, la especie que presenta mayor potencial de enfriamiento es la *Selliera radicans* debido a su alto índice de área foliar (cercano a $3,4 \text{ m}^2\text{m}^2$) y su baja resistencia estomática mínima (87 s/m), es decir, esta especie aporta sombreado y alta transpiración durante el día. Sin embargo, al ser una especie C3 debe mantenerse con irrigación regularmente, ya que no sobreviven a períodos largos de sequías. Otras especies que presentan alto potencial de enfriamiento son las especies *Sedum palmeri* y *Sedum spurium* debido a su alto LAI y resistencias estomáticas más bajas que *Aptenia cordifolia*.

Estas investigaciones permiten entender la importancia de la elección de las especies en los procesos de diseño y planificación de proyectos con techos vegetativos con el fin de optimizar los beneficios de estas tecnologías de acuerdo con las necesidades climáticas de cada zona.

Paralelamente, se trabajó en un acoplamiento entre los modelos numéricos de transferencia de calor y masa a través de techos vegetativos y una herramienta de simulación de microclima urbano, Urban Weather Generator (UWG) desarrollada por Bueno et al. (2013) en el MIT (a través del Building Technology Program). UWG se plantea como un solucionador numérico rápido para simular el entorno del microclima urbano,

teniendo en cuenta el clima rural, características de los edificios urbanos y el calor antropogénico de la zona urbana.

Los parámetros de ingreso para el acoplamiento de los modelos numéricos de techos vegetativos y UWG incluyen las condiciones meteorológicas, detalles urbanos (factores morfo-materiales y parámetros antropogénicos), la vegetación (porcentaje de cobertura vegetal y árboles y su albedo), tipología de los edificios y las características de los techos vegetativos. Cuando se realiza una simulación, el código reconoce la existencia de techos vegetativos, ingresando los modelos numéricos, calculando los balances de energía y temperaturas superficiales con techo vegetativo.

Preliminarmente, con el acoplamiento en funcionamiento se realizaron 100 simulaciones en dos ciudades: Santiago (Chile) y Melbourne (Australia). Se consideraron dos casos, el primero con vegetación de alto LAI y baja resistencia estomática mínima (alto sombreadamiento y alta transpiración), y el segundo con vegetación bajo LAI y alta resistencia estomática mínima (bajo sombreadamiento y baja transpiración), y 25 combinaciones distintas de escenarios de cobertura vegetal urbana (ej. parques, jardines) y techos vegetativos como porcentaje de techos cubiertos con vegetación del total disponible.

A modo de ejemplo se muestran los resultados obtenidos de la simulación de Santiago de Chile con alto LAI y baja resistencia estomática mínima. Se muestran las temperaturas urbanas media mensuales (UCL) de los diferentes escenarios simulados, la temperatura rural y la temperatura del caso base correspondiente a la no existencia de vegetación urbana ni de techos vegetativos (Figura 4.15). Se aprecia claramente el efecto de la vegetación, ya sea urbana o de techos vegetativos en reducir la temperatura de la ciudad. En particular, el caso con 100% de vegetación urbana y 100% de techos vegetativos de alto potencial de transpiración presenta las temperaturas más cercanas a las temperaturas rurales, especialmente en los meses más cálidos. Si se compara este caso con el caso sin vegetación, la reducción de la temperatura urbana máxima es cercana a 5°C.

