



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

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.

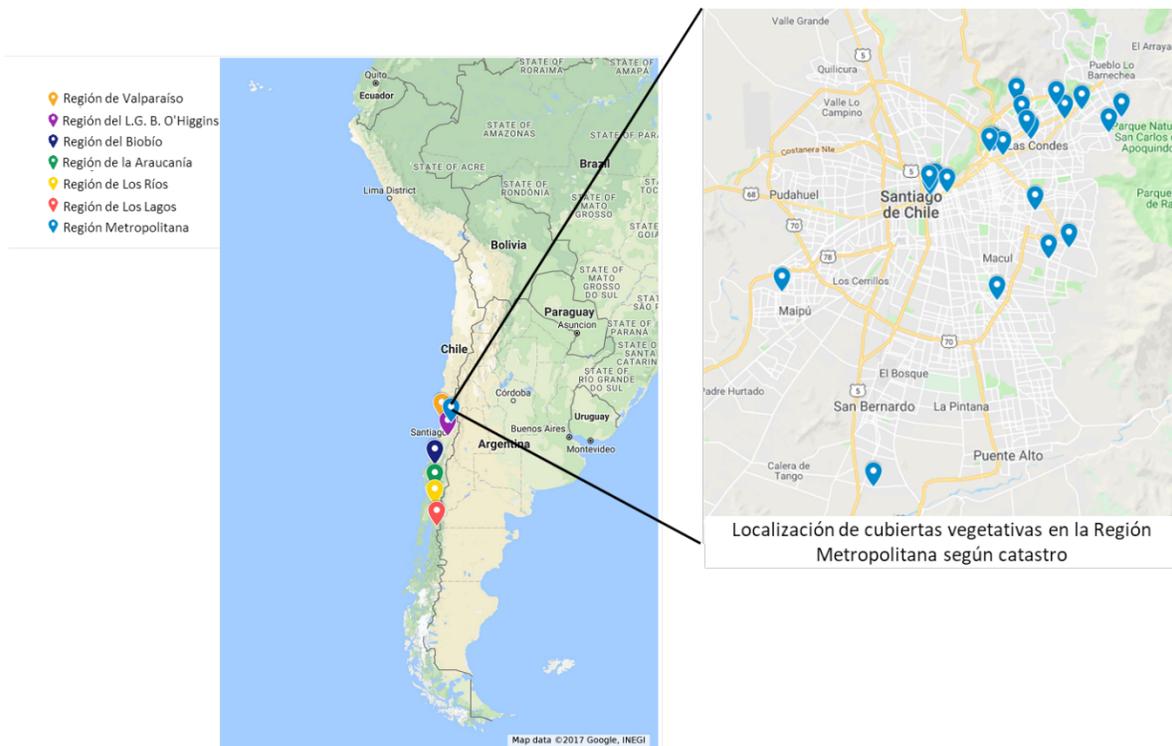


Figura 3.1. Regiones de Chile donde se ubican las cubiertas vegetativas del catastro.

