

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE Y LA SALUD

Título: “Desarrollo de un Techo Vivo con Especies Nativas del Monte; restitución de superficie natural en la trama urbana de zonas áridas Norpatagónicas”



Autor: Jeremías Browne

Tesis para optar al título de Licenciado en Saneamiento y Protección Ambiental



Tesista: Jeremías Browne

Legajo: 103.378

DNI: 32.778.835

Director: Lic. Gustavo Maionchi

Fecha de aprobación del Plan de Tesis: 29 de Abril de 2015.

Fecha de finalización de la Tesis: 16 de Noviembre de 2015

Lugar de Trabajo:

Centro de Estudios de Hábitat Sustentable (CEHAS)

Laboratorio de Rehabilitación y Restauración Ecológica de Ecosistemas Áridos y Semiáridos de Patagonia (LARREA)



Resumen

Las ciudades avanzan sobre áreas naturales; de esta manera las superficies cementicias y pavimentadas impiden la percolación de agua de lluvia y propician el efecto denominado “Isla de Calor”.

Las características del clima Norpatagónico, a los fines constructivos, es catalogado como Templado de máxima irradiancia (IRAM 11603, zona IV b). Demuestra una amplitud térmica notable, y hace necesario altos índices de aislamiento térmico en los techos. A estos efectos, los techos vivos contribuyen notablemente a lograr este aislamiento y al mismo tiempo devuelven algo de la superficie natural al entorno construido.

Las técnicas de Techos Vivos, verdes o enjardinados provienen de zonas donde el régimen climático garantiza la supervivencia de la vegetación. Sin embargo, al trasladarse la técnica a una zona árida no se la ha readecuado, sino que se ha generalizado el uso de césped y pastos siempre verdes, que requieren de un sistema de riego automatizado.

En busca de soluciones locales que den respuesta a esta problemática, se ha investigado sobre la viabilidad de incorporar plantas nativas de bajo porte (herbáceas), a partir de la manipulación de sus semillas. Se han evaluado los porcentajes germinativos de las especies *Spergula salina*, *Schismus arabicus*, *Plantago patagónica* y *Pectocarya linearis*.

Palabras claves: Techos vivos; Techos verdes; Monte; Zonas Áridas; Sustentable.



Abstract

Cities advancing on natural areas; thus cementitious and paved surfaces prevent rainwater seepage and foster the effect of "Urban Heat Island".

Norptagónico climate characteristics, for constructive purposes, are classified as temperate maximum irradiance (IRAM 11603, Zone IVb). It shows a marked temperature range, and need high levels of thermal insulation on roofs. To this end, living roofs contribute significantly to achieving this isolation and at the same time return some of the natural surface at the built environment.

Living roofs, green roofs or landscaped ceilings techniques, come from areas where climate regime ensures the survival of the vegetation. However, the technique to be incorporated to arid areas has not been reconditioned, but widespread use of lawn and evergreen grasses that require automated irrigation system.

Seeking local solutions that respond to this problem, it has researched the feasibility of low-growing native plants (forbs) from seeds handling. It has been evaluated the germination percentage of the species *Spergula salina*, *Schismus arabicus*, *Plantago patagonica* and *Pectocarya linearis*.

Key words: living roofs; green roofs; Monte; Drylands; Sustainable



Agradecimientos

- A mi mamá Nori, por motivarme desde que soy un niño a que estudie, porque el estudio “abre todas las puertas” y principalmente, por enseñarme con el ejemplo, que con constancia y sacrificio las metas se cumplen
- A Lile, mi mujer, mi compañera. Gracias por la vida juntos; por el apoyo en los tropiezos y tu felicidad en mi felicidad. Tu paciencia también me trajo hasta acá. Gracias por la portada. Te amo.
- A mis hermanos Fede, Diego, Romi, Fran y Tom. Gracias por estar.
- A mis amigos del club, de la vida y en especial a Seba, Gonza, Ale, Nacho, Carlitos, Diego y Mario. Gracias por esos mates, asados y viajes. Son todos muy importantes para mí.
- A Maio, mi director. Empezamos este camino como profesor y alumno y lo terminamos como amigos. Gracias por el conocimiento compartido, fue un proceso largo, pero muy ameno.
- A mí querida Universidad Nacional del Comahue, por darme la posibilidad de acceder a un título de grado de manera gratuita. Al equipo de trabajo del LARREA y al profesor Guillermo Sabino, por la buena predisposición para dar una mano cuando los necesité. A todos los docentes y no docentes que conocí en el transcurso de la Licenciatura.
- Gracias a la vida.



INDICE

<u>1</u>	<u>Introducción.....</u>	<u>11</u>
<u>2</u>	<u>Caracterización del problema.....</u>	<u>15</u>
2.1	Objetivos	20
<u>3</u>	<u>Estado del Arte-Antecedentes.....</u>	<u>22</u>
<u>4</u>	<u>Marco Teórico Conceptual.....</u>	<u>25</u>
4.1	La Vivienda	26
4.2	El Techo	27
4.3	Componentes constructivos de un techo vivo	42
4.3.1	Membrana impermeable.....	43
4.3.2	Sustrato	44
4.3.3	Vegetación	46
4.4	Especies nativas: manejo de semillas	48
<u>5</u>	<u>Materiales y Métodos</u>	<u>51</u>
5.1	Caracterización del Medio	51
5.2	Fitogeografía y Zonas Bioambientales	53
5.3	Recolección de especies en campo.....	57
5.3.1	Criterio de selección de especies.....	59
5.4	Matriz de selección de Especies Nativas para un Techo Vivo	60
5.5	Especies seleccionadas	61
5.5.1	<i>Spergula salina</i> :	64
5.5.2	<i>Schismus arabicus</i> :.....	65



5.5.3	<i>Plantago patagónica:</i>	66
5.5.4	<i>Pectocarya linearis:</i>	67
5.6	Recolección de semillas	67
5.7	Limpieza de semillas	69
5.7.1	<i>Spergula salina:</i>	71
5.7.2	<i>Schismus arabicus:</i>	72
5.7.3	<i>Plantago patagonica:</i>	73
5.7.4	<i>Pectocarya linearis:</i>	74
5.8	Ensayo de viabilidad en Cámaras de Germinación	74
5.9	Tratamiento de los Resultados.....	79
5.10	Ensayo germinativo en sustrato	82
6	<u>Análisis y Discusión de los Resultados</u>	86
6.1	Respecto de las discusiones previas	90
7	<u>Conclusión</u>	94
8	<u>Bibliografía</u>	95



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Crecimiento poblacional del Municipio Neuquino y otros. Fuente: elaboración propia según D.P.E. y C. Neuquén	18
Tabla 2 Tipos de techos vivos. Elaboración propia según datos aportados por la Asociación Española de Cubiertas Verdes.	29
Tabla 3 Precipitación media mensual (1993 - 2008) Aeropuerto Neuquén - Fuente: Dir. Prov. de Estadísticas y Censos, Prov. de Neuquén	53
Tabla 4 Caracterización de las primeras especies seleccionadas. Elaboración Propia.....	57
Tabla 5 Matriz de selección de Especies Nativas. Elaboración propia sobre la base de RIRDC, Sydney. Australia.....	60
Tabla 6 Nombre Científico y Familia de las especies utilizadas en el ensayo. Elaboración Propia.	63



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Capas elementales de un Techo Vivo.	33
Figura 2 Termografía comparativa techo vivo y techo convencional	34
Figura 3 Tipos de techos vivos y vegetación apropiada según profundidad de sustrato.	47
Figura 4 Rosa de los Vientos Neuquén y Cipolletti.....	52
Figura 5 Provincias Fitogeográficas del Monte y Patagónica en Argentina.....	54
Figura 6 Mapa Bioambiental Argentino.	55
Figura 7 Ejemplar de herbario de <i>Schismus arabicus</i> enviado para identificación.	62
Figura 8 <i>Spergula salina</i> en distintos estadios en campo	64
Figura 9 <i>Schismus arabicus</i> presentes en suelos arcilloso y pedregoso	65
Figura 10 <i>Plantago patagonica</i> en campo.....	66
Figura 11 <i>Pectocarya linearis</i> . (A) Semillas en planta; (B) y (C) especie en campo.	67
Figura 12 Sitio de estudio de especies y recolección de semillas	69
Figura 13 Comparación del tamaño de semillas en mm. (A) <i>Pectocarya linearis</i> ; (B) <i>Spergula salina</i> ; (C) <i>Plantago patagonica</i> ; (D) <i>Schismus arabicus</i>	70
Figura 14 Limpieza y separación de semillas de <i>Spergula salina</i> . Marzo de 2015.	71
Figura 15 Limpieza y separación de semillas de <i>Schismus arabicus</i> . Marzo de 2015.	72



Figura 16 Limpieza y separación de semillas de <i>Plantago patagonica</i> . Marzo de 2015.	73
Figura 17 Limpieza y separación de semillas de <i>Pectocarya linearis</i> . Marzo de 2015.	74
Figura 18 Semillas de <i>Pectocarya linearis</i> listas para ambas cámaras de germinación.	76
Figura 19 Agregado de fungicida en placas.	77
Figura 20 Semillas de <i>Plantago patagónica</i> listas para ambas cámaras de germinación.	78
Figura 21 Semillas germinadas de (A) <i>Pectocarya l.</i> , (B) <i>Schismus a.</i> y (C) <i>Plantago p.</i>	80
Figura 22 Curvas de germinación acumulada (proporción de germinación vs días) para el rango de 10°C-20 °C.	81
Figura 23 Curvas de germinación acumulada (proporción de germinación vs días) para el rango de 20°C-27 °C.	82
Figura 24 Iniciación de ensayo de viabilidad en sustrato (invernadero)	83
Figura 25 Semillas de <i>Plantago p.</i> germinadas (A); Semillas de <i>Schismus a.</i> germinadas (B y C); Semillas de <i>Pectocarya l.</i> germinadas.	84
Figura 26 Plantines de <i>Plantago patagonica</i> (A y B); <i>Pectocarya linearis</i> (C) y <i>Schismus arabicus</i> (D) al cabo de un mes de comenzado el ensayo de viabilidad en sustrato.	85



Figura 27 Número de semillas germinadas de <i>Schismus arabicus</i> durante la primera etapa del ensayo.....	86
Figura 28 Número de semillas germinadas de <i>Plantago patagonica</i> durante la primera etapa del ensayo.....	87
Figura 29 Número de semillas germinadas de <i>Pectocarya linearis</i> durante la primera etapa del ensayo.....	87
Figura 30 Proporción de semillas germinadas por especie.....	89



1 Introducción

El paso acelerado del crecimiento urbano afecta muchos de los procesos naturales del planeta. Es habitual encontrar en nuestras ciudades la mayoría de las superficies cubiertas de asfalto u hormigón, lo que altera los ciclos del agua, del suelo y del aire. Para restablecer el balance en los ecosistemas urbanos es vital la regeneración de espacios verdes en un mundo cada vez más gris. Las áreas cubiertas con vegetación, denominadas “espacios verdes”, benefician a los habitantes y a la ciudad, ya que aportan una serie de ventajas como: absorción de agua de lluvia, reincorporación de oxígeno atmosférico, control de temperatura, y fomento de la biodiversidad¹.

Es común atribuir exclusivamente el origen de la contaminación a la industria o a los sistemas de transporte, especialmente al automóvil (Alavedra P. et al 1998 en Muñoz P. 2009)². Esta asociación no es del todo correcta ya que existen otros sectores, como la construcción, que son responsables de generar un importante impacto negativo sobre el ambiente debido al alto consumo de recursos (agua, energía y materiales) y a la gran cantidad de residuos que generan (IHOBE, 2006 en Muñoz P. 2009). Los impactos asociados a esta actividad se producen desde la manufactura de los materiales de construcción hasta su puesta en obra, continúan durante la vida útil de los edificios y una vez finalizada ésta, comienzan los impactos derivados de los procesos de disposición final de los mismos. Los edificios, una vez construidos, siguen siendo una causa directa de contaminación debido a las emisiones que liberan y por el reemplazo del hábitat que producen en el territorio del emplazamiento.

¹ Construcción Sustentable. Del Gris al verde. Promoción de cubiertas verdes en la ciudad de Bs. As.

² Muñoz, P. 2009. Análisis de ciclo de vida: aproximación conceptual y metodológica y aplicación a la producción de hormigón en la ciudad de Neuquén. Tesis de grado. Universidad Nacional del Comahue



El medio edificado forma parte del ecosistema artificial que ha sido planeado para proporcionar ciertas funciones y servicios (sociales, culturales, físicas, etc.). El mismo puede describirse como el “ambiente proyectado y construido por el ser humano para procurarse protección contra los elementos naturales, confort, y para alojar los elementos de apoyo, aumentar su efectividad y la de sus dispositivos (Yeang K., 1999 en Muñoz P. 2009)”³.

“El respeto por las normas de la naturaleza en todos los sectores de planificación de los edificios es lo que nos permitirá construir viviendas que, por medio de la optimización de sus funciones protectoras en su totalidad, no sólo permitan economizar energía, sino que también estén acordes a las condiciones de salubridad. También la tradición constructiva de nuestro pasado está llena de ejemplos en los cuales el respeto y el aprovechamiento de unas sencillas leyes de la naturaleza permitieron edificaciones cuyas cualidades energéticas y técnicas siguen siendo hoy incomparablemente validas”⁴.

Habitualmente, el techo es una de las partes más olvidadas del diseño arquitectónico; su diseño se limita a que cumpla adecuadamente sus funciones y a la solución de los problemas técnicos que su realización pueda producir. Pero un techo puede plantear mucho más, tanto desde el punto de vista estético como desde el punto de vista técnico; puede generar beneficios tanto para el edificio como para el medio ambiente y hasta puede generar interesantes espacios habitables; los “techos verdes” son un claro ejemplo de esto⁵.

Estos techos son una variante constructiva, también conocidos como techos vivos o ajardinados, que contienen elementos vegetales vivos como parte integral del sistema. Puede parecer que los mismos surgen como una alternativa constructiva

³ Muñoz, P. 2009. Análisis de ciclo de vida: aproximación conceptual y metodológica y aplicación a la producción de hormigón en la ciudad de Neuquén. Tesis de grado. Universidad Nacional del Comahue.