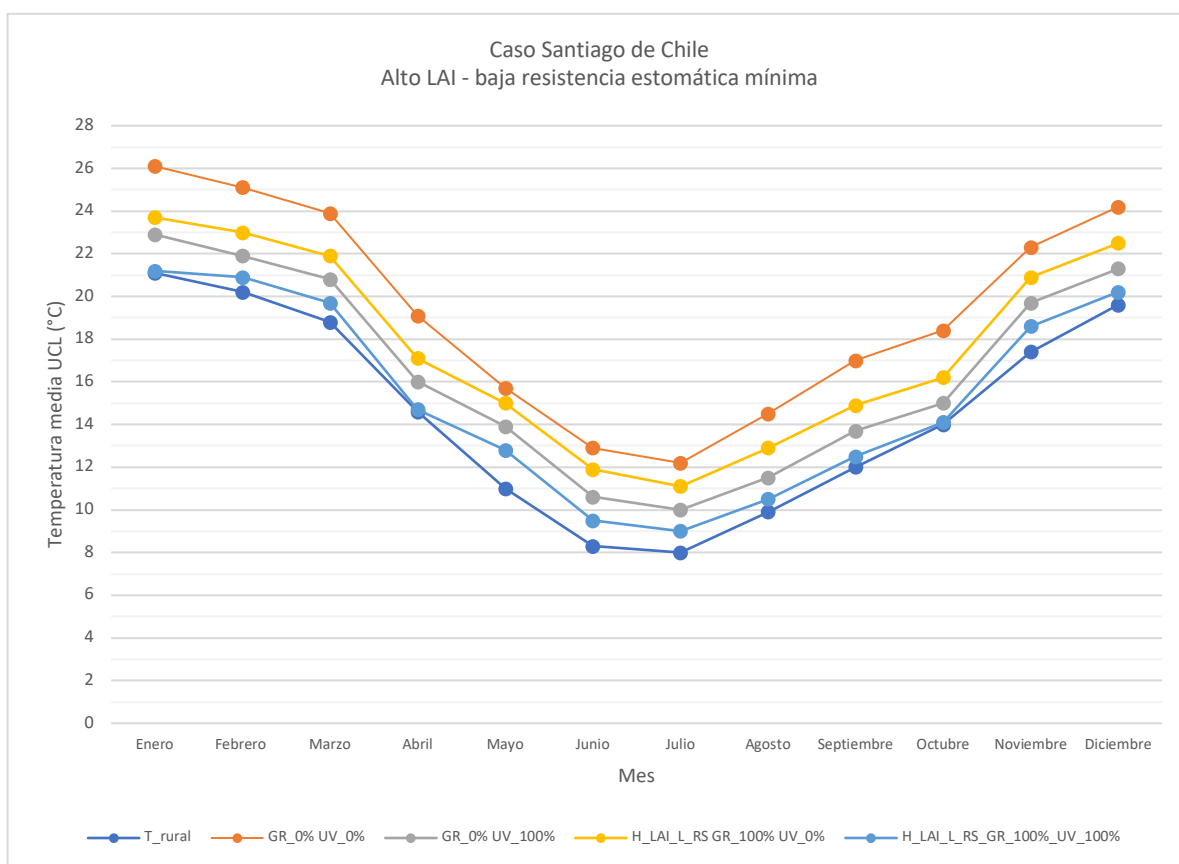


Figura 4.15. Temperatura media UCL en distintos escenarios: caso Santiago con alto LAI, baja resistencia estomática mínima (adaptado de Caamaño (2022)).

- GR_%: indica porcentaje de techos vegetativos con respecto al total disponible, de 0% hasta 100%;
- UV_%: indica porcentaje de vegetación urbana como parques y plazas con respecto al total disponible, de 0 hasta 100%;
- H_LAI_L_RG: alto LAI de la vegetación del techo vegetativo y baja la resistencia estomática mínima.

En la Tabla 4.3 se muestra el detalle de los resultados para el mes más caluroso (enero) para analizar el impacto de la vegetación urbana con cobertura de 100% y 0% de cubiertas vegetativas, se observa una reducción máxima de temperatura de 3,32°C. Mientras que cuando no hay vegetación urbana y 100% de cubierta de techos vegetativos la reducción llega a los 2,51°C.

Los techos vegetativos no sólo tienen un efecto directo en reducir el consumo de energía de aire acondicionado de los edificios como ha sido reportado en este capítulo, sino que también generan una reducción de la temperatura del aire urbano producto de la

vegetación de estos. Esto puede causar una reducción adicional del consumo de energía de aire acondicionado en los edificios, con la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para evaluar el efecto de techos vegetativos en el microclima urbano y su efecto en el consumo de energía de los edificios, se realizaron simulaciones para un barrio de Santiago de Chile.

Tabla 4.3. Resultados mes de enero para Santiago. Caso alto LAI, baja resistencia estomática mínima (Caamaño, 2022).

Air Temperature (°C)	Scenario	Min	Max	Prom	UHI	Disminucion
T_rural	T_rural	9,00	34,00	21,11		
T_UCL	H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	17,17	37,59	26,10	4,99	0,00
	H_LAI L_Rs GR_0% UV_25% (T_UCL)	15,57	35,99	24,50	3,39	1,60
	H_LAI L_Rs GR_0% UV_50% (T_UCL)	15,07	35,49	24,00	2,89	2,10
	H_LAI L_Rs GR_0% UV_75% (T_UCL)	14,23	34,65	23,16	2,05	2,94
	H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	13,85	34,27	22,78	1,67	3,32
	H_LAI L_Rs GR_25% UV_0% (T_UCL)	16,00	36,42	24,53	3,42	1,57
	H_LAI L_Rs GR_50% UV_0% (T_UCL)	15,76	36,18	24,29	3,18	1,81
	H_LAI L_Rs GR_75% UV_0% (T_UCL)	15,33	35,75	23,86	2,75	2,24
	H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	15,06	35,48	23,59	2,48	2,51
	H_LAI L_Rs GR_25% UV_25% (T_UCL)	15,42	35,84	23,95	2,84	2,15
	H_LAI L_Rs GR_50% UV_25% (T_UCL)	14,89	35,31	23,42	2,31	2,68
	H_LAI L_Rs GR_75% UV_25% (T_UCL)	14,58	35,00	23,11	2,00	2,99
	H_LAI L_Rs GR_100% UV_25% (T_UCL)	14,32	34,74	22,85	1,74	3,25
	H_LAI L_Rs GR_25% UV_50% (T_UCL)	14,86	35,28	23,39	2,28	2,71
	H_LAI L_Rs GR_50% UV_50% (T_UCL)	14,36	34,78	22,89	1,78	3,21
	H_LAI L_Rs GR_75% UV_50% (T_UCL)	13,53	34,64	22,46	1,35	3,64
	H_LAI L_Rs GR_100% UV_50% (T_UCL)	13,25	34,36	22,18	1,07	3,92
	H_LAI L_Rs GR_25% UV_75% (T_UCL)	13,61	34,64	22,49	1,38	3,61
	H_LAI L_Rs GR_50% UV_75% (T_UCL)	13,37	34,40	22,25	1,14	3,85
	H_LAI L_Rs GR_75% UV_75% (T_UCL)	13,04	34,07	21,92	0,81	4,18
	H_LAI L_Rs GR_100% UV_75% (T_UCL)	13,19	33,61	21,72	0,61	4,38
	H_LAI L_Rs GR_25% UV_100% (T_UCL)	13,24	34,19	22,08	0,97	4,02
	H_LAI L_Rs GR_50% UV_100% (T_UCL)	12,84	33,79	21,68	0,57	4,42
	H_LAI L_Rs GR_75% UV_100% (T_UCL)	12,62	33,57	21,46	0,35	4,64
	H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	12,38	33,33	21,22	0,11	4,88

Se compararon cinco tipologías de edificios con dos casos de potencial de enfriamiento de techos vegetativos:

- Caso 1 o de alto potencial de enfriamiento: se consideraron techos vegetativos con LAI de $4 \text{ m}^2/\text{m}^2$ y resistencia estomática mínima de 50 s/m.
- Caso 2 o de bajo potencial de enfriamiento: se consideraron techos vegetativos con LAI de $1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ y resistencia estomática mínima de 250 s/m.