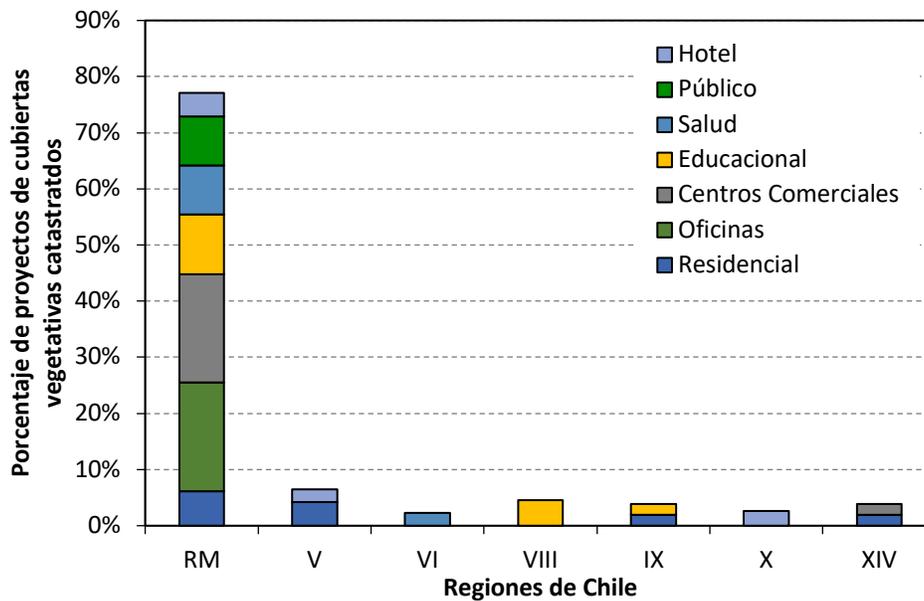


Figura 3.2. Porcentaje de proyectos por región de acuerdo con el uso de la edificación.

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.

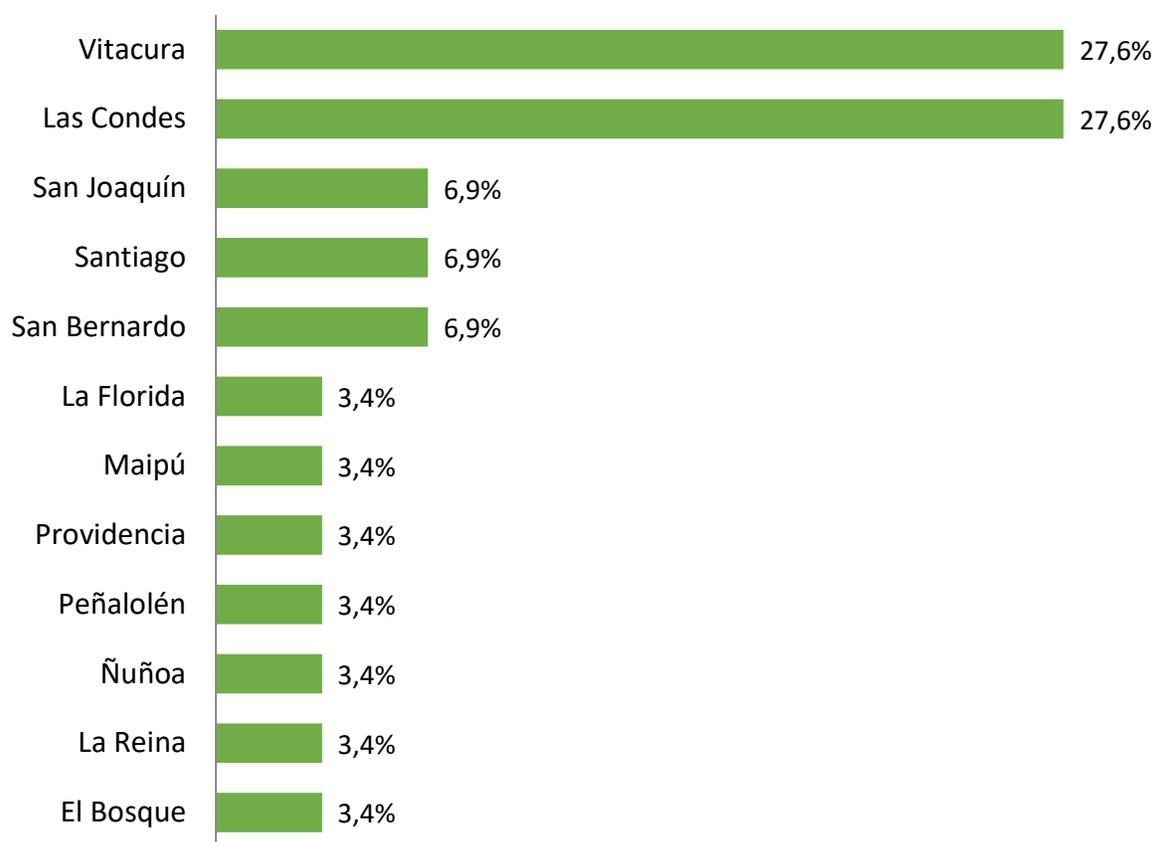


Figura 3.3. Distribución por comuna de la superficie de cubiertas vegetativas en la Región Metropolitana.