⁴ Sabady Pierre Robert. 1983. Edificación Solar Biológica

⁵ Arq. Bentancor Luis. Los Techos Vegetales. Camino sostenible. Publicación en línea.



nueva dentro de la arquitectura moderna, como respuesta a los nuevos retos para construcciones más sostenibles y respetuosas con el Ambiente⁶. Esto es en parte cierto, aunque también se sabe que los mismos fueron utilizados por los vikingos cientos de años atrás. Hay hipótesis que sostienen que los techos verdes tienen sus orígenes en Babilonia, en los llamados jardines colgantes (Placitelli, C. H., 2011). Esta solución técnica fue y es utilizada principalmente para proveer de aislamiento térmico a viviendas de zonas frías, aunque son totalmente viables de desarrollar en zonas templadas y cálidas.

Como menciona el autor Gernot Minke “los techos vivos pueden mejorar notablemente el clima contaminado de las ciudades: el aire se purificaría, se reducirían marcadamente los remolinos de polvo y disminuirían las variaciones de la temperatura y de los porcentajes de humedad” (Minke, G., 2004).

Este tipo de techos, además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad, optimiza la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio, y su aislación acústica. También son considerados más económicos que las cubiertas convencionales, si se tiene en cuenta el tiempo de vida útil de los mismos (Minke, G., 2004).

Es indispensable que nosotros como seres humanos reconsideremos el lugar que ocupamos en la naturaleza, revisemos nuestras actitudes hacia ella en general, y al decir de Aldo Leopold, “desarrollemos una nueva ética de la tierra”; las raíces de la crisis en la que nos encontramos inmersos, surgen en la visión que tuvo el hombre occidental acerca de la tierra: la tierra como adversario que tiene que ser conquistado y puesto a su servicio, como una posesión de dominio, y más importante aún como una fuente de recursos de capacidad ilimitada. Estas consideraciones deben modificarse, para dar paso así a una conciencia ecológica

⁶ Arq. Rodríguez Gálvez Helena. Cubiertas Vegetales, ciudades más verdes. Mimbrea. Publicación en línea.



que respete, interprete y comprenda el ecosistema global del cual formamos parte, y a una ética que asegure la supervivencia de nuestra especie, con calidad, dignidad e integridad⁷.

A partir de lo antes expuesto es que se considera indispensable escoger este tipo de tecnologías “limpias” para el desarrollo de nuestra vida en sociedad, en busca de transformarnos en comunidades basadas en una forma de vida natural y sustentable, preservando la calidad de nuestro ambiente para las generaciones futuras.

⁷ Leopold, Aldo. 1949. Manifiesto por la Vida. *Por una ética para la Sustentabilidad*. Simposio sobre ética y Desarrollo Sustentable.



2 Caracterización del problema

El ambiente es considerado como la conjunción entre sociedad-naturaleza, cuya complejidad no está solo dada por la variedad y diversidad de los factores, elementos y procesos que lo conforman (del tipo natural, económico, social, político o tecnológico) sino además, por las interacciones que entre ellos suceden, conformando lo que suele llamarse un “sistema complejo”. En esta articulación de la sociedad con la naturaleza a través de los sistemas de producción, es vital la dinámica que adquieren los procesos tecnológicos y productivos en el ámbito de los nuevos métodos del capitalismo. Los cambios que se han producido en los modos de apropiación y transformación de los recursos naturales, dan lugar a nuevas y diferentes organizaciones espaciales y conllevan al surgimiento de problemas y conflictos ambientales que requieren urgente solución. Es así como la problemática ambiental cobra relevancia en las últimas décadas y capta la preocupación de investigadores y profesionales de diversas disciplinas, logrando incluso que se replanteen los modelos y las teorías de desarrollo, enfocándose hoy en conseguir la sustentabilidad de los recursos.

Es indiscutible que los problemas ambientales son problemas sociales, y en este intrincado proceso de articulación, tanto los recursos como los diferentes actores que intervienen en su apropiación, manejo y explotación, conforman los ejes fundamentales para su análisis. En este contexto, el marco de la sustentabilidad implica una reinterpretación de los objetivos del desarrollo (Gutman, P. 1984). El mismo debe considerar las potencialidades y condicionantes de los recursos naturales, así como el conjunto de valores, objetivos, acciones, significaciones y técnicas de producción, reglas sociales y normas que van conformando una



racionalidad social (Leff, E. 1994) mediante la cual los diferentes actores intervienen en la modificación y construcción del territorio⁸.

Debido a la concentración de edificios y tránsito vehicular, la vida en la ciudad se ha vuelto insana. Los autos y la calefacción consumen el escaso oxígeno y liberan sustancias nocivas en abundancia. Enormes superficies de asfalto y hormigón llevan a un sobrecalentamiento del aire de las zonas urbanas y dan lugar a que la suciedad y partículas de sustancias perjudiciales que se depositan en el suelo suban en remolino por el calor generado y se desparramen sobre la ciudad entera. El llamado efecto “Isla de calor” es un fenómeno que se produce en las ciudades, donde se da un gran aumento de la temperatura, debido a la absorción de calor por parte del asfalto y los edificios durante el día, y a su liberación gradual durante la noche. Este efecto podría reducirse con la incorporación de techos verdes⁹. Como se cita en Minke, G. 2004, p. 9 “pueden encontrarse diferencias de hasta 11°C en el centro de una gran ciudad y las zonas aledañas a éste (Lotsch, 1981)”.

La ciudad de Neuquén se presenta como una de las más problemáticas de la región debido, en parte, a la intensidad del crecimiento poblacional registrado en las últimas décadas. Éste trajo aparejado una expansión desordenada de la planta urbana, provocando irregularidades en la demanda de tierras y viviendas, en el abastecimiento de servicios y en la ocupación de espacios no aptos para urbanizar, creando situaciones de riesgo ambiental.

Los mismos problemas que se dan en muchas de las grandes urbes del mundo se presentan en nuestra ciudad:

- Problemas de tránsito, ruido y calidad del aire por el creciente y excesivo parque automotor

⁸ Problemáticas ambientales derivadas de la expansión urbana. MSc Torrens C., MSc Jurio E., Esp. Ciminari Mabel. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Comahue.

⁹ Techos vivos: un aporte al mejoramiento de la calidad ambiental urbana. Federico Bandone. Ecoportal.net



- Efecto de “isla de calor” que produce un incremento de la temperatura por la alta concentración de superficies construidas de hormigón, cemento y pavimento.
- Contaminación atmosférica, generada principalmente por el tránsito y las actividades productivas y de generación de energía, y agravada por la deficiente presencia de espacios verdes.
- Inundaciones y anegamiento de calles y sectores de la ciudad debidas a lluvias torrenciales cada vez más frecuentes e intensas.
- Falta de arbolado y espacios verdes que pudieran retener parte del volumen pluvial caído, agravado por el incremento de superficies selladas por asfalto u hormigón, y la insuficiencia operativa de las redes pluvioaluvionales.
- Problemas con la colecta y disposición de los residuos sólidos urbanos.
- Problemas para que la presión de agua potable sea la correcta en toda la ciudad¹⁰

Neuquén capital es una ciudad que alberga diariamente a más de 240.000 personas que habitan o desarrollan diversas actividades. Según el censo realizado en el año 2010, son 231.780 los habitantes de la misma¹¹, evidenciando así uno de los procesos de crecimiento poblacional más importantes del país. Los censos nacionales arrojan una tasa anual de crecimiento del 14.8 %; entendido esto como el número de personas que se incorporan anualmente a la población por cada 1000 hab. La tabla siguiente muestra los habitantes de los censos 2001 (203.190 hab) y 2010 (231.780 hab) incluyendo las ciudades de Plottier y Centenario. Estas últimas, son dos ciudades satélites provinciales aledañas a la ciudad de Neuquén, y muestran importantes datos de población y crecimiento. Un porcentaje elevado

¹⁰ Construcción Sustentable. Del gris al verde. Promoción de Cubiertas verdes en la Ciudad de Bs. As.

¹¹ Dir. Provincial de Estadísticas y Censos. Provincia del Neuquén. Boletín Estadístico N° 150. Marzo/Abril 2013



de esas poblaciones desempeña tareas laborales o de otro tipo en la ciudad capital, influyendo directamente sobre la dinámica urbana-habitacional y poblacional de Neuquén (ver Tabla 1).

Tabla 1 Crecimiento poblacional del Municipio Neuquino y otros. Fuente: elaboración propia según D.P.E. y C. Neuquén

Municipio	2001	2010	Tasa media anual de crec. 2001/2010
Centenario	28.956	34.421	19.4
Neuquén	203.190	231.780	14.8
Plottier	25.186	33.600	32.4

Sea debido a falta de políticas de gobierno, mala o escasa planificación urbana o al incremento poblacional acelerado, la ciudad ha experimentado un crecimiento dispar y desordenado. Para cubrir la demanda de espacios edificados se consumen grandes cantidades de bienes ambientales, utilizándose además, procedimientos y tecnologías constructivas tradicionales sin resguardos ambientales.

Dicho incremento trajo consigo consecuencias en distintos aspectos. Uno de ellos es la diversidad de los edificios y el diverso uso que se les da a los mismos. La planificación espontánea de asentamiento informales, por ejemplo, puede conducir al uso residencial de espacios que en su concepción se pensaron con fines recreativos, restando la posibilidad de que dichas áreas sean destinadas a plazas, parques u otros tipos de áreas recreacionales “verdes”. Son las palabras del Arq. Diego López de Murillas las que describen este panorama y otras características del medio “Hay que tener en cuenta que Neuquén y otras ciudades de esta región están viviendo un enorme crecimiento demográfico, en el cual se pierde continuamente terreno absorbente y se genera un aumento paulatino de la temperatura urbana. A ello se suma las altas térmicas y la fuerte radiación solar



propios del clima neuquino en verano, en donde la solución de las terrazas verdes propone una excelente aislación térmica natural”¹²

Desde el punto de vista ambiental son los jardines privados, los parques y plazas presentes en la ciudad junto al arbolado público urbano quienes cumplen la función de “pulmones” de la misma. Según estimaciones extraoficiales, hay en Neuquén unos 75.000 árboles y se necesitan al menos otros 25 mil para alcanzar un equilibrio óptimo entre forestación y cantidad de habitantes¹³. La incorporación de techos vivos en edificios públicos y particulares, puede reducir este déficit de espacios verdes.

Si bien no es habitual ver este tipo de techos en nuestra ciudad, no es detalle menor destacar que se cuenta con una ordenanza municipal para la ciudad de Neuquén, en la cual se permite incorporar a los “techos, azoteas o terrazas verdes” como solución técnica¹⁴. Existe un hilo conector en aquellos (aislados) casos en los que se ha optado por incluir el “techo vivo” como una solución constructiva; se han escogido especies vegetales con grandes requerimientos hídricos, y por ende, energéticos, de modo de poder mantener una vegetación estable, verde y lo más densa posible a lo largo del año. Incluir los techos verdes utilizando especies nativas del Monte Norpatagónico como una práctica común en las futuras construcciones de nuestra comunidad, puede ser una alternativa sólida y viable que fomente el incremento de espacios verdes “urbanos” y de esta forma se mejoren las condiciones de habitabilidad dentro y en los alrededores de la ciudad de Neuquén. Ahora, surgen algunos interrogantes al respecto. ¿Cuáles son las características morfológicas que deben presentar las especies nativas para un formar parte de un Techo Vivo en nuestra región? ¿Puede un techo vivo con

¹² Arq. Diego López de Murillas. Presidente del Colegio de Arquitectos de Neuquén. Revista Vivienda Online.

¹³ “Faltan miles de árboles para que la ciudad respire mejor”. Diario La Mañana de Neuquén. Lunes 18 de Mayo de 2015. Edición impresa.

¹⁴ Ordenanza 12.875/13 incorporada en la sección 6.4.2. de la Ordenanza Municipal 6485 de la Ciudad de Neuquén.



especies nativas, adaptarse a las condiciones climáticas del Monte? ¿Puede lograrse la germinación de las especies nativas seleccionadas? A través de esta investigación se dará respuesta a los interrogantes planteados.

2.1 Objetivos

Objetivo general:

Evaluar diferentes especies nativas del Monte Norpatagónico, en función de su capacidad germinativa, como especies potenciales para un techo vivo extensivo.

Objetivos específicos:

- Experimentar con especies de Monte, para hallar las que mejor se adapten a las condiciones climáticas y sean técnicamente apropiadas para un techo vivo.
- Relevar experiencias y brindar un marco de referencia para la gestión ambiental orientada a la utilización de este tipo de techos en nuestra región.
- Evaluar este tipo de tecnología como herramienta para optimizar los consumos energéticos de las viviendas.
- Diseñar un techo vivo de bajo mantenimiento para la Región Norpatagónica.

Hipótesis:

- Es viable la utilización de especies nativas en Techos Vivos para la región comprendida dentro de la denominada Provincia Fitogeográfica de Monte
- Al utilizar especies nativas en un techo vivo, se puede lograr una vegetación estable frente a las condiciones climáticas de la región.
- Las especies seleccionadas poseen una capacidad germinativa similar



- La naturaleza de las especies nativas seleccionadas les permitirá poder crecer y desarrollarse favorablemente en un Techo Vivo.



3 Estado del Arte-Antecedentes

Las terrazas verdes son una tendencia mundial. En Alemania ya hay 15 millones de m² verdes. En Gran Bretaña se suman 300.000 m² al año, y en los Estados Unidos más de 230.000 m² cada 12 meses. Además, Tokio tiene desde 2001 una ley que obliga a los edificios nuevos o reconstruidos a cubrir por lo menos el 20% de sus terrazas con plantas. Se han identificado trabajos en algunas regiones estadounidenses, más precisamente en Florida, en los que se promueve la incorporación de Techos Verdes naturalmente irrigados¹⁵. Cabe destacar que el clima de esa zona es semi-tropical, con precipitaciones anuales en torno a los 1.200 mm. Un trabajo australiano, desarrollado por la Rural Industries Research and Development Corporation, brinda un gama de plantas “adaptables” a muros verdes y Techos Vivos extensivos. Dicha publicación está destinada al público en general, sin identificar características climáticas puntuales de ese extenso país.