Para estos dos casos se consideraron 4 diferentes coberturas de techos vegetativos y cobertura vegetal con respecto al total disponible:

- 0% techos vegetativos y 0% cobertura vegetal.
- 0 % techos vegetativos y 100% cobertura vegetal.
- 100% techos vegetativos y 0% cobertura vegetal.
- 100% techos vegetativos y 100% cobertura vegetal.

Los resultados de estas simulaciones para los diferentes tipos de edificios evaluados se muestran en la Tabla 4.4. Al analizar el Caso 1 (alto potencial de enfriamiento) y comparar los escenarios de 0% de vegetación urbana y 0% de techos vegetativos con respecto al total disponible (H_LAI L_Rs GR_0% UV_0%) con el escenario de 0% de vegetación urbana y 100% de techos vegetativos con respecto al total disponible, se observa que la presencia de techos vegetativos reduce el consumo de energía de aire acondicionado entre 16,9% (hotel pequeño) y 57,1% (supermercado). Esto es causado por efecto combinado que los techos vegetativos reducen el consumo de energía de aire acondicionado de los edificios como se mostró anteriormente y por la reducción de la temperatura del aire urbano. El efecto se aprecia mayormente en edificios de 1 piso donde es esperable un mayor impacto del techo vegetativo.

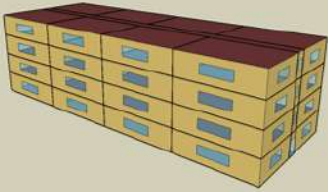
Cabe destacar, que para el Caso 2 con techo vegetativo de menor potencial de enfriamiento y comparando los mismos escenarios del Caso 1, también se observa una reducción importante del consumo de energía de aire acondicionado, aunque menor que para el Caso 1, a excepción del hotel pequeño en que aumenta levemente el consumo de energía de aire acondicionado en el caso 1.

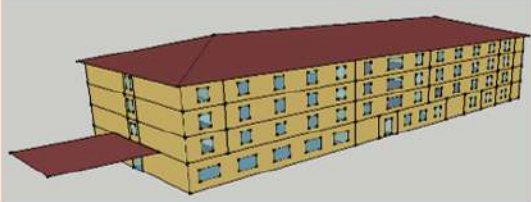
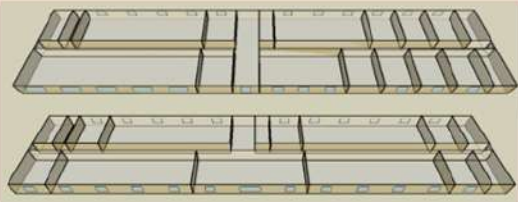
Por otro lado, si se comparan los resultados entre los Casos 1 y 2 para el escenario con 0% de vegetación urbana y 100% de techos vegetativos con respecto al total disponible, se observa que en todos los tipos de edificios el Caso 1 presenta menores consumos de energía para aire acondicionado, que varían entre 4,3% (edificio comercial) y 19,5% (hotel

pequeño). Este resultado es producto que el Caso 1 provee mayor sombreado al techo (mayor LAI) lo que reduce ganancias de calor de radiación solar a través del techo, ademásde presentar mayor capacidad de transpirar debido a una menor resistencia estomática de la vegetación.

A través de los resultados mostrados anteriormente, es posible evidenciar que los techos vegetativos son capaces de enfriar el aire urbano y reducir efectivamente el consumo de energía de los edificios y, por ende, son una alternativa de diseño y tecnología que contribuye a la resiliencia de las ciudades frente a la ICU, olas de calor y calentamiento global, así como también, contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los edificios debido a que reduce el uso de energía, especialmente en climas cálidos como el de Santiago y otras ciudades del valle Central de Chile.

Tabla 4.4. Consumo de energía simulado con UWG para el caso de Santiago en dos escenarios. Escenario 1: LAI 4 m²/m² y resistencia estomática mínima 50 s/m. Escenario 2: LAI 1 m²/m² y resistencia estomática mínima 250 s/m (Caamaño, 2022; FONDECYT 1181610).

BLD6: DOE Commercial Building Benchmark - Midrise Apartment					
					
Caso 1			Caso 2		
LAI	4	m ² /m ²	LAI	1	m ² /m ²
Rs_min	50	s/m	Rs_min	250	s/m
Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx	Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx
H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	144.17	89.06	H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	144.17	89.06
H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	140.09	83.03	H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	140.09	83.03
H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	102.10	72.69	H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	110.94	75.94
H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	100.08	70.18	H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	101.08	73.96

BLD11: DOE Commercial Building Benchmark - Small Hotel					
					
Caso 1			Caso 2		
LAI	4	m ² /m ²	LAI	1	m ² /m ²
Rs_min	50	s/m	Rs_min	250	s/m
Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx	Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx
H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	164.45	105.89	H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	164.45	105.89
H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	162.36	102.45	H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	162.36	102.45
H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	105.36	88.04	H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	112.02	109.36
H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	103.89	88.04	H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	107.06	103.89