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?

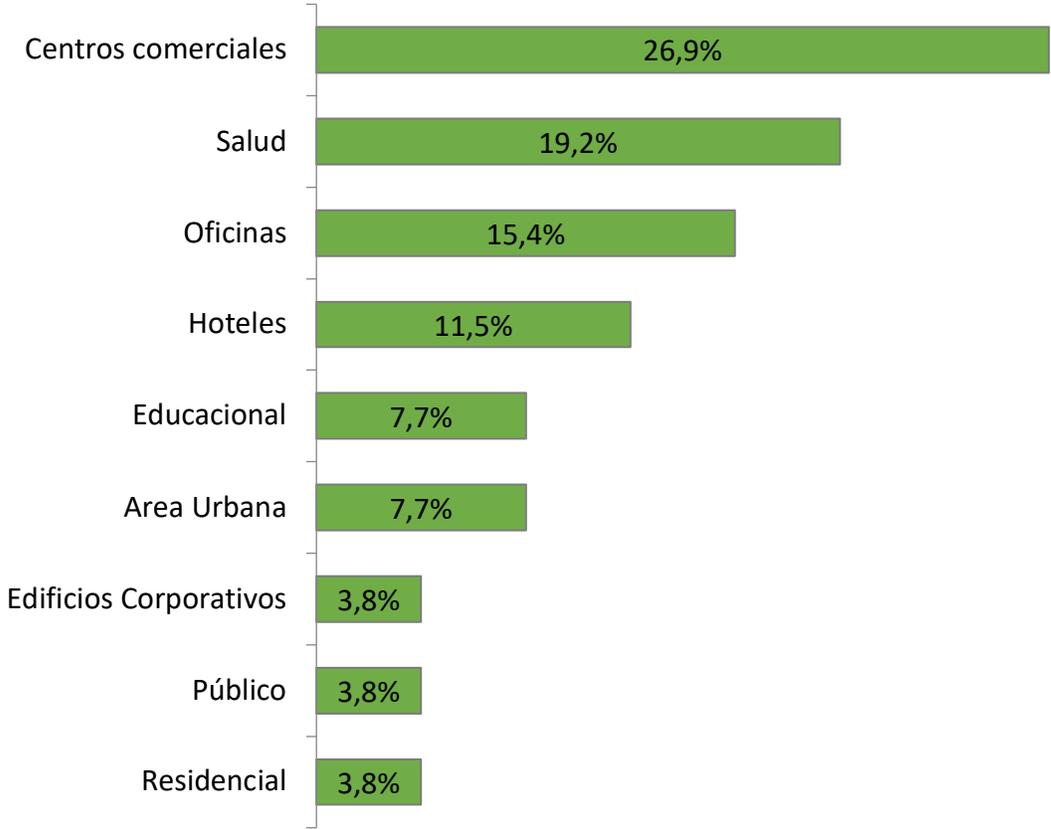


Figura 3.4: Distribución de superficie de cubiertas vegetadas por destino de uso.