En paralelo a lo que ocurre a nivel mundial, la utilización de techos vivos es cada vez más usual en nuestro país y en nuestra región. La Ciudad autónoma de Buenos Aires legisló a fines del año 2012 una ley que promueve la implementación de “Techos o terrazas verdes en el ámbito de la ciudad”¹⁶ a cambio de reducción en los costes de impuestos y tasas como el ABL. Existen en dicha ciudad empresas dedicadas a la realización de los mismos para casas, edificios, complejos, etc. Por otro lado, son varios los casos en nuestra región de viviendas con este tipo de techos, los cuales, motivados por diferentes razones (mejorar la calidad de vida de sus habitantes o abaratar presupuestos de construcción, entre otras) han optado por esta tecnología. Es de público conocimiento que jardines al frente y patios enjardinados, pero principalmente techos y fachadas enjardinadas, podrían mejorar notablemente el clima

¹⁵ Se entiende como Techo Verde naturalmente irrigado a aquellos Techos Vivos irrigados por lluvia, rocío o niebla. Fuente: livingroofs.org

¹⁶ Ley 4428/2012 – Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



contaminado de las ciudades (Minke, G., 2004). Sumado a esto, la Organización Mundial de la Salud recomienda que las ciudades tengan un mínimo de 10 m² de espacios verdes por habitante en promedio¹⁷. El hecho de tener ciudades con distribuciones desparejas de parques y plazas, con barrios enteros en los que casi no hay espacios verdes, hace que estemos muy por debajo del valor recomendado (inclusive la ciudad de Buenos Aires, en donde se estiman menos de 3 m² por habitante)¹⁸. Nuestra ciudad no es ajena a esta tendencia relacionada con la arquitectura sustentable y la eficiencia energética, ya que a finales del año 2013 se modificó la ordenanza N° 6485, a fin de promover la implementación de techos, azoteas o terrazas cubiertas de vegetación en las edificaciones de la ciudad¹⁹. Si bien se cuenta con una ley que abala y respalda esta tecnología, poco dice la misma al respecto de la utilización de especies nativas como una opción viable, sustentable y energéticamente favorable. Por el contrario, se cita en ella el ejemplo de ciudades como Berlín o el Reino Unido, en donde los regímenes anuales de precipitación son por demás superiores a los registrados aquí. Los antecedentes en lo referido a la utilización de especies nativas en un techo vivo son pocos o nulos, por lo que el presente trabajo de tesis puede abrir un nuevo horizonte de investigación y experimentación en la región. Es interesante destacar la labor del Colegio de Arquitectos de Neuquén Regional 1, quien a través del programa “Neuquén Más Verde”, promueve una serie de actividades para abordar el tema de la Sustentabilidad, incluyendo, entre otras, la promoción de Techos Verdes en la trama urbana.

En cuanto a la utilización de especies nativas en Techos Vivos en nuestro país, se ha registrado un Catálogo de Plantas para Techos Verdes realizado por el INTA – CIRN, en el cual se mencionan experiencias en la Ciudad de Buenos Aires y

¹⁷ Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático. Construcción Sustentable

¹⁸ Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático. Construcción Sustentable

¹⁹ Diario Río Negro (13/02/14) “La tendencia de las terrazas verdes llega a Neuquén”



alrededores. Los resultados presentes en dicha publicación se basan en el seguimiento de 3 Techos, en los cuales, la cobertura estaba compuesta por una mezcla de *Sedum* comerciales para techos verdes de origen europeo, y un porcentaje de especies nativas. En cuanto a las especies para techos verdes, los resultados de esta publicación revelan como único género apto para esos ecosistemas al *Sedum*, pudiendo algunas especies nativas ser adecuadas para este uso. Se destaca también, que la inclusión de especies nativas en mezclas de *Sedum* comerciales no debe superar el 20%.

Por otra parte, sí existen experiencias relacionadas con el ensayo germinativo a desarrollar en este trabajo de tesis. Se identificaron dos trabajos de tesis en los que se evaluó el porcentaje germinativo de especies nativas. Ellos son Masini, C. (2011), titulada: Germinación de especies nativas del norte neuquino: Provincias fitogeográficas del Monte y Patagónica (Distrito de la Payunia), e implicancias para la rehabilitación de zonas áridas degradadas. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional del Sur; y también Paredes D., (2013) titulada: Estudio de la Germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la Rehabilitación y Restauración de áreas degradadas, Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud de la Universidad Nacional del Comahue. En ambos trabajos se evaluó la capacidad germinativa de especies nativas de medio y gran porte, del tipo *Larrea divaricata* (Jarilla), *Grindelia chilensis* (Melosa), entre otras. Vale mencionar, que este tipo plantas y/o arbustos presentan ciertas características estructurales y fisiológicas, que las hacen inviables de utilizar en un Techo Vivo, por lo que se enfocó la atención en lo referido a los ensayos germinativos desarrollados en dichos trabajos.



4 Marco Teórico Conceptual

Si la arquitectura habrá de tener relevancia en el futuro, será necesario cambiar las reglas arquitectónicas establecidas durante las últimas décadas y tratar de entender cómo se puede proyectar con la naturaleza y no en contra de ella. Los edificios actuales, como los tradicionales, deben aprovechar las energías naturales del sol y el viento, incorporándolas a través de su diseño arquitectónico²⁰.

El diseño Bioambiental propone como objetivo la optimización de las condiciones en los edificios a través del diseño. Este proceso involucra tres niveles de trabajo y tres sistemas: el medio en el cual se proyecta, los habitantes y los edificios mismos: clima, hombre, hábitat (Evans, M. – de Schiller, S., 1988).

Las condiciones físicas del medio influyen en nuestra sensación de bienestar y nuestra capacidad para el trabajo físico y mental. Una de las posibilidades de lograr el control de las condiciones térmicas de los edificios es el uso de energía, principalmente eléctrica e hidrocarburos, en sistemas de acondicionamiento. En Argentina, la disponibilidad de recursos energéticos propios evitó la dependencia de recursos importados, pero el consumo excesivo e irracional de los mismos representa una pérdida, que tiene un alto valor en el mercado mundial (Evans, M. – de Schiller, S., 1988).

Frente a este cuadro es necesario desarrollar una conciencia energética que permita formular políticas y estrategias, como así también cuantificar la energía que se utiliza en la construcción y mantenimiento del hábitat. Con estos parámetros es importante evaluar la calidad del hábitat construido en relación con los recursos utilizados para su realización y acondicionamiento.

²⁰ Gerald Foley, “La Problemática Energética”. Citado en Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Evans, M. y de Schiller, S. 1988.



4.1 La Vivienda

La vivienda es un ente facilitador del cumplimiento de un conjunto de funciones específicas para el individuo y/o la familia: proveer abrigo ante el intemperismo, garantizar seguridad y protección, facilitar el descanso, permitir el empleo de los sentidos para el ejercicio de la cultura, implementar el almacenamiento, procesamiento y consumo de alimentos, suministrar los recursos de la higiene personal, doméstica y el saneamiento, favorecer la atención de los ancianos y minusválidos, entre otras²¹. El principal objetivo al proyectar un edificio, consiste en lograr un ambiente interior cuyas condiciones se encuentren próximas a las de confort (Olgyay, V., 1998); es decir que, en términos arquitectónicos, la planificación y el sistema constructivo de un edificio deben utilizar al máximo las posibilidades naturales para mejorar las condiciones interiores, sin recurrir a la utilización de aparatos mecánicos.

La primera función de la vivienda es proporcionar un espacio seguro y confortable para resguardarse. El clima condiciona en gran medida tanto la forma de la vivienda, como los materiales con los que se construye, incluso las funciones que se desarrollan en su interior. Los climas más severos exigen un mayor aislamiento del ambiente exterior mientras que, por otra parte, se tiende a realizar un mayor número de actividades en el entorno de la vivienda; por el contrario, en climas más benignos, las exigencias de climatización son mucho más reducidas²².

Los habitantes de las ciudades son conscientes que ya no solo necesitan de alimentos saludables, sino que además, pretenden vivir en ambientes sanos y estéticamente agradables. Existen técnicas y tecnologías alternativas, que al contrario de la forma de construcción moderna convencional, brindan una serie de

²¹ O.M.S.-O.P.S. Versión abreviada del Documento de Referencia de OPS sobre políticas de Salud en la Vivienda

²² Prototipo de Vivienda Saludable y Ecológica de Bajo Costo. Maria Cecilia Monterroso Cordón. Tesis de Licenciatura en Arquitectura. Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Año 2011.



beneficios a las viviendas que las incorporen. Éstas construcciones presentan a la bioclimática como regla rectora para su diseño: es decir, priorizan la inercia térmica en sus materiales, se orientan en función a su ubicación en el globo (de modo que puedan aprovechar la energía del sol durante todo el año) y se utilizan materiales de construcción que al final de su vida útil puedan ser reincorporados a la naturaleza, favoreciendo el ciclo natural de los recursos y no convirtiéndolos en escombros o basura, que tardarán miles de años en descomponerse.

4.2 El Techo

El techo cumple varias funciones en una vivienda, protegiendo el espacio y las paredes, provee superficies para captar agua, brinda aislación frente al intemperismo, protegiendo a su vez, contra el agua y el asoleamiento. Mayores ventajas se pueden mencionar cuando se habla de un Techo Verde, si se lo compara con un techo de los utilizados en los modos de construcción convencional, haciendo recomendable su implementación.

En su definición más sencilla un Techo Verde es una solución técnica que favorece las condiciones para el crecimiento de vegetación en la parte superior de edificios (techos o terrazas) manteniendo su estructura protegida. Partiendo de la base de que en los barrios céntricos de las grandes ciudades un tercio de la superficie esta edificada, otro tercio corresponde a las calles y plazas a su vez pavimentadas y el tercio restante son superficies verdes sin pavimentar, si por cada cinco hasta diez techos hubiera uno de césped, la "superficie de hoja"²³ en esa ciudad se duplicaría (Minke, G., 2004).

En general este tipo de techumbre tiene un efecto neto positivo sobre el ambiente: capturando agua de lluvia y aliviando el trabajo de las redes pluviales; mejorando la aislación térmica de viviendas y edificios; representando un posible

²³ El autor utiliza el término "superficie de hoja" haciendo referencia a la densidad y el espesor de la vegetación crecida sobre el techo, y lo relaciona directamente con características positivas como la limpieza del aire, la formación de rocío y el efecto de aislamiento térmico.



hábitat para especies migratorias y nativas; en definitiva, todas cuestiones que pueden ayudar a mejorar la calidad de vida. En contraste con los paisajes grises típicos de nuestras ciudades, los Techos Vivos generan un impacto positivo en la sociedad, ya que una sensación general de bienestar se gana en virtud del valor estético agregado por las plantas (Maas et al. 2006)²⁴. Es distinto el efecto que produce un techo de teja o chapa que el de un techo de hierbas silvestres; a través de su verde belleza natural, sientan bien sobre el estado de ánimo y el espíritu humano. Un techo verde vive, y anima a aquel que lo mira (Minke, G., 2004).

Estos techos se dividen principalmente en dos grupos: intensivos y extensivos, aunque existe un grupo intermedio que presenta características compartidas de los dos grupos principales (ver Tabla 2). Los *extensivos* son techos relativamente livianos, de bajo mantenimiento y que no suelen estar diseñados para que personas o animales transiten sobre ellos. A menudo se plantan sobre éstos especies que requieren una altura de sustrato variable entre 5 y 15 cm, poca humedad y que suelen subsistir con agua de lluvia (en aquellos sitios en los que se ha incorporado esta tecnología originalmente, y que, vale destacar, exhiben regímenes de precipitaciones notablemente mayores a los que presenta la provincia fitogeográfica de Monte). Cuanto más rústico sea el césped o especie utilizada, mejores resultados se obtendrán. Si proviene del mismo sitio donde se halla el techo, mejor aún. Al decir del autor y especialista en Techos Verdes, Ing. Carlos Placitelli, “el uso de plantas del lugar, asegura el éxito en la gran mayoría de los casos, pues están adaptadas al microclima y condiciones locales” (Placitelli, C. 2011).

Los techos verdes *intensivos*, en cambio, son cubiertas que son accesibles y tienen sustratos espesos que alojan una variedad de plantas, comestibles y

²⁴ Citado en Living Wall and Green Roof Plants for Australia. PR No. PRJ-005130. Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. Traducción propia. Disponible en pdf



arbustivas. Para su sustento requieren estructuras reforzadas y mayor mantenimiento y riego que los anteriores.

Tabla 2 Tipos de techos vivos. Elaboración propia según datos aportados por la Asociación Española de Cubiertas Verdes.

Techos vivos extensivos	Techos vivos semi intensivos	Techos vivos intensivos
Bajo mantenimiento una vez que se consolida la vegetación	Mantenimiento moderado	Mantenimiento intensivo
Poco a nulo riego	Riego moderado	Riego permanente
Vegetación tipo suculentas, herbáceas, perennifolias, cespitosas y vivaces	Vegetación tipo cespitosas, herbáceas, perennifolias, vivaces subarbustivas y arbustivas	Vegetación tipo cespitosas, herbáceas, perennifolias, vivaces subarbustivas y arbustivas
Sustrato de mineral poroso con espesores de 10-25 cm	Sustrato mineral poroso con espesores de 15-30 cm	Sustrato rico en materia orgánica, especial para cubiertas con espesores superiores a 60 cm
Cargas de 60-180 Kg/m ²	Cargas de 150-300 Kg/m ²	Cargas > 600 Kg/m ²

Existe en la actualidad una cuarta opción denominada Techos Vivos Livianos. Los TVL reciben esta denominación debido a que no es necesaria una estructura que los soporte; las raíces de las especies utilizadas en estos casos quedan sobre el nivel del suelo, guiando el follaje por medio de un armazón y generando así una capa liviana de cobertura del techo. Si bien esta variante podría no interpretarse como un Techo Vivo, debido a que no hay interacción entre la fase sustrato y la fase edificio, creo interesante considerar esta posibilidad en aquellos casos en los que la estructura portante no soporta la carga del Techo Vivo convencional (60-180 Kg/m²). El uso de enredaderas resulta la opción más factible para esta



nueva técnica. Las plantas trepadoras presentan la gran ventaja de que tienen sus raíces en el suelo; cuando comienzan a crecer y a subir por paredes, cables, alambres, etc. su peso de biomasa es relativamente pequeño. Es posible que esta solución resulte más eficiente en verano, atenuando el asoleamiento, que en invierno.

En todo caso, es una alternativa viable de ser utilizada cuando hacer un Techo Vivo con su capa de sustrato correspondiente resulte muy complejo, o directamente imposible. Además, estas plantas de rápido crecimiento, pueden ser fácilmente guiadas para cubrir el área deseada (Placitelli, C. 2013).