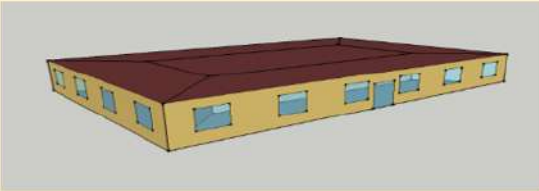
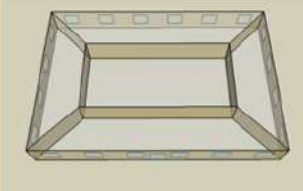
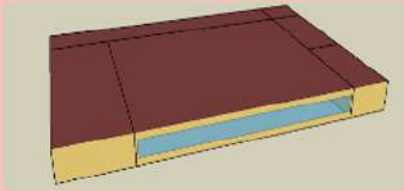
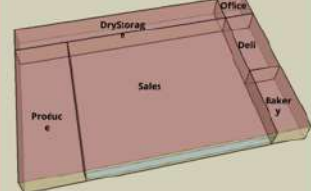
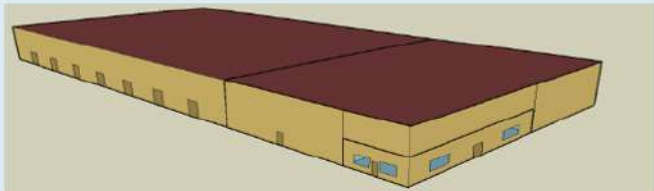
BLD12: DOE Commercial Building Benchmark - Small Office					
					
Caso 1			Caso 2		
LAI	4	m ² /m ²	LAI	1	m ² /m ²
Rs_min	50	s/m	Rs_min	250	s/m
Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx	Escenario	Q_Heat (W/m2) máx	Q_cool (W/m2) máx
H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	155.76	134.57	H_LAI L_Rs GR_0% UV_0% (T_UCL)_scl	155.76	134.57
H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	152.64	131.88	H_LAI L_Rs GR_0% UV_100% (T_UCL)	152.64	131.88
H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	102.76	102.10	H_LAI L_Rs GR_100% UV_0% (T_UCL)	112.05	112.98
H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	98.56	99.12	H_LAI L_Rs GR_100% UV_100% (T_UCL)	108.06	105.92

Tabla 4.4 (continuación). Consumo de energía simulado con UWG para el caso de Santiago en dos escenarios. Escenario 1: LAI 4 m²/m² y resistencia estomática mínima 50 s/m. Escenario 2: LAI 1 m²/m² y resistencia estomática mínima 250 s/m (Caamaño, 2022; FONDECYT 1181610)

BLD15: DOE Commercial Building Benchmark - Super Market						
						
Caso 1			Caso 2			
LAI	4	m ² /m ²	LAI	1	m ² /m ²	
Rs_min	50	s/m	Rs_min	250	s/m	
Escenario	Q Heat (W/m ²) máx	Q cool (W/m ²) máx	Escenario	Q Heat (W/m ²) máx	Q cool (W/m ²) máx	
H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_0%(T_UCL)_scl	55.10	149.20	H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_0%(T_UCL)_scl	55.10	149.20	
H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_100%(T_UCL)	53.33	147.90	H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_100%(T_UCL)	53.33	147.90	
H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_0%(T_UCL)	40.96	64.04	H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_0%(T_UCL)	44.23	69.04	
H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_100%(T_UCL)	37.53	61.48	H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_100%(T_UCL)	40.53	67.05	

BLD16: DOE Commercial Building Benchmark - Warehouse						
						
Caso 1			Caso 2			
LAI	4	m ² /m ²	LAI	1	m ² /m ²	
Rs_min	50	s/m	Rs_min	250	s/m	
Escenario	Q Heat (W/m ²) máx	Q cool (W/m ²) máx	Escenario	Q Heat (W/m ²) máx	Q cool (W/m ²) máx	
H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_0%(T_UCL)_scl	102.10	66.54	H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_0%(T_UCL)_scl	102.10	66.54	
H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_100%(T_UCL)	97.45	64.02	H_LAI_L_Rs_GR_0%UV_100%(T_UCL)	97.45	64.02	
H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_0%(T_UCL)	57.45	53.04	H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_0%(T_UCL)	67.02	57.04	
H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_100%(T_UCL)	55.04	51.48	H_LAI_L_Rs_GR_100%UV_100%(T_UCL)	60.35	55.95	

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 “Reverdeamiento 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 fotovoltaicos 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).

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 tinajas 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-árido a -árido. 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.

7. REFERENCIAS

- Alexandri, E., & Jones, P. (2007).** Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the built environment: Comparison with experimental results. *Building and Environment*, 42(8), 2835–2849. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.004>
- AméricaEconomía. (2019).** *Montevideo es la mejor ciudad para vivir en América Latina y Caracas la peor, según ránking de Mercer.* <https://www.americaeconomia.com/politica-sociedad/montevideo-es-la-mejor-ciudad-para-vivir-en-america-latina-y-caracas-la-peor-segun-ranking-de-mercer>
- American Society of Civil Engineers. (2016).** *Manuals and Reports on Engineering Practice N°70: Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements.*
- Baldo, P. (2019).** *Techos verdes según el nuevo Código de Edificación.* El Clarín. https://www.clarin.com/arq/techos-verdes-nuevo-codigo-edificacion_0_Bd04B6xmq.html
- Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., & García-Herrera, R. (2011).** The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220–224. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1201224>
- Baykal, A. (2012).** Green Roofs Copenhagen. En *The Technical and Environmental Administration in City of Copenhagen.* http://en.klimatilpasning.dk/media/704006/1017_sJ43Q6DDyY.pdf
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. H., & GhaffarianHoseini, A. (2014).** State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411–428. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047>
- Berlin.de Newsletter. (2016).** *Green Roofs 2016 - Berlin.de.* <https://www.berlin.de/umweltatlas/en/land-use/green-roofs/2016/summary/>
- Besir, A. B., & Cuce, E. (2018).** Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(July 2017), 915–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012a).** How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, 48(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.019>
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012b).** Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment*, 58, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s. f.).** *Clima y Vegetación Región Metropolitana de Santiago.* Recuperado 18 de abril de 2022, de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/clima.htm>
- Borooh, A. (2011).** *Toronto Green Roof Construction Standard and the Supplementary Guidelines.* <http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/GreenRoof-supGuidelines.pdf>