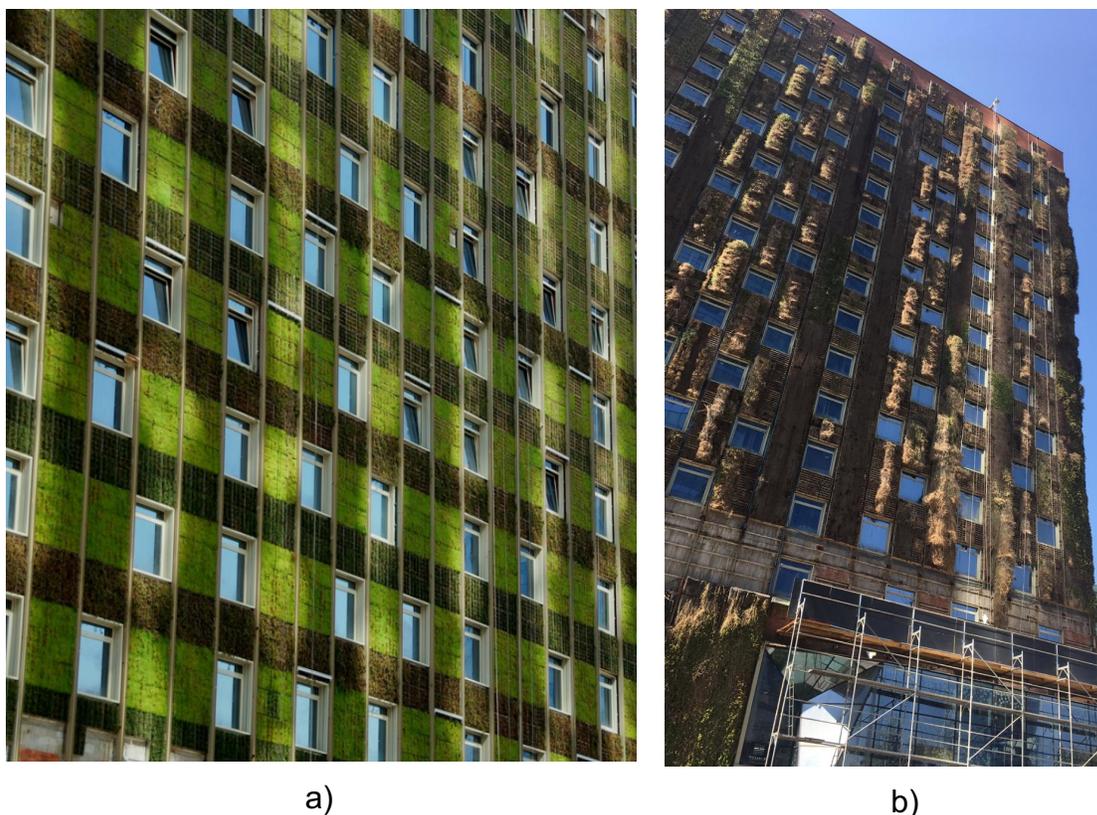


Figura 3.5. Situación muro vegetativo Hotel InterContinental. a) Condición original año 2011-2012 (Fuente: adaptado de www.abwb.cl). b) Condición abril de 2019.

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 mantenimiento 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.