Los materiales específicos para la construcción pueden variar según las necesidades de cada proyecto, pero, para funcionar adecuadamente, hay ciertos componentes que todo techo debe tener: membrana impermeable, sustrato de crecimiento y vegetación. El desempeño ambiental de un techo vivo está atado al buen funcionamiento de sus elementos. Una cubierta de éstas características es más efectiva en retener agua, lograr el aislamiento térmico del edificio y mejorar así las condiciones de habitabilidad en él. Esta tecnología constructiva presenta una serie de características que la hacen “una magnífica herramienta para ayudar en la resolución de varios de los problemas que hoy aquejan a los seres humanos.” (Placitelli, C., 2011).

Algunas de ellas son:

Excelentes aislantes térmicos: a través del techo puede penetrar gran cantidad de calor a los ambientes interiores. Debido a su posición, recibe altos índices de radiación solar principalmente en verano. En consecuencia, alcanza temperaturas superficiales de hasta 65° C, cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de 27° C²⁵. Todos los impactos caloríficos externos deben traspasar la piel externa del edificio antes de afectar las condiciones de la temperatura interior

²⁵ Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico.



(Olgay V., 1998). Las sucesivas capas de la fachada “se saturan” de calor hasta que, finalmente, el efecto es perceptible en la superficie interior (ver Figura 1). Mediciones hechas en Alemania mostraron temperaturas de cero grados centígrados bajo el sustrato de 16 cm de un techo verde, cuando la temperatura del aire era de 14 grados centígrados bajo cero (Minke, 2004 p. 12)²⁶. La capa de aire inmóvil que se genera inmediatamente después del sustrato hacia el exterior constituye otra barrera térmica importante (ver Figura 2), que contribuye a amortiguar el impacto de las variaciones térmicas exteriores (tanto de ganancia como de pérdida térmica). El espesor de esta capa depende directamente de la altura de la vegetación. Este aire no es afectado por el viento, o por su acción, y por ello los techos verdes no presentan variaciones térmicas debidas a la misma. De la radiación luminosa incidente sobre la cubierta vegetal, las hojas reflejan un poco más del 10%, transmiten un 9% y absorben el 81% restante. La radiación absorbida por las hojas sigue tres caminos diferentes: el 20% es emitida en forma de radiación infrarroja, el 60% calentará las hojas y será disipada evaporando agua mediante la transpiración o emitida por convección. Los espectros de absorción, reflexión y transmisión radiactiva de las hojas varían con su espesor, la edad, el contenido hídrico y la orientación del techo. Sólo el 1% de la energía recibida se utiliza en la fotosíntesis²⁷. Los procesos de evaporación y condensación también son consumidores y liberadores de energía. La evaporación consume energía en forma de calor que llega al techo, disminuyendo la temperatura en la superficie del mismo. La condensación de vapor de agua, libera energía que va al aire frío circundante, templándolo y generando así un microclima más agradable. En climas cálidos, como los que se dan en la ciudad de Neuquén, esta acción de amortiguador térmico resulta vital y hace de los techos verdes los más eficaces en estas circunstancias

²⁶ Placitelli Carlos H. Techos verdes en el Cono Sur. 2011

²⁷ Prof. José R. Lissarrague y Pilar Baeza. La Fotosíntesis. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en pdf.



Inercia térmica

El concepto de masa térmica o inercia térmica, se refiere a la capacidad que tiene una edificación en su conjunto de amortiguar el calor que incide sobre ella, y transmitirlo hacia el interior con retardo.

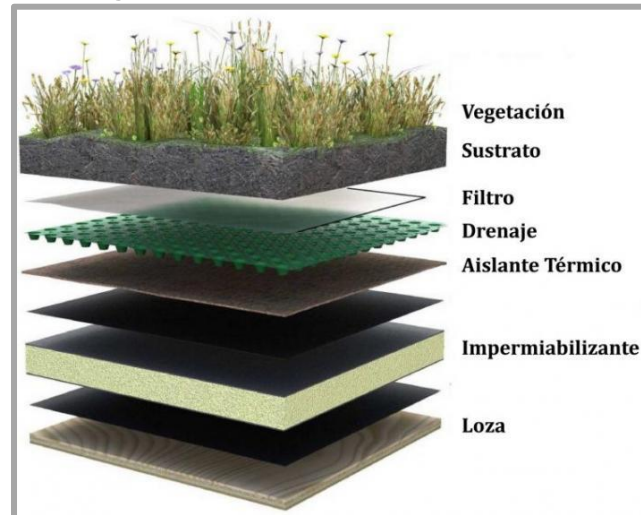
La capacidad térmica de un elemento externo influye en sus características térmicas y el flujo de calor, especialmente en zonas con gran amplitud térmica (IRAM 11603-1996). Para los materiales homogéneos su inercia térmica está relacionada con su capacidad calorífica, su espesor y por ende, su peso.

- Si la inercia térmica es fuerte, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son grandes, y se dice que la edificación es pesada.
- Si la inercia térmica es débil, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son pequeños, y se dice que la edificación es liviana.

Para obtener una mayor inercia térmica, sin generar un aumento del peso, se recomienda aislación adicional de las capas exteriores y mayor capacidad térmica en las capas interiores

Una gran inercia térmica es deseable en climas con una gran amplitud térmica y radiación solar muy intensa. La inercia térmica disminuye la amplitud y aumenta el desfase entre los picos de temperatura interior y exterior, una gran ventaja en la zona bioclimática en donde está inserta la ciudad de Neuquén (IRAM 11603-1996).

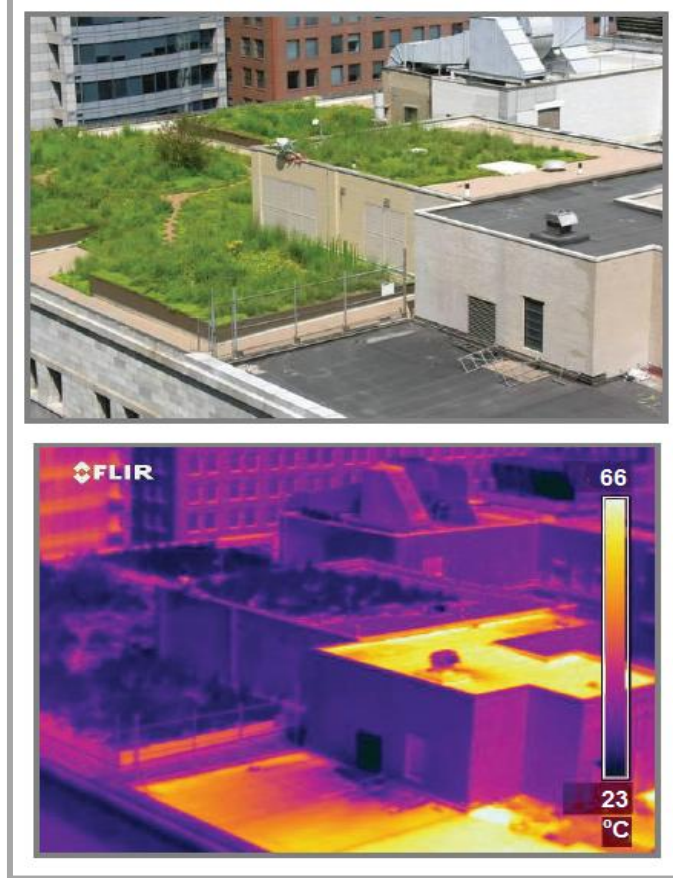
Figura 1 Capas elementales de un Techo Vivo.



Fuente: Urrea ingeniería.

Los mejores niveles de aislación dan como resultado: en parte un ahorro energético y por otra parte, una mejora en las condiciones de habitabilidad.

Figura 2 Termografía comparativa techo vivo y techo convencional



Fuente: Construcción Sustentable. Del gris al verde. Promoción de cubiertas verdes en la ciudad de Buenos Aires.

Muy buenos aislantes acústicos: al decir de Gernot Minke, “para un ángulo vertical de incidencia del sonido, la capa de plantas consigue por absorción sólo una insignificante disminución del sonido de alta frecuencia, mientras que la absorción de una capa de tierra de unos 12 cms es capaz de reducir los niveles de ruido hasta en 40 dB” (Minke, G., 2004, pag. 19). Además la tierra aporta una excelente amortiguación para las vibraciones, dado que las absorbe.

No requieren mantenimiento especial: las raíces profundas son la principal amenaza de la integridad del techo. Las semillas traídas por el viento o por los pájaros, se depositan sobre la vegetación y pueden llegar a germinar dando lugar a una planta que, cuando adquiere cierta altura, necesite de una raíz profunda



para alimentarse y sostenerse. En su búsqueda de humedad y nutrientes, las raíces perforan los materiales más duros, el hormigón incluso, y también las membranas asfálticas o de PVC con mucha facilidad. Estas perforaciones son lugares por donde el agua puede filtrarse e ingresar al interior de la vivienda, debiendo ser evitadas. Siempre es aconsejable evitar que broten árboles o plantas que puedan desarrollar raíces profundas y fuertes.

Existen experiencias, en la bibliografía consultada, en las que la utilización de fertilizantes genera un crecimiento indeseado en la vegetación. Cuando el sustrato contiene nutrientes en demasía, se corre el riesgo de que las pasturas alcancen alturas elevadas, por ejemplo 70 cm, pudiendo ser castigados por el viento y secarse rápidamente. Para evitar este efecto indeseado, es recomendable empobrecer la tierra madre con 25% hasta 75% de minerales livianos, de granulometría 0-16 mm (Minke, G. 2004).

Un punto clave a tener en cuenta es el uso del recurso agua en la etapa inicial del emplazamiento del Techo Vivo. Dada las características climáticas que presenta el Monte, en donde la escasez de las precipitaciones y los fuertes vientos son el rasgo prominente, es de vital importancia un régimen de riego inicial en el período de implantación de la vegetación. Se ha sabido de experiencias en ésta región, en las que se utiliza un sistema de riego por goteo subirrigado para contrarrestar la aridez típica que la caracteriza. Es uno de los objetivos de este trabajo, brindar una gama de especies nativas adaptadas a estas condiciones climáticas, de modo de minimizar, e inclusive prescindir, de la utilización de este vital recurso.

Larga vida útil: la durabilidad de todos los techos convencionales, sean éstos cubiertos con tejas, metal, chapas onduladas o similares se ve limitada por la influencia de las distintas condiciones meteorológicas de nuestra región. Calor, frío, lluvia, viento, así como ozono y gases provenientes de las industrias causan daños mecánicos y/o procesos de descomposición químicos o también biológicos.



La membrana impermeable es una pieza clave en la estructura de un techo vivo, y la misma se encuentra bajo, aproximadamente, de 12 cm de sustrato que la protegen de los rayos ultravioletas y de eventuales daños mecánicos. En otros tipos de techos, las variaciones de temperatura entre verano e invierno, o inclusive entre el día y la noche en una misma jornada, suelen ser muy amplias, fatigando los materiales. Existen casos en los que las diferencias de temperatura alcanzan los 100°C (-20°C hasta 80°C). Si este techo se enjardinara extensivamente, se reduciría la diferencia de temperatura aproximadamente a 30°C (Minke, G., 2004). En un techo verde, se puede llegar a duplicar la vida útil de sus materiales (Placitelli, C., 2011).

Excelente relación costo-beneficio: los niveles de aislamiento térmico y acústico que se obtienen con un techo verde requerirían de costosos materiales industriales si se empleara otro tipo de cubierta. La relación costo-beneficio optimiza la mayor inversión inicial, brindando una mayor durabilidad en el largo plazo. Si bien la estructura para soportar un techo verde puede significar un costo adicional frente a otras opciones presentes en el mercado, las ventajas que ésta opción presenta en otras cuestiones son las que hacen de la misma una muy buena alternativa (Placitelli, C., 2011).

Bajísimo impacto visual: el Techo Vivo se integra muy bien al paisaje, particularmente en zonas arboladas o enjardinadas, integrándose mejor con el paisaje que el techo de una casa “sin verdear”. Inclusive, la presencia de vegetación en techos donde era común ver otros materiales no causa ninguna discrepancia visual; por el contrario, existen variados ejemplos en los que el efecto de un Techo Vivo de hierbas silvestres, a través de su verde belleza natural, sienta bien sobre el estado de ánimo y espíritu humanos (Minke, G., 2004).

Materiales fácilmente reciclables: el pasto, la tierra, la madera, son fácilmente reciclables. Las membranas plásticas o de PVC, se degradan con el sol, si no



están protegidos por la tierra y la vegetación, en plazos relativamente breves. Las membranas asfálticas y sus cubiertas de Aluminio también pueden ser reutilizadas. Esto está directamente en concordancia con lo expuesto por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, la cual sostiene que “cada vez se reconoce en mayor medida que los recursos son usados de manera ineficaz, creando así residuos que no vuelven a reutilizarse, desechando desperdicios perjudiciales para la salud humana y el ambiente y fabricando productos que, una vez utilizados, tiene otras consecuencias y son difíciles de reciclar”²⁸.

Reducción de las superficies selladas: el progresivo aumento de áreas selladas crea diversas dificultades; por ejemplo, las aguas no pueden filtrarse en el terreno y buscar su recorrido subterráneo natural hacia las napas freáticas. Como consecuencia se obtienen fuentes y pozos que se secan y arroyos que disminuyen su caudal. El agua de lluvia se ve obligada a hacer un recorrido superficial, causando inundaciones e incluso aludes en terrenos de gran pendiente, exigiendo al máximo los sistemas de saneamiento y desagüe pluvial. También pueden verse perjudicadas aquellas plantas que presentan raíces superficiales o poco profundas, que buscan sus nutrientes a poca profundidad de la superficie.

En épocas estivales se da el particular fenómeno asociado a la masa térmica de la ciudad, denominado “isla de calor”: el calentamiento de techos y pavimentos sólidos aumenta la temperatura del aire, incrementando la media de estos lugares. El techo verde amaina este efecto: el objetivo es devolverle el área verde al espacio ocupado por la edificación.

Según recomendaciones de la O.M.S., “las ciudades deben disponer, como mínimo, de entre 10 y 15 m² de área verde por habitante, distribuidos

²⁸ Citado en Trabajo de tesis de Paola Muñoz: Análisis de ciclo de vida: aproximación conceptual y metodológica y aplicación a la producción de hormigón en la ciudad de Neuquén. U. N. Co. 2009.



equitativamente en relación a la densidad de población”. Los beneficios producidos en una ciudad gracias a una presencia significativa de espacios verdes son innumerables²⁹. El hecho de tener ciudades con distribuciones desparejas de parques y plazas, con barrios enteros en los que casi no hay espacios verdes, hace que estemos muy por debajo del valor recomendado. La incorporación de techos y terrazas verdes en el tramado urbano de nuestra ciudad es una alternativa eficaz y viable, que puede ayudar a construir una ciudad bien balanceada, donde los espacios naturales mitiguen los efectos de la edificación excesiva y de la contaminación.