- Boulet, G., Jarlan, L., Oliosio, A., & Nieto, H. (2020).** Evapotranspiration in the Mediterranean region. En *Water Resources in the Mediterranean Region*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818086-0.00002-9>
- Brockman, K. (2016).** *A Better Roofs Policy for San Francisco Better Roofs legislation*.
- Bueno, B., Norford, L., Hidalgo, J., & Pigeon, G. (2013).** The urban weather generator. <https://doi.org/10.1080/19401493.2012.718797>, 6(4), 269–281. <https://doi.org/10.1080/19401493.2012.718797>
- Butler, C., & Orians, C. M. (2011).** Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof. *Ecological Engineering*, 37(11), 1796–1803. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.025>
- C40 Cities. (2015).** *Nature Conservation Ordinance is Greening Tokyo's Buildings*. <https://www.c40.org/case-studies/nature-conservation-ordinance-is-greening-tokyo-s-buildings/>
- Caamaño, L. (2022).** *Reporte resultados (No publicado) FONDECYT 1181610*.
- Carpenter, M. (2013).** From “healthful exercise” to “nature on prescription”: The politics of urban green spaces and walking for health. *Landscape and Urban Planning*, 118, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.02.009>
- CChC. (2019).** *Fundamenta 45: El Sector de la Construcción ante el Desafío Climático Global*.
- CEDEUS. (2019).** *El aire contaminado de las ciudades de Chile disminuye nuestras expectativas de vida - CEDEUS*. <https://www.cedeus.cl/blog/2019/06/18/el-aire-contaminado-de-las-ciudades-de-chile-disminuye-nuestras-expectativas-de-vida/>
- Chan, A. L. S., & Chow, T. T. (2013).** Energy and economic performance of green roof system under future climatic conditions in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 64, 182–198. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.015>
- Chen, L.-S., Lin, Q., & Nose, A. (2002).** A comparative study on diurnal changes in metabolite levels in the leaves of three crassulacean acid metabolism (CAM) species, *Ananas comosus*, *Kalanchoë daigremontiana* and *K. pinnata*. *Journal of Experimental Botany*, 53(367), 341–350. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.341>
- Chen, Q., Li, B., & Liu, X. (2013).** An experimental evaluation of the living wall system in hot and humid climate. *Energy and Buildings*, 61, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.030>
- City of Chicago. (s. f.).** *Green and Solar Permit Incentives*. Recuperado 2 de marzo de 2022, de <https://www.chicago.gov/city/en/depts/bldgs/provdrs/permits/svcs/green-permits.html>
- City of Chicago: City Plan Commission. (2008).** *Adding Green To Urban Design: A City for Us and Future Generations*. https://www.cityofchicago.org/content/dam/city/depts/zlup/Sustainable_Development/Publications/Green_Urban_Design/GUD_booklet.pdf
- City of Philadelphia. (s. f.).** *Green Roof Tax Credit | Services*. Recuperado 3 de marzo de 2022, de <https://www.phila.gov/services/payments-assistance-taxes/tax-credits/green-roof-tax-credit/>

- City of Portland. (s. f.).** *Ecoroof Incentive* | *Ecoroof Incentive*. Recuperado 2 de marzo de 2022, de <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/547491>
- City of Portland. (2016).** Stormwater Management Manual. *Stormwater management Manual*, 502. <https://www.portlandoregon.gov/bes/64040>
- City Planning Division City of Toronto. (2017).** *Official Plan & Guidelines: Green Roofs*. <https://www.toronto.ca/city-government/planning-development/official-plan-guidelines/green-roofs/>
- Ciudad de Buenos Aires. (2018).** *Código De Edificación*. 320. <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PL-LEY-LCABA-LCBA-6100-18-ANX.pdf>
- CNN Chile. (2019).** *Ministro de Vivienda y Urbanismo presentó nuevo decreto que fomenta la construcción de techos verdes en edificios*. https://www.cnnchile.com/pais/ministro-de-vivienda-y-urbanismo-presento-nuevo-decreto-que-fomenta-la-construccion-de-techos-verdes-en-edificios_20190118/
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2019).** *Anuario Estadístico De Energía 2019*.
- Cook-Patton, S. C., & Bauerle, T. L. (2012).** Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management*, 106, 85–92. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2012.04.003>
- Council's Green Roofs and Walls Technical Advisory Panel. (2022).** *Environmental Support Funding: Green Roofs and Walls*. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/environmental-support-funding/green-roofs-and-walls>
- Demographia. (2021).** Demographia World Urban Areas. *Demographia, January*, 132.
- DEPI. (2014).** *A Guide to Green Roofs, Walls And Facades*. https://202020vision.com.au/media/41918/growing_green_guide_ebook_130214.pdf
- Design for London, & Greater London Authority's London Plan and Environment Teams. (1990).** Living Roofs and Walls: Technical Report: Supporting London Plan Policy. En *Archiv der Mathematik* (Vol. 54, Número 2).
- Ley N°21.075, 15 de febrero de 2018, (2018).** <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1115066>
- DiGiovanni, K., Gaffin, S., Montalto, F., & Rosenzweig, C. (2010).** Green roof hydrology: Results from a small-scale lysimeter setup (Bronx, NY). *Proceedings of the 2010 International LID Conference "Redefining Water in the City" April, 41099*(APRIL 2010), 11–14. [https://doi.org/10.1061/41099\(367\)114](https://doi.org/10.1061/41099(367)114)
- Dwivedi, A., & Mohan, B. K. (2018).** Impact of green roof on micro climate to reduce Urban Heat Island. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 10(April 2017), 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>
- European Federation of Green Roof and Green Wall Associations, & Livingroofs.org. (2019).** *Living roofs and walls from policy to practice: 10 years of urban greening in London and beyond*.