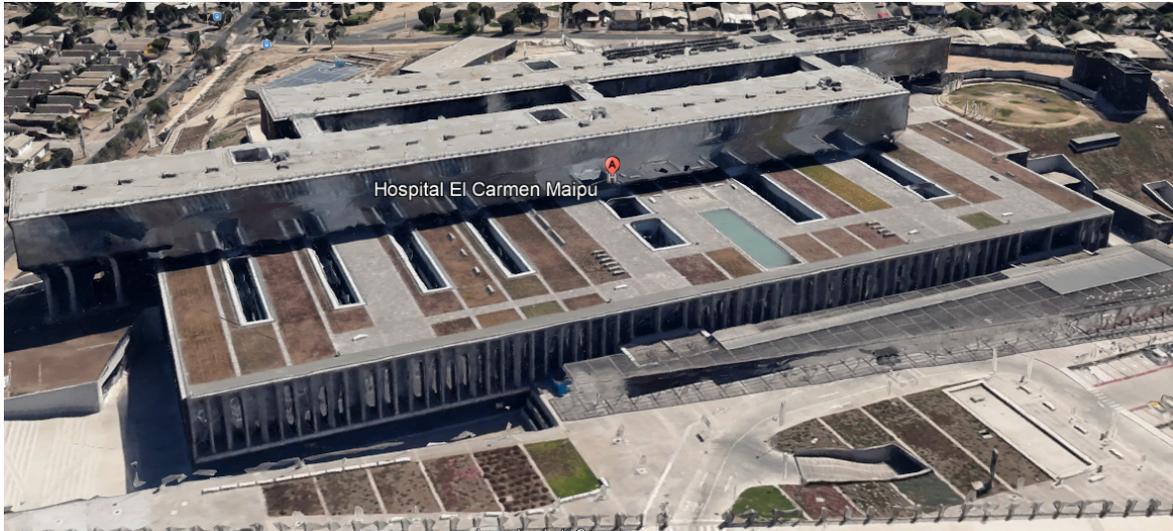


Figura 3.6. Situación techo vegetativo Hospital El Carmen de Maipú en enero de 2019.



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

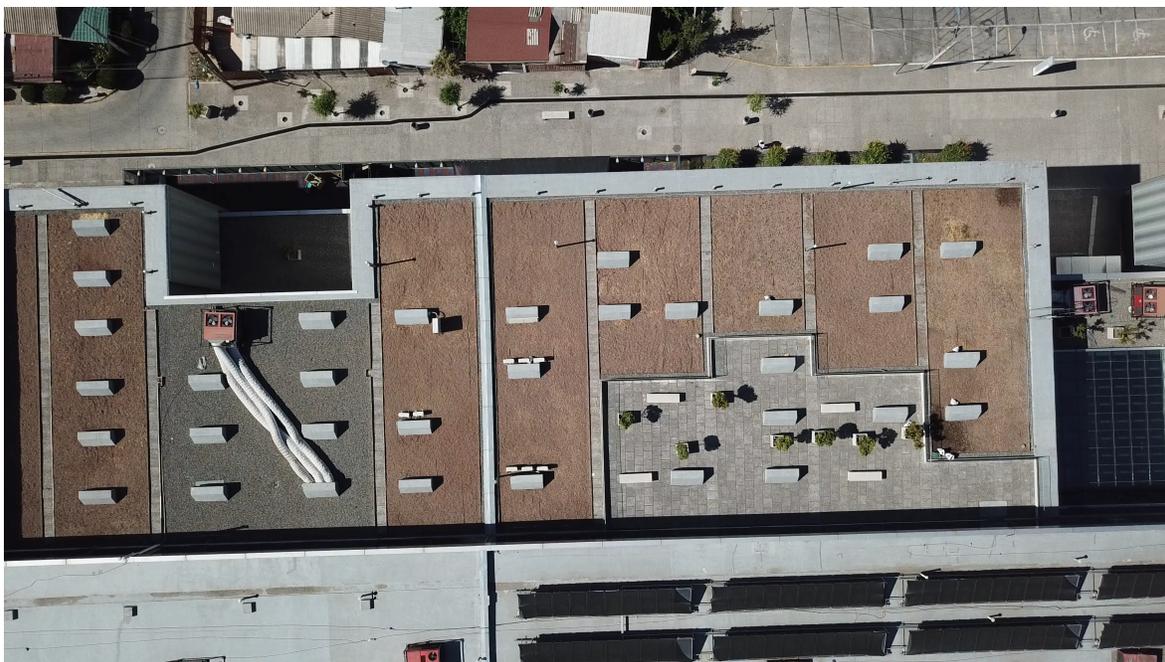


Figura 3.8. Foto aérea techo vegetativo Hospital Dra. Eloísa Díaz de La Florida tomada durante 2018.



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).