Protección térmica en verano: para regiones con intensa radiación solar (como la ciudad de Neuquén y sus alrededores) y para zonas de climas cálidos el efecto de enfriamiento de los techos verdes es aún más notorio que el efecto de aislación térmica en invierno (Minke, G., 2004). Esta diferencia de temperatura lograda por el techo vivo se da gracias a la sombra que brinda la vegetación sobre la superficie, evitando que la emisión solar caliente la tierra y, asimismo, utilizando la energía solar para la evaporación de agua; una mínima proporción de la radiación incidente es consumida en la fotosíntesis.

Producción de oxígeno y consumo de anhídrido carbónico: las actividades humanas producen cada vez más Dióxido de Carbono (CO₂) que se acumula en la atmósfera. Si el Hombre genera más CO₂ debe aumentar las áreas verdes para compensar este fenómeno. Un metro cuadrado de vegetación produce el oxígeno que una persona necesita en un año (Darlington, 2001)³⁰. Si bien es muy complejo determinar científicamente las formas en las que el Calentamiento Global influye sobre el clima mundial, es opinión de gran parte de la Comunidad Científica Internacional, que el cambio climático que se produjo en el último siglo es atribuible a emisiones de gases de Efecto Invernadero por encima de las

²⁹ CAT-MED. Plataforma para Modelos Urbanos Sustentables.

³⁰ Citado en Placitelli, C. 2011. Techos Verdes en el Cono Sur.



cantidades que se encuentran en la naturaleza, conllevando un aumento de la temperatura en la superficie terrestre³¹. Mientras las hojas sobre el techo crezcan y se multipliquen, se generará oxígeno y se consumirá CO₂. Si existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de partes de las plantas, siempre existirá la ventaja que se extraiga CO₂ del aire y quede éste almacenado.

Retención de polvo y contaminantes atmosféricos: la vegetación actúa como filtro de aire, reteniendo partículas de suciedad e inclusive metales pesados (plomo, mercurio, etc.). Las hojas actúan como captadores de estas partículas, que luego son arrastradas por el agua de rocío o de lluvia hacia el sustrato. De esta forma, estas partículas son removidas del aire, impidiendo que ingresen en las vías respiratorias de personas y animales.

Regulación de la humedad del aire: debida a la capacidad de evapotranspiración de las plantas. Éstas son capaces de evaporar grandes cantidades de agua del suelo hacia la atmósfera, contribuyendo a humedecerla. A su vez, pueden quitar el exceso de humedad del aire captando, condensando y conduciendo hacia el suelo partículas de agua presentes en la niebla o el rocío.

Retención de aguas pluviales: los techos vivos actúan como elementos de retención del agua de lluvia, dado que las mismas quedan absorbidas por el sustrato, para ser devueltas paulatinamente a su ciclo. Se estima que mientras un techo de chapa devuelve un 90% del agua recibida, un techo verde retorna sólo el 30%. Esto favorecería la eficiencia de los sistemas pluviales, que en situaciones colapsan y son incapaces de evacuar el gran volumen de agua caída sobre la superficie mayormente impermeable de la ciudad. Una investigación sobre el comportamiento hidrológico de los Techos Verdes Extensivos ha demostrado que pueden retener entre el 34 y el 69% de la precipitación (Gregoire y Clausen 2011). Estos autores informaron que la capacidad de retención está influenciada por la

³¹ Ordenanza N° 8.208/2007. Municipalidad de Rosario. Santa Fe. Argentina. Disponible en pdf.



capacidad de retención de agua del sustrato, los rangos de evapotranspiración, la temperatura, la cantidad de precipitación, y el número de días secos precedentes a la precipitación. Esta capacidad para reducir los volúmenes de agua de lluvia es un enorme beneficio provisto por los Techos Vivos, en extensas áreas de superficie sellada, en donde los eventos de fuertes lluvias perturban cursos naturales de agua del entorno, generando inundaciones y otros problemas³².

Nuestra ciudad sufre lluvias de gran intensidad y de corta duración. Es habitual ver calles anegadas y sectores de la ciudad completamente inundados cuando dichas lluvias suceden. La implementación generalizada de estos techos, amortiguaría el caudal de agua derivado por los desagües superficiales, y transportada por los canales pluvioaluvionales.

A modo de ejemplo, una medición hecha en la Universidad de Kassel en un techo verde de 12 grados (20%) de inclinación, con un sustrato de 14 cm de espesor puede retener el agua un plazo de entre 12 y 21 horas luego de finalizada la lluvia (Minke, G., 2004, pag. 20), descomprimiendo la capacidad de trabajo del sistema.

Aumento del “área floral”: gran variedad de flores silvestres crecen en los techos verdes, embelleciendo el paisaje con sus colores y perfumándolo con sus aromas. Esto trae aparejado un efecto benéfico sobre el estado de ánimo de las personas. Es diferente el efecto que produce un techo de chapa o de teja que el de un techo de hierbas silvestres, que a través de su belleza natural, genera un efecto positivo sobre el estado de ánimo de las personas.

No sólo la estación del año modifica la apariencia del techo verde, sino que también existen variaciones originadas por semillas transportadas por pájaros y viento. Las nuevas especies de hierbas y pastos silvestres que llegan al techo son sometidas a heladas, sequías y otras adversidades, regulándose las especies que

³² Living Wall and Green Roof Plants for Australia. PR No. PRJ-005130. Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. Traducción propia. Disponible en pdf



sobreviven. Se crea así, una comunidad de plantas resistentes que en función de la época del año presenta diferentes colores y formas, pudiendo lucirse verde en invierno, cuando las condiciones de humedad son asequibles.

Mejora el rendimiento de las células fotovoltaicas: las células fotovoltaicas son cada vez más utilizadas en el mundo para producir electricidad en las viviendas, sustituyendo (en parte) el consumo energético por una fuente renovable y limpia. Las altas temperaturas alcanzadas en los techos de chapa o tejas reducen el rendimiento de los equipos fotovoltaicos. Los techos verdes, en cambio, permiten alcanzar el máximo de productividad de los paneles al reducir su calentamiento.

Son accesibles a casi todos los estratos sociales: los materiales utilizados no son costosos, resultando accesibles prácticamente a todos. Incluso es posible (y habitual) llegar a soluciones satisfactorias empleando algunos materiales reciclados como cartones, tetra packs, telas, arpillera, plásticos, entre otros. Quizá el “insumo” más caro sea la estructura, ya que es necesario considerar y calcular una carga extra para la misma si se emplea un techo vivo. A modo de ejemplo; un techo verde con un espesor de sustrato de 10-12 cms, puede alcanzar un valor de sobrecarga de hasta 100 kilos por m² cuando se encuentra empapado en agua (Placitelli, C., 2011).

Para que estos efectos beneficiosos que presentan estas techumbres puedan lograrse, es necesaria una correcta y selección de los materiales que los componen. Éste paso presenta relevante importancia si se consideran los objetivos y motivos que llevan a una persona a elegir esta opción constructiva. No cabe duda que al elegir ésta técnica se está eligiendo una práctica ambientalmente amigable y que persigue el concepto de sustentabilidad. Ahora, si los componentes utilizados para desarrollarlo presentan en su manufactura largos procesos industriales o alto consumo de recursos energéticos, ¿sigue siendo la sustentabilidad un discurso válido donde pueden este tipo de techos descansar?



El concepto de sustentabilidad se funda en “el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, así como la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio”³³. El mismo promueve una nueva alianza naturaleza-cultura creando una nueva economía, re direccionando los potenciales de la ciencia y la tecnología y construyendo una nueva cultura política basada en una ética de la sustentabilidad, que incluye creencias, valores, conductas y saberes que modifican, y sobre todo, renuevan los sentidos existenciales, los modos de vida y las formas de habitar el planeta tierra.

Según Sabsay, D. (2002) la preservación del medio ambiente recién cobra una posibilidad cierta cuando se acopla al concepto de desarrollo dando lugar a la noción de desarrollo sustentable. Así, el límite de toda acción de planificación estaría dado por la no afectación del ambiente³⁴.

4.3 Componentes constructivos de un techo vivo

En el diseño de soluciones sustentables se debe tener en cuenta la utilización de tecnologías apropiadas. Las mismas deben contar con las siguientes características:

- Bajo costo, larga duración (relación aceptable costo/beneficio)
- Materiales de baja energía en su fabricación
- Requerir un mínimo mantenimiento
- Estar comprendidas dentro de la legislación vigente

Las estructuras creadas bajo estos conceptos deben incluir opciones cultural y climatológicamente adecuadas³⁵. En este sentido es fundamental reflexionar sobre la

³³ Manifiesto por la Vida, principio 4

³⁴ Problemáticas ambientales derivadas de la expansión urbana. MSc Torrens C., MSc Jurio E., Esp. Ciminari Mabel. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Comahue.

³⁵ Ecohábitat: experiencias rumbo a la sustentabilidad. Secretaría de Medio Ambiente y recursos naturales de México.



manera como vivimos, diseñamos y distribuimos los espacios donde vivimos. Por ello, es necesario comenzar con un cambio fundamental en nuestras propias vidas. Desde este punto de vista, los techos vivos surgen como una herramienta válida y viable para ser incorporada en las técnicas constructivas contemporáneas y ayudar, de este modo, a solucionar algunos de los problemas que aquejan a los seres humanos.

Muchas son las opciones constructivas presentes en los mercados convencionales a la hora de elegir, permitiendo a la vez, un enorme abanico de posibilidades. A la par de esta variabilidad técnica se da una de costos en función de los materiales escogidos. Sea la opción elegida aquella que utilice tecnología de punta u otra que utilice materiales reciclados y poco “habituales”, hay tres componentes que deben estar obligatoriamente presentes en la concepción de un techo vivo; estos son:

- Membrana impermeable
- Sustrato
- Vegetación

En todos los casos, es recomendable utilizar materiales disponibles y que no impliquen un gasto significativo de recursos para su transporte, preparación y montaje a la hora de la construcción. A continuación se describirán los tres elementos principales del techo.

4.3.1 Membrana impermeable

La impermeabilización es clave en cualquier techo. Las filtraciones de agua representan una de las peores patologías que pueda experimentar una construcción. Por esto, en la elección de la impermeabilización radica un alto porcentaje del correcto funcionamiento del techo. Como se menciona en Placitelli, C. 2011, p 43 “existen casos en los que se han utilizado membranas de PVC de unos 900 gr/m², pero éstas presentaban varias desventajas estructurales; algunas de ellas fueron: las uniones entre paños debían ser realizadas por personal



calificado y con herramientas especializadas (con las consiguientes dificultades logísticas), el dificultoso traslado y manipulación debido al peso, su elevado costo por metro cuadrado”, entre otras.

Otra solución que existe en el mercado es la utilización de membrana asfáltica convencional, cubierta con aluminio de 0,4 mm de espesor. Inclusive existen algunas que están reforzadas con tela geotextil³⁶, aunque por su elevado costo suelen no ser tenidas en cuenta. La membrana asfáltica constituye una eficiente barrera hidráulica, pero el aluminio es prescindible si no va a estar expuesta al sol.

Una tercera opción posible es utilizar membranas de polietileno. Se caracterizan por tener una muy alta resistencia y presentan la ventaja de que existen en el mercado rollos de 6 u 8 metros de ancho, lo que evita tener que cubrir la totalidad del techo con pliegues y capas de distintas membranas. Con éstas se debe tener un especial cuidado en las uniones y solapes, ya que el agua capilar puede mantenerse allí por mucho tiempo, permitiendo que las raíces crezcan y puedan, en el peor de los casos, perforar las membranas.

Cualquiera sea la opción elegida, se deberá colocar, en todos los casos, una protección mecánica que evite cualquier daño que pueda recibir la membrana, sea por las raíces o por algún otro proceso punzante.

4.3.2 Sustrato

La selección apropiada de vegetación y sustrato para Techos Verdes, tiene fundamental importancia sobre su efectividad y costo económico.

Se entiende como sustrato a la “capa de soporte de la vegetación, donde se produce el trabajo de las raíces”. Sirve como materia nutriente, como almacenaje de agua y como anclaje para las raíces (Minke G., 2004).

³⁶ La tela geotextil se trata de un “manto no tejido obtenido por extrusión directa, fabricado a partir de filamentos de poliéster al 100%, no reticulados, unidos mecánicamente por agujas, sin resinas ni colas, microperforado” según descripción de unos de los fabricantes.



Un sustrato adecuado es clave para la durabilidad y buen comportamiento de la vegetación de un techo verde. Para esto, el mismo debe tener unas características muy concretas:

- Tener alta capacidad de absorción de agua y rehidratación para disminuir la frecuencia de riego.
- Poseer alta porosidad para favorecer el aporte de oxígeno a las raíces y un buen drenaje, evitando así encharcamiento.
- Presentar pH ligeramente ácidos, para evitar ataques de hongos y evitar desequilibrios en la absorción de nutrientes por parte de la planta.
- Tener gran capacidad de retención y cesión de nutrientes, con los que alimentar a las plantas.
- Ser ligeros, para evitar sobrecargar las estructuras que los soporten.
- No contener agentes patógenos que puedan afectar a las plantas y semillas, es decir, ser estériles.

La profundidad del mismo determinará que vegetación crecerá en él, y en el caso de las cubiertas verdes extensivas, no pueden superar los 20 cm. Se debe evitar utilizar tierra de jardín o turba, ya que pesan mucho al mojarse, tienen mucho contenido orgánico y atraerá vegetación no deseada. Al realizar la mezcla del sustrato, el contenido orgánico del mismo no debe superar el 25-30%, completando con un 75-70% de fracción inorgánica liviana, que puede estar conformada por perlita, vermiculita, ladrillos molidos, piedra pómez, arena volcánica, pumicita (vulgarmente conocida como chicharrón), etc.

El sustrato debe colocarse para que surja una vegetación de especies silvestres, cuyo colchón no llegue más alto que 10-20 cm. Sin embargo, puntos aislados de florecimiento pueden llegar a 30-50 cm de altura (Minke, G. 2004).