- Feng, H., & Hewage, K. (2014).** Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings. *ENERGY AND BUILDINGS*, 75, 281–289.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.039>
- Ferraro, M. (2012).** *Terrazas verdes (Ley 4428)*. Biblioteca Esteban Echeverría.
<https://biblioteca.legislatura.gov.ar/leyFacilDetalle.aspx?id=80>
- García, M. (2019).** *Evaluating the potential impact of living walls and vegetative roofs on the energy performance of a retail building*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- García, M., Vera, S., Rouault, F., Gironás, J., & Bustamante, W. (2022).** Cooling potential of greenery systems for a stand-alone retail building under semiarid and humid subtropical climates. *Energy and Buildings*, 259, 111897.
<https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2022.111897>
- Getter, K. L., Rowe, D. B., Robertson, G. P., Cregg, B. M., & Andresen, J. a. (2009).** Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental science & technology*, 43(19), 7564–7570. <https://doi.org/10.1021/es901539x>
- Grupo Medioambiental del Sistema de las Naciones Unidas (SNU) en Chile. (2021).** *Escasez hídrica en Chile: desafíos pendientes*.
- He, Y., Yu, H., Ozaki, A., Dong, N., & Zheng, S. (2017).** Influence of plant and soil layer on energy balance and thermal performance of green roof system. *Energy*, 141, 1285–1299. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.064>
- Herrera, J., Bonilla, C. A., Castro, L., Vera, S., Reyes, R., & Gironás, J. (2017).** A model for simulating the performance and irrigation of green stormwater facilities at residential scales in semiarid and Mediterranean regions. *Environmental Modelling and Software*, 95, 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.020>
- INE. (2018).** *Síntesis de Resultados CENSO 2017* (Vol. 1).
<https://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
- INE. (2019).** *Proyecciones de Población*.
<https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>
- Instituto Nacional de Normalización. (2020).** *NCh3626:2020: Techos verdes — Terminología, clasificación y requisitos*.
- Krüger, E. L. (2015).** Landscape and Urban Planning Urban heat island and indoor comfort effects in social housing dwellings. *Landscape and Urban Planning*, 134, 147–156.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.017>
- Landeshauptstadt München. (2020).** *Richtlinien für das Sonderprogramm der Landeshauptstadt München zur Förderung von Innenhof-, Vorgarten-, Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelung sowie von naturnaher Begrünung von Firmengeländen*.
- Landeshauptstadt Stuttgart. (s. f.).** *Grüne Infrastruktur | Landeshauptstadt Stuttgart*. Recuperado 16 de febrero de 2022, de
<https://www.stuttgart.de/leben/natur/gruene-infrastruktur/gruene-Infrastruktur.php>
- Landeshauptstadt Stuttgart. (2021a).** *Richtlinie Stuttgarter Grünprogramm*.
- Landeshauptstadt Stuttgart. (2021b).** *Stuttgarter Grünprogramm*.

- Lawlor, G., Currie, B., Doshi, H., & Wieditz, I. (2006).** *Green roofs: a resource manual for municipal policy makers.* Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Liberalesso, T., Oliveira Cruz, C., Matos Silva, C., & Manso, M. (2020).** Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. *Land Use Policy*, 96(April), 104693. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693>
- Lundholm, J., Macivor, J. S., Macdougall, Z., & Ranalli, M. (2010).** Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PLoS ONE*, 5(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>
- Mahmoudi, A., Mousavi, S. A., & Darvishi, P. (2021).** Greywater as a sustainable source for development of green roofs: Characteristics, treatment technologies, reuse, case studies and future developments. *Journal of Environmental Management*, 295(January), 112991. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112991>
- Malys, L., Musy, M., & Inard, C. (2014).** A hydrothermal model to assess the impact of green walls on urban microclimate and building energy consumption. *Building and Environment*, 73, 187–197. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.012>
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015).** Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>
- Maturana, A. M. (2019).** *Caracterización De La Conductancia Y Densidad Estomática En Cubresuelos Nativos E Introducidos, Para Evaluar Su Potencial Uso En Techos Verdes.* 40.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA) Gobierno de Chile. (2018).** Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. En *Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1m0kgt6.108>
- Mohajerani, A., Bakaric, J., & Jeffrey-Bailey, T. (2017).** The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of Environmental Management*, 197, 522–538. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>
- Montaner-Fernández, D., Morales-Salinas, L., Rodríguez, J. S., Cárdenas-Jirón, L., Huete, A., Fuentes-Jaque, G., Pérez-Martínez, W., & Cabezas, J. (2020).** Spatio-temporal variation of the urban heat island in Santiago, Chile during summers 2005–2017. *Remote Sensing*, 12(20), 1–19. <https://doi.org/10.3390/rs12203345>
- National Parks Skyrise Greenery. (2018).** *Incentive Scheme*. <https://www.nparks.gov.sg/skyrisegreenery/incentive-scheme>
- New York City: Department of Finance. (s. f.).** *Green Roof Tax Abatement*. Recuperado 2 de marzo de 2022, de <https://www1.nyc.gov/site/finance/benefits/landlords-green-roof.page>
- New York City: Environmental Protection. (s. f.-a).** *Green Infrastructure - DEP*. Recuperado 2 de marzo de 2022, de <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/green-infrastructure.page>