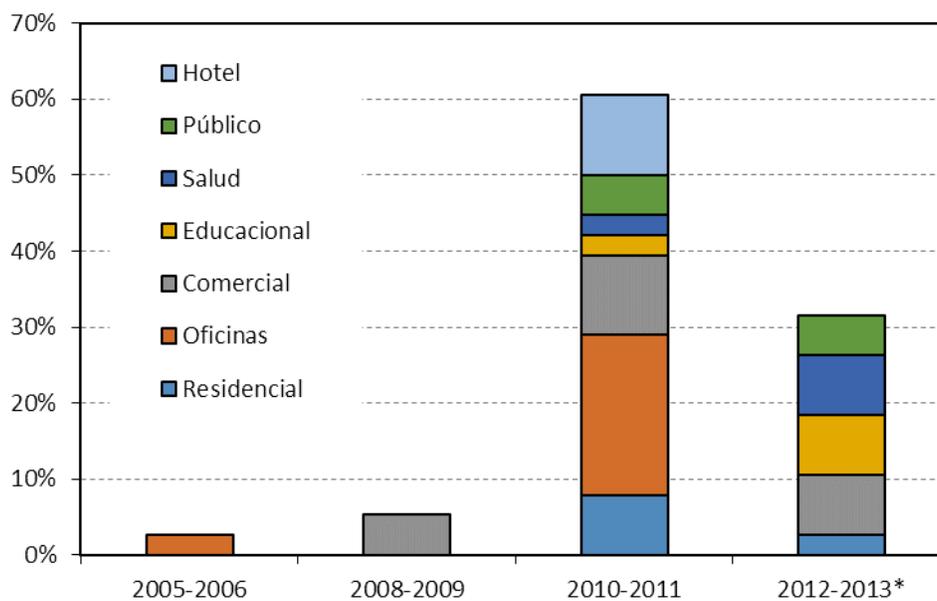


Figura 3.10. Proyectos por año según uso de edificación

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</i> variedad sp	Sedum de otoño	Sol	Bajo	Sí
4	<i>Agapanthus praecox</i>	Agapanto	Semi-sol	Medio	Sí
5	<i>Pittosporum tobira</i> , var. <i>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 buchananii</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 buchananii</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

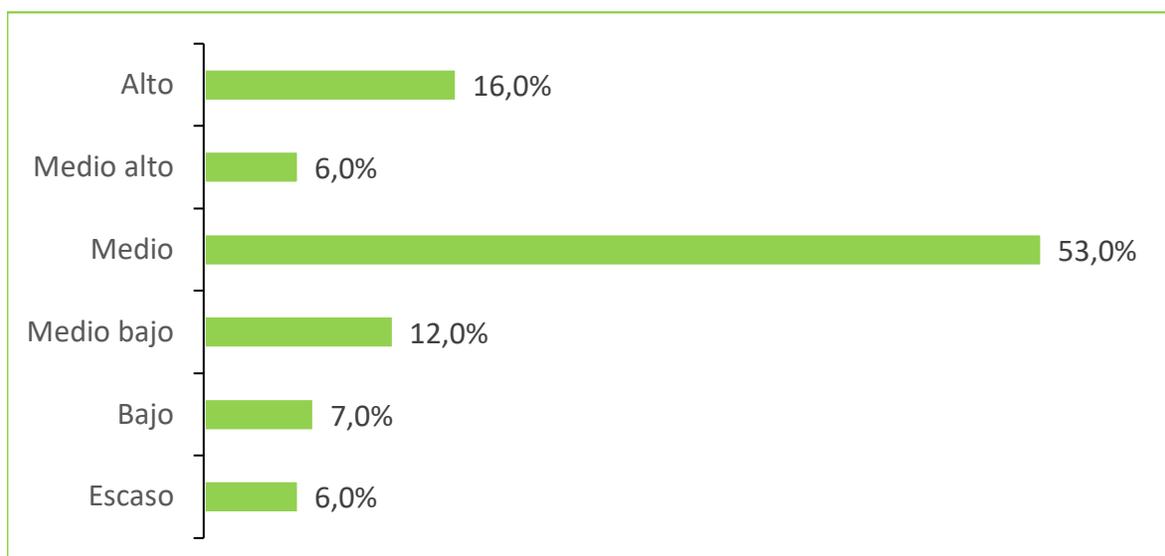


Figura 3.11. Requerimiento hídrico vegetación utilizada en cubiertas vegetadas en Chile

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.