4.3.3 Vegetación

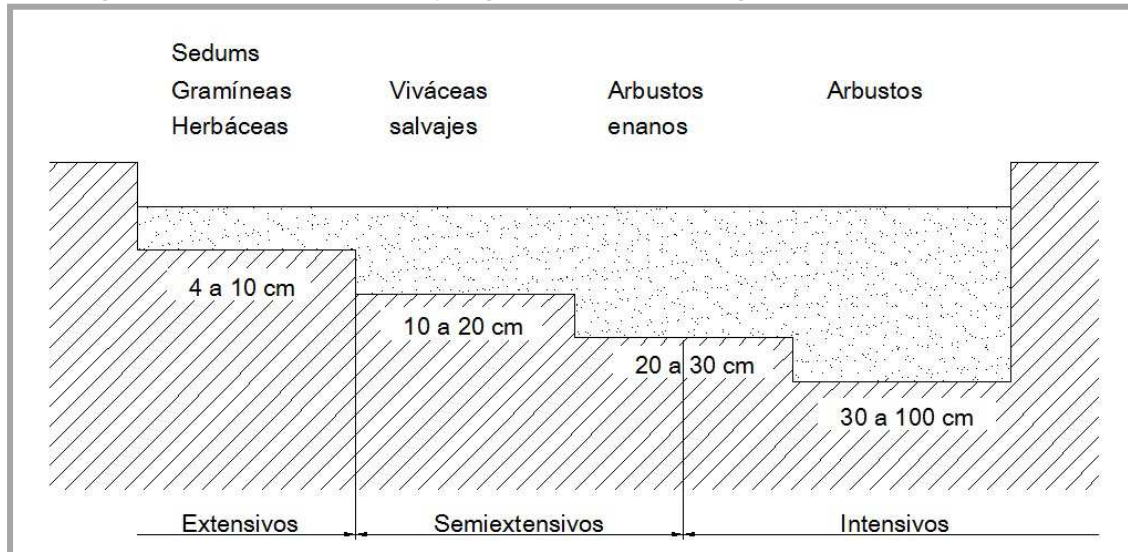
Para que un techo sea considerado vivo debe contener elementos vegetales como parte integral del sistema total del techo; un techo con plantas colocadas en un recipiente no es un techo vivo, ya que no hay interacción entre la sección viva y la sección inerte o estructural del mismo (Betancor L., Los Techos Vegetales). La presencia de vegetación en el techo es un factor muy importante a tener en cuenta. La capacidad de absorber la radiación solar, el efecto sombra, la humedad y la evapotranspiración que se produce en su entorno, modifican la temperatura del aire, haciéndola descender varios grados. Ello genera un efecto regulador, corrigiendo las temperaturas máximas y las oscilaciones diarias³⁷. Como se ha mencionado previamente, el uso de vegetación local puede ser una buena elección, debido a que se encuentran adaptadas al microclima y a las condiciones del lugar.

Para la elección de las especies son decisivos diferentes factores, principalmente:

- Espesor del sustrato y su efectividad de almacenaje de agua
- Inclinación del techo (a mayor inclinación, se debe incrementar capacidad de almacenamiento de agua)
- Exposición al viento (produce que aumente la evaporación)
- Orientación y sombra (los techos inclinados hacia el sol se secan más rápidamente)

³⁷ Baño Nieva, A. Departamento de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares de Madrid. La Arquitectura Bioclimática: términos nuevos, conceptos antiguos. Introducción al diseño de espacios desde la óptica medioambiental.

Figura 3 Tipos de techos vivos y vegetación apropiada según profundidad de sustrato.



Fuente: Placitelli C. Techos Verdes en el Cono Sur.

Cualquiera sean las especies a utilizar en un Techo Vivo del Monte Norpatagónico, hay ciertas características que debe satisfacer incondicionalmente. Las especies de plantas para esta infraestructura, idealmente, necesitan soportar tensiones por alta temperatura, el viento y déficit de agua; a su vez debe proporcionar buena cobertura vegetal³⁸. Especies de plantas de bajo crecimiento, que se establecen rápidamente para proporcionar una buena cobertura del sustrato son, generalmente, recomendadas.

La tolerancia a la sequía es otro rasgo muy deseable. El sustrato superficial de un Techo Verde extensivo no irrigado puede secar regularmente, y las especies tolerantes a la sequía pueden mantener mejor un manto de vegetación adecuado durante estos períodos. Son diversos los efectos que se logran en función del desarrollo que alcance la vegetación, no sólo desde el punto de vista estético, por lo que debe aspirarse siempre a obtener un colchón de vegetación lo más denso

³⁸ Living Wall and Green Roof Plants for Australia. PR No. PRJ-005130. Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. Traducido por el autor. Disponible en pdf.



posible, y en el mejor de los casos, de aproximadamente igual altura (Minke G., 2004).

Estudios en el extranjero son difíciles de adaptar a las condiciones de Neuquén, ya que nuestro clima se caracteriza por la alta evaporación, fuertes vientos del Oeste-Sudoeste y la escasez de precipitaciones (no superando los 200 mm anuales). Sumado a esto, las precipitaciones en nuestra región suelen ser estacionales, generando condiciones difíciles para las plantas en las situaciones expuestas.

Los Techos Vivos, Verdes o enjardinados provienen de zonas donde el régimen climático/pluviométrico garantiza la supervivencia de la vegetación. Sin embargo, al trasladarse la técnica, no se readecuó la misma en función de las características de nuestra región, sino que se ha generalizado el uso de césped siempre verdes, que requieren un sistema de riego automatizado y consumen así grandes cantidades de agua a lo largo del año y, principalmente, en la época estival.

Dado que no abundan trabajos realizados en climas similares al de ésta región, es notable la necesidad de elaborar estudios más profundos, y adquirir experiencia en cuanto a la aplicación de los Techos Verdes con especies Nativas, como un medio para reducir el flujo de calor causado por la radiación solar, hacia el interior de las edificaciones, atenuar el efecto de Isla de Calor, reducir la demanda energética y aumentar la captación de CO₂, entre otros beneficios.

4.4 Especies nativas: manejo de semillas

El conocimiento de la propagación temprana de semillas de especies nativas es fundamental para la producción de plantas. Por esto, es crucial el conocimiento de las características de las semillas y sus requerimientos de germinación (Masini, C. 2011). Dada la función que poseen las semillas de moverse en el espacio mediante la dispersión, de colonizar nuevos lugares y a su capacidad de resistir condiciones ambientales extremas, pueden permanecer en un estado de latencia



hasta que las condiciones sean adecuadas para el desarrollo de la plántula (Fenner y Thompson, 2005). Las semillas latentes y no latentes se diferencian por los mecanismos que controlan la germinación, que para las primeras son internos mientras que para las semillas no latentes están dados por las condiciones ambientales externos. Pueden establecerse 3 categorías de dormancia en base a la relación entre la causa de la latencia y las condiciones que generan su ruptura: exógena (debida a propiedades de la cubierta externa de la semilla), endógena (debida al desarrollo incompleto del embrión y/o a un estado fisiológico especial del mismo) y combinada (combinación de mecanismos endógenos y exógenos).

Cabe destacar que, contrariamente al imaginario colectivo, las zonas áridas del planeta son ecosistemas complejos (ricos y altamente especializados), que sustentan vida, inclusive poblaciones humanas de manera análoga a otros tipos de ecosistemas (Navone y Abraham 2006; Perez 2010)³⁹, y que la diversidad de especies vegetales que aquí habitan es altísima.

Luego de una profunda revisión bibliográfica se esbozaron una serie de lineamientos para la selección de especies adaptables a un Techo Vivo. Esta fue la etapa inicial dentro de un complejo proceso de clasificación y elección. Gracias a la información obtenida en la bibliografía, como así también, a la obtenida en sendas salidas de campo, fue posible la realización de la Matriz de Selección de Especies Nativas adaptables a un Techo Vivo para el Monte Norpatagónico. Dichos criterios de clasificación pudieron ser corroborados en campo, favoreciendo una primera selección, en las que se destacaron 13 especies que por sus características podrían adaptarse a los condicionamientos que genera un Techo Vivo dentro del Monte Norpatagónico (por su exposición a las variables climáticas, diversidad de sustratos, pendientes, orientación en función al sol, etc.).

³⁹ Citado en Masini C, 2011. Germinación de especies nativas del norte neuquino: Provincias fitogeográficas del Monte y Patagónica (Distrito de la Payunia), e implicancias para la rehabilitación de zonas áridas degradadas. Tesis de grado. Universidad Nacional del Sur.



Para muchas de éstas, no se conocen algunos aspectos básicos para su reproducción, ni la fecha de maduración de sus semillas o las condiciones de germinación de ellas. Tampoco se pueden encontrar en los viveros locales.

Finalmente fueron 4 las especies seleccionadas para desarrollar estos ensayos; la caracterización de las mismas fue posible gracias al aporte del grupo de trabajo del LARREA. y al trabajo de un grupo botánico especialista.

Es la intención de este trabajo de Tesis, promover la utilización de la vegetación nativa, que por su naturaleza está adaptada a las condiciones climáticas locales, en la construcción regional de Techos Vivos, sondeando aquellas de crecimiento espontáneo en terrenos naturales de la provincia Fitogeográfica de Monte.



5 Materiales y Métodos

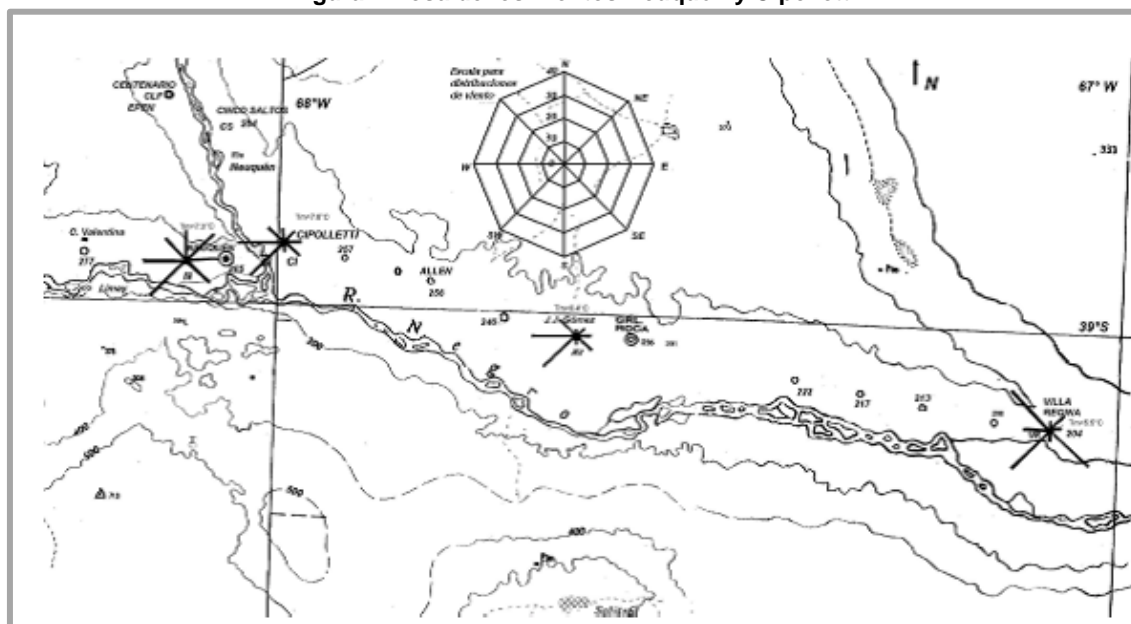
5.1 Caracterización del Medio

La provincia de Neuquén se encuentra inserta en una zona semiárida del país, en donde predominan los procesos hídricos y eólicos. Sus efectos se rigen por la alternancia de lluvias invernales periódicas y breves, con fases de sequías prolongadas con vientos regulares e intensos que desecan la superficie del suelo con aceleración de los procesos eólicos (Gandullo, R. – Gastiazoro, J. 2009).

La ciudad de Neuquén se encuentra dentro del denominado Dominio Chaqueño, más específicamente dentro de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, A.-Willink, A. 1973).

Las características climáticas que se presentan en el área comprendida corresponden al clima árido, debido a la asociación de la escasa precipitación y elevada evapotranspiración, acentuados por la acción prácticamente continua del viento dominante, de dirección O-E (ver Figura 4). Es una masa de aire proveniente del Pacífico que descarga su humedad en Chile y en los faldeos orientales de la cordillera, donde se transforma en aire seco y caliente al ingresar en la zona de las mesetas patagónicas. Estos vientos son más fuertes en verano que en invierno, lo que se atribuye a un efecto de tipo monzón del continente (Coscaron Arias, C. – Gandullo, R. 2004)

Figura 4 Rosa de los Vientos Neuquén y Cipolletti



- Fuente: Cogliati Mariza, Mazzeo Nicolás. Climatología del viento en el Ato Valle de RN y NQN, Fac. de Hum. e Ing. UNC y UBA. Conicet.

Los vientos más intensos se registran a partir del inicio de la primavera.

Las precipitaciones varían de 80 mm a 200 mm anuales, concentradas en la época invernal (ver Tabla 3). La temperatura media es de 13.4 °C, con una gran amplitud térmica: 16 °C, y el déficit hídrico anual es de 550 mm (Coscaron Arias, C. – Gandullo, R. 2004). Todos estos parámetros determinan que ésta región sea una de las más secas, y a su vez, la más cálida de la provincia del Neuquén.