- New York City: Environmental Protection. (s. f.-b).** *Green Infrastructure Grant Program - DEP*. Recuperado 2 de marzo de 2022, de <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/green-infrastructure-grant-program.page>
- New York City: Environmental Protection. (2020).** *NYC Green Infrastructure: 2020 Annual Report*.
- Newton, J., Research, C. I., Association, I., Research, C. I., Staff, I. A., Ltd, E. C., Livingroofs.org, of the Environment, T., & the Regions. Environmental Protection Group. (2007).** *Building Greener: Guidance on the Use of Green Roofs, Green Walls and Complementary Features on Buildings*. CIRIA.
- Niu, H., Clark, C., Zhou, J., & Adriaens, P. (2010).** Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in. *Environmental science & technology*, 44(11), 4302–4308.
- Nordrum, O. L. (2022).** Health care with a view. *The Lancet Planetary Health*, 6(8), e643. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00170-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00170-X)
- Nyuk Hien, W., Puay Yok, T., & Yu, C. (2007).** Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment*, 42(1), 25–54. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2005.07.030>
- Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G., & Watson, I. D. (1991).** Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night part 2: Diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology* 1991 56:4, 56(4), 339–358. <https://doi.org/10.1007/BF00119211>
- Papaioannou, I. (2013).** *Vegetated Facades as Environmental Control Systems: Filtering Fine Particulate Matter (PM2.5) for improving Indoor Air Quality*.
- Pérez, G., & Coma, J. (2018).** Green roofs classifications, plant species, substrates. En *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 65–74). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00006-9>
- Philadelphia Water Department. (2019).** *4.3 Green Roofs | Philadelphia Water Stormwater Plan Review*. <https://www.pwdplanreview.org/manual/chapter-4/4.3-green-roofs>
- Philadelphia Water Department. (2021).** *Green City Clean Waters*. <https://water.phila.gov/green-city/>
- Radingoana, M. P., Dube, T., & Mazvimavi, D. (2020).** Progress in greywater reuse for home gardening: Opportunities, perceptions and challenges. *Physics and Chemistry of the Earth*, 116(February 2019), 102853. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102853>
- Referat für Stadtplanung und Bauordnung Landeshauptstadt München. (2012).** *Dachlandschaften*.
- Reyes-Paecke, S., Gironás, J., Melo, O., Vicuña, S., & Herrera, J. (2019).** Irrigation of green spaces and residential gardens in a Mediterranean metropolis: Gaps and opportunities for climate change adaptation. *Landscape and Urban Planning*, 182, 34–43. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2018.10.006>
- Rojas, A. (2021).** *A novel stomatal resistance equation to evaluate the cooling potential of C3 and CAM species for vegetative roofs* [Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/62200>

- Sailor, D. J. (2008).** A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, 40(8), 1466–1478. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2008.02.001>
- Santamouris, M. (2007).** Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building Energy Research*, 1, 123–150.
- Sarricolea, P., & Martín-Vide, J. (2014).** El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. *Revista de geografía Norte Grande*, 57(57), 123–141. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000100009>
- Seal of the City and County of San Francisco. (2021).** San Francisco Living Roof Manual. En *Blood of Two Streams*. <https://doi.org/10.1515/9780823297641-014>
- SERNAC. (2003).** Consumo de Agua. <https://www.sernac.cl/portal/607/w3-article-1576.html>
- Shma Company Limited. (s. f.). Paisajismo para espacios urbanos y rascacielos (LUSH).** Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://shmadesigns.com/knowledge/research/landscaping-for-urban-spaces-and-high-rises-lush/>
- Sivakumar, M. V. K., & Shaw, R. H. (1978).** Relative Evaluation of Water Stress Indicators for Soybeans1. *Agronomy Journal*, 70(4), 619. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000040022x>
- Smart City Berlin. (2020).** GründachPLUS – Berlin Senate promotes green roofs. https://smart-city-berlin.de/en/news-list/newsdetail?tx_news_pi1%5Bnews%5D=1155&cHash=6a3cfa01014b9f88cdd936eb20e28cc
- Snodgrass, E., & McIntyre, L. (2010).** *The Green Roof Manual: A Professional Design Guide to Design, Installation and Maintenance*.
- Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J., & Smith, C. L. (2012).** Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, 61, 283–293. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOENV.2012.07.043>
- Sun, T., Bou-Zeid, E., Wang, Z. H., Zerba, E., & Ni, G. H. (2013).** Hydrometeorological determinants of green roof performance via a vertically-resolved model for heat and water transport. *Building and Environment*, 60, 211–224. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.10.018>
- Tabares-Velasco, P. C., & Srebric, J. (2012).** A heat transfer model for assessment of plant based roofing systems in summer conditions. *Building and Environment*, 49, 310–323. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.07.019>
- The City of Waterloo. (2004).** *Green Roofs Feasibility Study. December 2004*.
- The Star. (2018).** Vancouver to develop green roof policy. <https://www.thestar.com/vancouver/2018/07/25/vancouver-to-develop-green-roof-policy.html>
- Tokyo Metropolitan Government. (2017).** *Creating Urban Green Spaces*. <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/en/greenery/development.html>