Tabla 3 Precipitación media mensual (1993 - 2008) Aeropuerto Neuquén - Fuente: Dir. Prov. de Estadísticas y Censos, Prov. de Neuquén

Mes	Precipitación mm																	Media
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Enero	6,2	23,2	15	0,1	29,4	4	9	12,5	3	0	24	15,7	20	0	14	16,2	12,0	
Febrero	5,2	5,1	17	17	9,8	10	16	15	0	28	0	66,2	2,1	52,1	11,5	1	16,0	
Marzo	12	110,2	2	16	33,3	1	51,7	2,6	3,8	65,2	32	31,9	0	0,2	7,3	0,7	23,1	
Abril	13,4	11,9	7	12	19,6	32,8	88	12,6	23,5	4,1	2,6	63,2	0	3,6	2	15	19,5	
Mayo	7,3	18,3	3	3	11,7	15,9	62,7	66,4	42,6	28	8	8,6	9,8	4,4	0	63,5	22,1	
Junio	47,9	22,5	14	16,7	36,9	12,8	56,8	28,5	5,9	4,3	5,9	16,4	54,2	24	9	13,8	23,1	
Julio	6,5	31,5	1	1,1	12,2	0	21,2	26,3	39,5	4,6	12,8	31,1	0,2	36,5	11	5,6	15,1	
Agosto	36,3	0,6	6	32,1	8,5	4	8,4	50	8,9	8,6	1	0,2	26,1	0,2	3	5	12,4	
Septiembre	16,3	15,2	0	0	22,6	0	23,3	28	53,2	5	7,4	0	3,9	1,9	44	7	14,2	
Octubre	60,4	40,5	40	5,4	38,1	4	75,4	63,3	3	38,2	0	27,3	38	30,4	0(2)		29,0	
Noviembre	61,2	4,3	12	1	16,9	18,1	52,6	4	33,2	3,5	14	16,9	1	2	2,3(2)		15,2	
Diciembre	1,9	3	11	33,8	10,8	33	0	0	24	16,8	0,6	2	54	0	0	5	12,2	
	274,6	286,3	128	138,2	249,8	135,6	465,1	309,2	240,6	206,3	108,3	279,5	209,3	155,3	104,1	132,8	213,9	

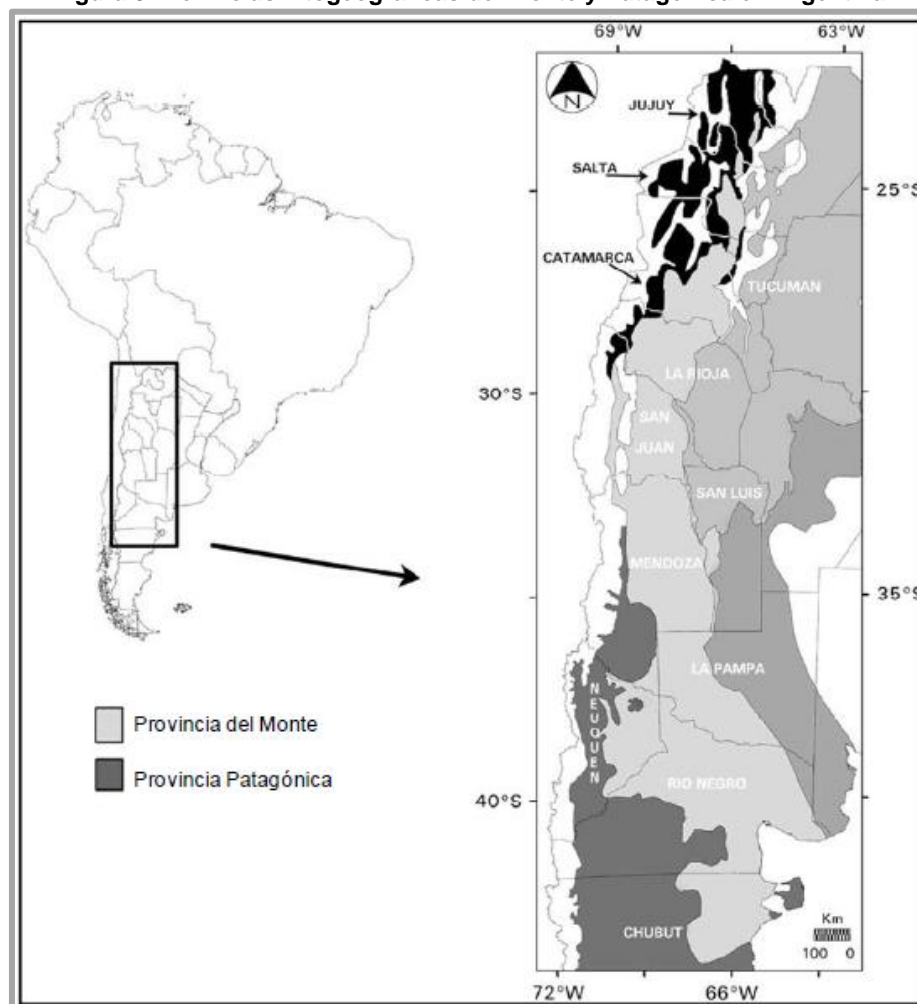
De los factores físicos que influyen en la distribución y características de la vegetación en la Patagonia, el clima es el factor predominante. Su efecto directo es sobre la fisonomía de la región.

5.2 Fitogeografía y Zonas Bioambientales

La diversidad climática, de relieves y de suelos determina que distintas zonas del país están ocupadas por comunidades biológicas diferentes. Por esta razón se la divide en territorios homogéneos en cuanto a sus características ambientales. Estos territorios están definidos por las comunidades climax, es decir, aquellas que mejor se adaptan a sus condiciones climáticas y de suelo. De esta manera se obtendrá una división fitogeográfica del país.

La zona de Neuquén y sus alrededores está incluida en la provincia del Monte, Dominio Chaqueño, Región Neotropical (Cabrera, 1976). Esta provincia se extiende por el oeste de la Argentina en Salta, por el centro de Catamarca y La Rioja, por el centro y este de San Juan y Mendoza, centro y este de Neuquén, oeste de La Pampa, centro y este de Río Negro, para terminar en el Nordeste de Chubut (ver Figura 5).

Figura 5 Provincias Fitogeográficas del Monte y Patagónica en Argentina

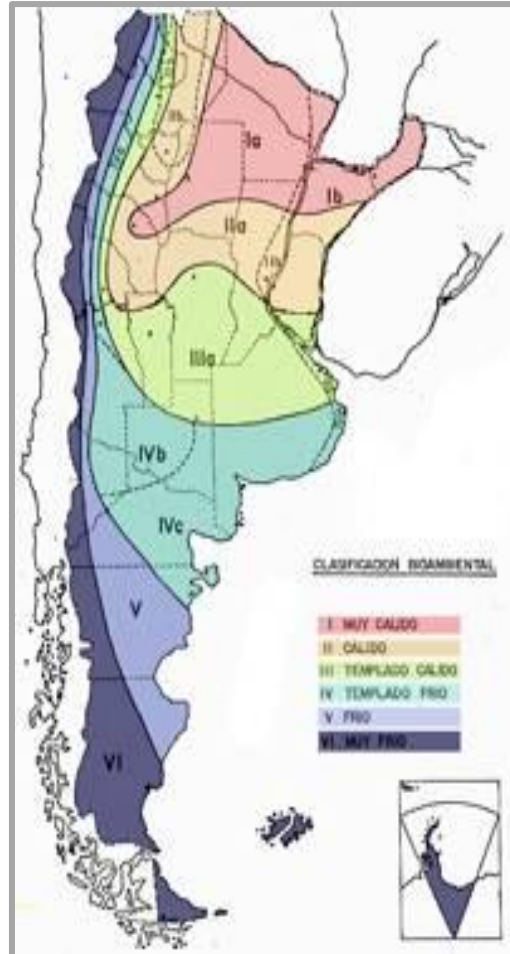


Fuente: Masini, C. Adaptado de Abraham et al (2009).

En paralelo, se han definido ciertas zonas bioambientales para nuestro país, en relación a los índices de confort de la temperatura efectiva corregida (TEC), correlacionada con el voto medio predecible (VMP) y el índice de Belding y Hatch (IBH), desarrollados para las zonas cálidas. La norma IRAM 11603 indica la zonificación del país (ver Figura 6), regulando las distintas necesidades

constructivas para lograr el confort. Dicha clasificación se expone en un mapa bioclimático del país⁴⁰.

Figura 6 Mapa Bioambiental Argentino.



. Fuente: Norma IRAM 11603:1996

La ciudad de Neuquén se encuentra dentro de la denominada Zona IV, o Zona templada fría, subzona b, de máxima irradiancia. Los veranos no son rigurosos, y presentan máximas que rara vez superan los 30 °C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4 °C y 8 °C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a los 0 °C. Las presiones parciales de vapor de agua son bajas

⁴⁰ Norma I.R.A.M. 11603:1996. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina



durante todo el año, alcanzando sus valores máximos en verano (los valores medios no superan los 1333 Pa = 10 mmHg). Que la ciudad esté ubicada dentro de la subzona b, de máxima irradiancia, implica que está expuesta a grandes amplitudes térmicas, principalmente en verano; por lo tanto, es importante la necesidad de viviendas agrupadas y de proveer los recursos necesarios para el mejoramiento de la inercia térmica (IRAM 11603-1996).

La utilización de techos vivos cumple un rol fundamental en esta materia, ya que es justamente a través del techo que puede penetrar gran cantidad de calor a los ambientes interiores. Debido a su posición, un techo convencional recibe radiación solar en cualquier época del año, por lo que puede alcanzar temperaturas superficiales exteriores de hasta 65 °C, cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de sólo 27 °C. Debe prestarse gran atención al diseño y los materiales del techo para garantizar el confort de los ambientes interiores y reducir el consumo de electricidad, en el caso de acondicionamiento activo⁴¹.

El respeto de las leyes de la naturaleza en todos los sectores de planificación de los edificios, es lo que nos permitirá construir viviendas que, por medio de la optimización de sus funciones protectoras en su totalidad, no sólo permitan economizar energía, sino que también estén acordes a las condiciones de salubridad⁴².

En el presente trabajo de tesis se investigará la capacidad germinativa de 4 especies nativas previamente seleccionadas, utilizando semillas obtenidas en campo. Será también producto de este trabajo, brindar una serie de especies nativas capaces de formar parte de la vegetación de un techo vivo en la región del Monte Norpatagónico.

⁴¹ Manual de Diseño para edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico.

⁴² Pierre, R. S. Edificación Solar Biológica. Barcelona, España. 1983



5.3 Recolección de especies en campo

El año 2014 fue un año excepcionalmente húmedo, favoreciendo el desarrollo de especies herbáceas, que, inusualmente, cubrieron la superficie del suelo. Bajo éstas condiciones de humedad excesiva, se vio beneficiado el crecimiento de una amplia diversidad de herbáceas, las cuales pudieron ser valoradas cualitativamente, dado el escaso conocimiento de la fenología para zonas áridas. A partir de este primer relevamiento, y considerando las limitaciones que impone un Techo Vivo, se decidió trabajar principalmente con las especies anuales, ya que las perennes desarrollan raíces pivotantes (profundas) dañinas para un Techo Vivo Extensivo.

En la época invernal, cuando las plantas se encontraban en pleno crecimiento y floración, se realizó una recolección para el 1º herbario (ver Tabla 4) y simultáneamente se evaluó su forma, el tamaño, los colores, el tipo de raíces, el sustrato donde crecían y particularidades del sitio donde mejor se desarrollaba cada especie; se esperó luego, al período de dispersión de semillas.

Tabla 4 Caracterización de las primeras especies seleccionadas. Elaboración Propia.

Especie	Nombre vulgar	Características de identificación
<i>Phacelia artemisioides</i> (Gris)	-	Hierba perenne. Crecimiento en cárcavas de arcilla, médanos y ríos secos.
<i>Spergula salina</i> (J. & C. Presl)	-	Hierba anual de cobertura del suelo densa y homogénea. Crecimiento cerca de la costa en suelos arenosos y salinos. Fruto capsular
<i>Schismus arabicus</i> (Nees)	-	Hierba anual. Planta de mata compacta. Rápido crecimiento.
<i>Plantago patagonica</i> (Jacquin)	Plantago	Planta herbácea de color grisáceo. Toda la superficie de la planta presenta su superficie vellosa, cubierta de pelos finos y suaves. Muy



		común en suelos secos y arenosos.
<i>Poa lanuginosa</i> (Poir)	Coirón poa	Hierba perenne. Habita en dunas y suelos arenosos. Coirón con semilla lanosa, tipo espigada. Cañas largas y erguidas.
<i>Cistanthe densiflora</i> (Barneoud)	-	Hierba anual suculenta de color gris, de crecimiento rastrero, llamativa flor de color lila.
<i>Halophytum ameghinoi</i> (Speg)	Verdolaga	Planta herbácea caducifolia suculenta, tipo tapizante de mata compacta. Hojas carnosas. Crecimiento rápido, principalmente en cárcavas de arcilla.
<i>Amsinckia calycina</i> (Moris)	-	Hierba anual verde densa. Tallos erectos con espinillas de distintos tamaños. Flor amarilla
<i>Lepidium bonariense</i> (L.)	Mastuerzo argentino	Herbácea anual. Tallos erectos cubiertos de pelos finos. Semillas pardo-amarillentas. Flores de pétalos blancos.
<i>Lepidium myrianthum</i> (Phil.)	-	Hierba anual, de color verde -gris claro. Frutos ovoides. Semillas castañas.
<i>Pectocarya linearis</i> (R. et P.)	-	Plantas anuales de pequeñas flores blancas. Buena cobertura del suelo en partes planas y laderas de exposición norte. Tonalidad grisácea al secar.
<i>Facelis retusa</i> (Lam)	Plan kanchú	Hierba anual de entre 5 y 30 cm de altura. Hojas de color verde a pardo-grisáceo, de flores peludas. Crecen en terrenos pobres y secos, bien drenados.
<i>Medicago lupulina</i> (L.)	Mielga negra	Herbácea tapizante de crecimiento rastrero y rápido. Terrenos pobres, secos. Flor pequeña de color amarillo.

Ya en el mes de Octubre, el viento y el calor primaveral habían secado el suelo y las plantas llevaron toda su vitalidad hacia las semillas. Fue en ese momento cuando se las recolectó, siguiendo los protocolos pertinentes, buscando asegurar



una diversidad genotípica. En conjunto con la recolección de las semillas se extrajeron ejemplares de todas las especies, y se elaboró un segundo herbario que muestra las especies en su estadio seco.

5.3.1 Criterio de selección de especies

El clima es el factor más influyente en la distribución de las plantas. Cada especie requiere condiciones especiales de temperatura, humedad y luz para germinar, crecer, florecer y fructificar (Cabrera, A. 1973). Las condiciones climáticas de la Provincia Fitogeográfica del Monte hacen de la misma una región en donde tanto la fisonomía de la vegetación como la composición florística son relativamente homogéneas. La formación dominante es el matorral, a veces muy abierto, o la estepa arbustiva.

La comunidad climax del Monte es el jarillal que se desarrolla en bolsones y llanuras de suelo arenoso o pedregoso-arenoso. Puede definirse como una asociación de jarilla (*Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia* y *Larrea nítida*), matasebo (*Monttea aphylla*) y monte negro (*Bougainvillea spinosa*). Todas estas especies son arbustos de uno a dos metros de altura o más bajos en zonas azotadas por el viento, que crecen esparcidos dejando claros donde se desarrollan (en la época propicia) diversos subarbustos y hierbas. En estas últimas se enfocó la atención en los relevamientos de especies, evaluando sus diferentes características ante la posibilidad de que puedan, o no, formar parte de un Techo Vivo en ésta región.