- Umweltamt City of Düsseldorf. (2022).** *Dachbegrünung - Landeshauptstadt Düsseldorf.*
<https://www.duesseldorf.de/umweltamt/umwelt-und-verbraucherthemen-von-a-z/weitere-themen/dachbegruenung.html>
- United Nations Environment Programme. (2020).** Renewables 2020 Global Status Report. *En Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.*
<http://www.ren21.net/resources/publications/>
- Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2009).** Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, 44(5), 1081–1087.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.013>
- Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2011).** In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Building and Environment*, 46(3), 729–738.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.006>
- Vera, S., Gironás, J., Bonilla, C., Bustamante, W., Rojas, M. V., Victorero, F., & Schöll, M. (2014).** *Informe Catastro INNOVACHile 12IDL2-13630.*
- Vera, S., Pinto, C., Tabares-Velasco, P. C., & Bustamante, W. (2018).** A critical review of heat and mass transfer in vegetative roof models used in building energy and urban environment simulation tools. *Applied Energy*, 232, 752–764.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2018.09.079>
- Vera, S., Pinto, C., Tabares-Velasco, P. C., Bustamante, W., Victorero, F., Gironás, J., & Bonilla, C. A. (2017).** Influence of vegetation, substrate, and thermal insulation of an extensive vegetated roof on the thermal performance of retail stores in semiarid and marine climates. *Energy and Buildings*, 146, 312–321.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.037>
- Vera, S., Pinto, C., Victorero, F., Bustamante, W., Bonilla, C., Gironás, J., & Rojas, V. (2015).** Influence of plant and substrate characteristics of vegetated roofs on a supermarket energy performance located in a semiarid climate. *Energy Procedia*, 78, 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.089>
- Vera, S., Viecco, M., & Jorquera, H. (2021).** Effects of biodiversity in green roofs and walls on the capture of fine particulate matter. *Urban Forestry and Urban Greening*, 63(June). <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127229>
- Victorero, F., Vera, S., Bustamante, W., Tori, F., Bonilla, C., Gironás, J., & Rojas, V. (2015).** Experimental Study of the Thermal Performance of Living Walls Under Semiarid Climatic Conditions. *Energy Procedia*, 78, 3416–3421.
<https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2015.12.160>
- Viecco, M., Jorquera, H., Sharma, A., Bustamante, W., Fernando, H. J. S., & Vera, S. (2021).** Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter. *Building and Environment*, 204(February).
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108120>
- Viecco, M., Vera, S., Jorquera, H., Bustamante, W., Gironás, J., Dobbs, C., & Leiva, E. (2018).** Potential of Particle Matter Dry Deposition on Green Roofs and Living Walls Vegetation for Mitigating Urban Atmospheric Pollution in Semiarid Climates. *Sustainability*, 10(7), 2431. <https://doi.org/10.3390/su10072431>

- Wang, Y. (2015).** A simulation study of the effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal EIC Climate Change Technology Conference 2015. *EIC Climate Change Technology Conference 2015*, MAY.
- Wang, Y., Bakker, F., de Groot, R., & Wörtche, H. (2014).** Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. *Building and Environment*, 77, 88–100.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.021>
- Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., Schutzki, R., & Cregg, B. M. (2014).** Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning*, 123, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015>
- Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., & Wong, N. C. (2009).** Energy simulation of vertical greenery systems. *Energy and Buildings*, 41(12), 1401–1408.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.010>
- Yang, H. S., Kang, J., & Choi, M. S. (2012).** Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. *Building and Environment*, 50, 44–55.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.004>
- Yang, J., Yu, Q., & Gong, P. (2008).** Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42(31), 7266–7273.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>
- Zhang, G., & He, B. J. (2021).** Towards green roof implementation: Drivers, motivations, barriers and recommendations. En *Urban Forestry and Urban Greening* (Vol. 58, Número September 2019). Elsevier GmbH.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126992>
- Zhang, X., Shen, L., Tam, V. W. Y., & Lee, W. W. Y. (2012).** Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.157>

CÓMO CITAR LIBRO Y CADA CAPÍTULO

Libro

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 1

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 1: Introducción en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 2

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 2: Catastro de Cubiertas Vegetativas en Chile en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 3

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 3: Resultados del Catastro de Cubiertas Vegetativas en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 4

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 4: Beneficios Ecosistémicos de Cubiertas Vegetativas en Climas Semiáridos en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 5

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 5: Políticas Públicas sobre Cubiertas Vegetativas en el Mundo en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

Capítulo 6

Vera, S., Viecco, M., Rojas, A. y Bustamante, W. (2023) Capítulo 6: Propuesta de Política Pública para la Región Metropolitana de Santiago en *Techos y Muros Vegetativos en Chile: Propuesta de política pública basada en I+D para la implementación de techos y muros vegetativos en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI 10.7764/24082023SV. URL <http://www.liveuc.cl/libro>.

La infraestructura vegetativa de edificios como techos y muros verdes proveen diversos beneficios socioambientales, por lo que diversos países y municipios en el mundo han establecido políticas públicas que gatillen su implementación. Basado en los resultados de proyectos I+D+i cofinanciados con recursos públicos y privados, este libro propone una política pública para la Región Metropolitana de Santiago de Chile que impulse la implementación de techos y muros vegetativos para avanzar hacia la carbono neutralidad de las ciudades y sector inmobiliario, mitigar la contaminación atmosférica urbana, y proveer mayor resiliencia a las ciudades frente al calentamiento global, isla de calor urbana y olas de calor, lo que finalmente se traduce en una mejor calidad de vida de los ciudadanos y un avance sustancial hacia el desarrollo sostenible.

Además, este libro es pertinente como referencia de profesionales para apoyar la planificación urbana y el diseño, construcción y mantención de soluciones de techos y muros vegetativos con propósito en base a resultados científicos locales, que pueden aplicar a climas áridos, semi-áridos y Mediterráneos.

Los autores esperamos que este libro sienta las bases para el desarrollo de un conjunto de políticas públicas que permitan gatillar la implementación de esta infraestructura verde de edificios y lograr los beneficios sociales, ambientales y económico de su implementación a gran escala.