Para que una especie nativa pueda ser utilizada en un Techo vivo es necesario que satisfaga una serie de características fisiológicas; de este modo, y como un subproducto de este trabajo de Tesis, surge la Matriz de Selección de Especies Nativas para un Techo Vivo en la provincia fitogeográfica del Monte (ver Tabla 5).



5.4 Matriz de selección de Especies Nativas para un Techo Vivo

Tabla 5 Matriz de selección de Especies Nativas. Elaboración propia sobre la base de RIRDC, Sydney, Australia.

1. ¿Hasta qué altura puede crecer esta planta?
<2,5 cm inadecuada
2,5 a 30 cm Ir a la pregunta 2
> 30 cm inadecuada
2. ¿Tiene esta planta un sistema radicular poco profundo?
Sí. Pase a la pregunta 3
No. Inadecuada
3. ¿Tiene esta planta características de tolerancia a la sequía (por ejemplo, hojas suculentas, follaje gris o plata u hojas peludas)?
Sí. Pase a la pregunta 4
No. Inadecuado para climas cálidos y / o climas con precipitaciones estacionales, de lo contrario vaya a la pregunta 4.
4. ¿Puede esta planta tolerar heladas leves?
Sí. Pase a la pregunta 5
No. Inadecuado para climas templados, de lo contrario ir a Pregunta 5
5. ¿Cuál es el ciclo de vida de esta planta?
Anual. Ir a la pregunta 6.
Bienal. Inadecuado para cobertura a largo plazo, de lo contrario ir a la pregunta 7
Perenne. Ir a la pregunta 7.
6. ¿Es esta planta anual autosemillante?
Sí. Pase a la pregunta 7.
No. Inadecuada para la cobertura a largo plazo, de lo contrario ir a Pregunta 7
7. ¿Es esta planta vulnerable al ataque de plagas o enfermedades?
Sí. Inadecuada.
No. Pase a la pregunta 8.
8. ¿Es esta planta propensa a la deficiencia de nutrientes o toxicidades?
Sí. No apto para plantaciones mixtas en los techos que requieren mantenimiento mínimo, de lo contrario vaya a la pregunta 9.
No. Pase a la pregunta 9.
9. ¿Tiende esta planta a desarrollar raíces de tallos laterales?



Sí. Pase a la pregunta 11.
No. Pase a la pregunta 10.
10. ¿Tiene esta planta tallos que se rompen con facilidad?
Sí. No apto para techos expuestos a altas velocidades de vientos, fuertes lluvias y/o granizo, de lo contrario ir a Pregunta 11.
No. Pase a la pregunta 11.
11. ¿Acumula esta planta biomasa seca (p. e. hojas muertas)?
Sí. No apto para techos que requieren mínimo mantenimiento (posible riesgo de incendio), de lo contrario ir a Pregunta 12.
No. Pase a la pregunta 12.
12. ¿Son las partes de esta planta venenosas para los humanos?
Sí. No apto para techados con acceso público, de lo contrario vaya a la pregunta 13
No. Pase a la pregunta 13.
13. ¿Alguna parte de esta planta tiene espinas?
Sí. No apto para techos con acceso público, de lo contrario esta planta es potencialmente adecuada para su uso en Techos Vivos extensivos en el Monte Norpatagónico.
No. Esta planta es potencialmente adecuada para su uso en Techos Vivos extensivos en el Monte Norpatagónico.

5.5 Especies seleccionadas

Además de cumplir con los parámetros expuestos en la Matriz de selección de Especies Nativas, otros criterios de selección de las especies utilizadas en el ensayo fueron: la presencia de las mismas en el ecosistema de Monte, la posibilidad de recolectar semillas de dichas especies en el campo y la ausencia de conocimiento científico acerca de la capacidad germinativa que éstas presentan. En todos los casos se trata de especies adaptadas a las condiciones climáticas de Monte, que no superan los 30 cm de altura, que generan una buena cobertura del suelo y presentan buena tolerancia a la sequía. Fue necesaria la consulta con un especialista botánico, el Ing. Ricardo Gandullo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue (ver Figura 7). Éste especialista, junto con su equipo de trabajo, permitió la identificación de muchas de las especies

preseleccionadas, y con especial interés en las especies *Spergula salina* y *Schismus arabicus* (las cuales fueron utilizadas en el ensayo germinativo).

Figura 7 Ejemplar de herbario de *Schismus arabicus* enviado para identificación.



Fuente: Imagen Propia.

En el caso específico de las especies utilizadas en los ensayos germinativos (ver Tabla 6), se han identificado ciertas características morfológicas, aspectos radiculares, fisiológicos e inclusive estéticos que las hicieron destacarse frente al total de las especies relevadas en campo. La densidad y el espesor de la vegetación crecida, y por lo tanto también la cantidad de superficie de hoja, son decisivos para muchas características positivas que presentan los Techos Vivos, como por ejemplo la limpieza del aire, la formación de rocío y el efecto de aislamiento térmico (Minke, G. 2004)



Tabla 6 Nombre Científico y Familia de las especies utilizadas en el ensayo. Elaboración Propia.

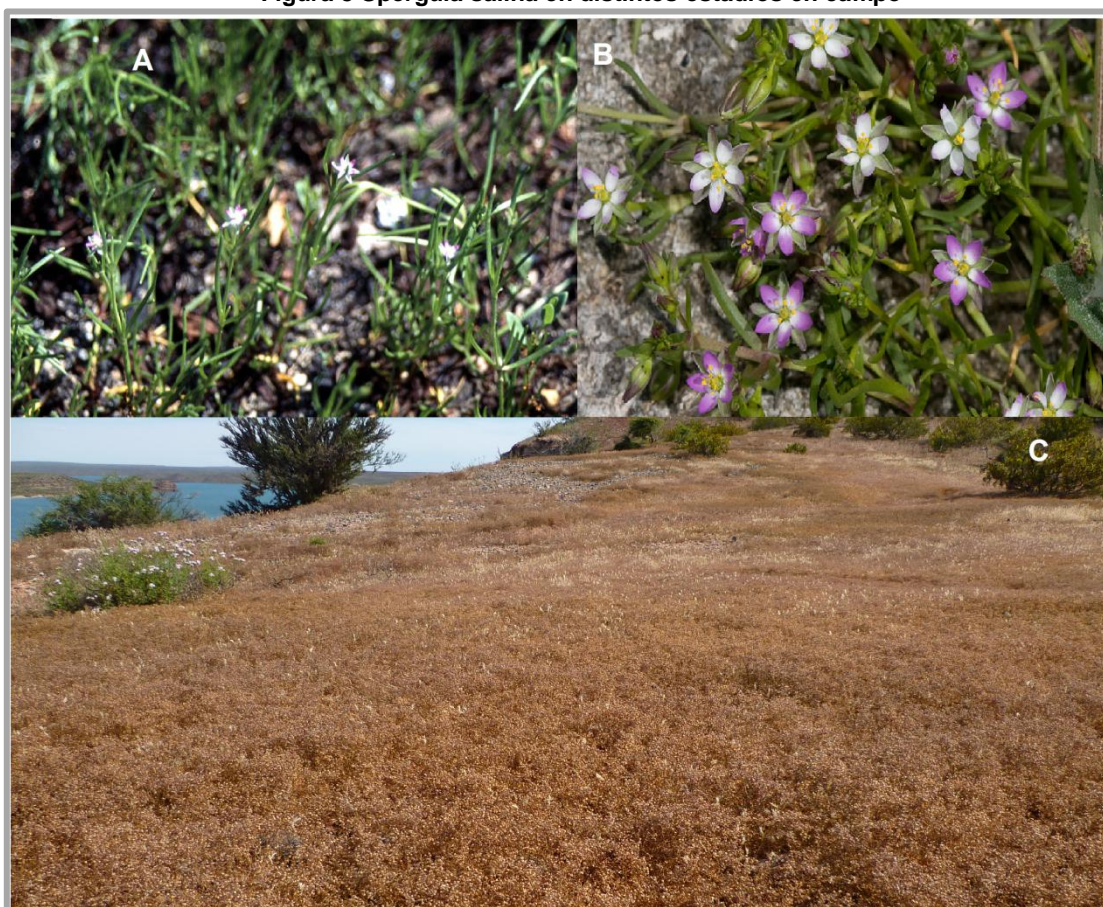
Nombre Científico	Familia
<i>Spergula salina</i>	Cariofiláceas
<i>Schismus arabicus</i>	Poáceas
<i>Pectocarya linearis</i>	Borragináceas
<i>Plantago patagonica</i>	Plantagináceas

Se realizó una exhaustiva investigación bibliográfica sobre especies nativas del Monte, sin poder registrar casos en nuestro país y/o región, en los que se haya incorporado especies de este tipo en Techos Vivos. Tampoco se pudo hallar información sobre experiencias germinativas realizadas con las especies seleccionadas, por lo que, de alguna manera, ésta investigación podrá servir como puntapié de futuras investigaciones vinculadas con la temática.

5.5.1 *Spergula salina*:

Esta especie fue seleccionada por su alto poder de cobertura del suelo, generando un manto homogéneo y denso de vegetación. La raíz que presenta es poco profunda, no superando los 10 cm en especímenes adultos. Esta característica es indispensable para cualquier especie que se quiera utilizar en un techo verde extensivo. Posee unas flores de color violeta, que la hacen muy agradable desde lo estético (ver figura 8A y 8B).

Figura 8 *Spergula salina* en distintos estadios en campo

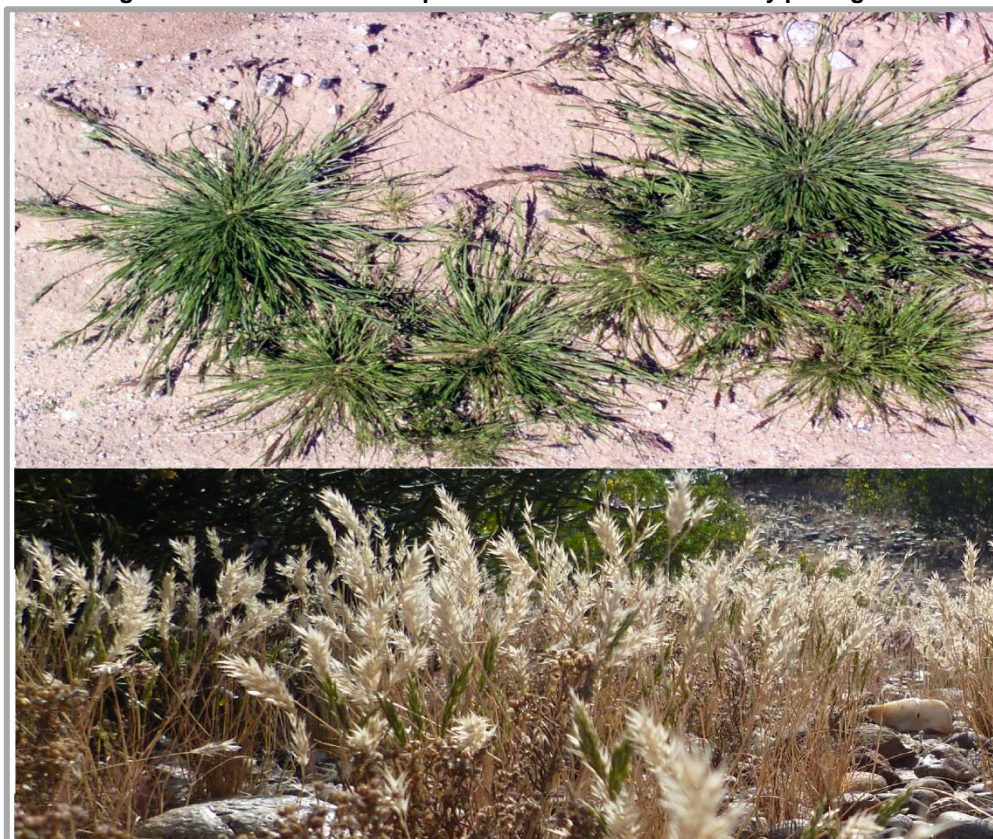


. Fuente (A): swbiodiversity.org; (B): pbase.com; (C): imagen propia.

5.5.2 Schismus arabicus:

El *S. arabicus* crece sobre superficies pedregosas de suelos arcillo-limosos. A diferencia de la *S. salina.*, esta especie crece formando densos parches, generando una cobertura tupida, pero heterogénea de la superficie. Se detectó un mejor crecimiento asociada a otras especies. Posee una raíz muy pequeña, que no supera los 15 cm.

Figura 9 Schismus arabicus presentes en suelos arcilloso y pedregoso



. Fuente (arriba): worldbotanical.com; (abajo): imagen propia.

5.5.3 *Plantago patagónica*:

De crecimiento similar al *S. arabicus*, esta especie crece en parches, y en campo se la vio asociada a otras especies. Presenta una coloración verde-grisácea, según el estadio. Esta especie presenta una alta tolerancia a la sequía, ya que ésta característica adopta diversas formas botánicas, incluyendo hojas suculentas, hojas de cutículas gruesas y márgenes de las hojas enlaminados o superficies de hojas curvadas, follaje de color gris o plata; crecimiento compacto de ramas (“ramitas”) y pequeña hojas perennes (Dunnett y Kingsbury 2008).⁴³ El *P. patagónica* satisface varias de estas características.

Figura 10 *Plantago patagónica* en campo.



. Fuente (A): opsu.edu.com, (B): swbiodiversity.org y (C): Imagen Propia.

⁴³ Cita obtenida de la publicación No. 11/175 Living Wall and Green Roof Plants for Australia. PR No. PRJ-005130. Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. Traducido por el autor.

5.5.4 *Pectocarya linearis*:

Especie con muy buena capacidad de cobertura, inclusive en terrenos pedregosos y empobrecidos. Crece en forma de parches pequeños, pero bien tupidos (ver Figura 11). Su raíz es poco profunda, no superando los 10 cm en un espécimen adulto. Adopta un color gris oscuro al secarse. Presenta una semilla tipo abrojo, que al secar, tiene una gran capacidad de adherencia, favoreciendo la dispersión mecánica de las mismas.

Figura 11 *Pectocarya linearis*. (A) Semillas en planta; (B) y (C) especie en campo.



Fuente (A); (B) y (C): nathistoc.bio.uci.edu

5.6 Recolección de semillas

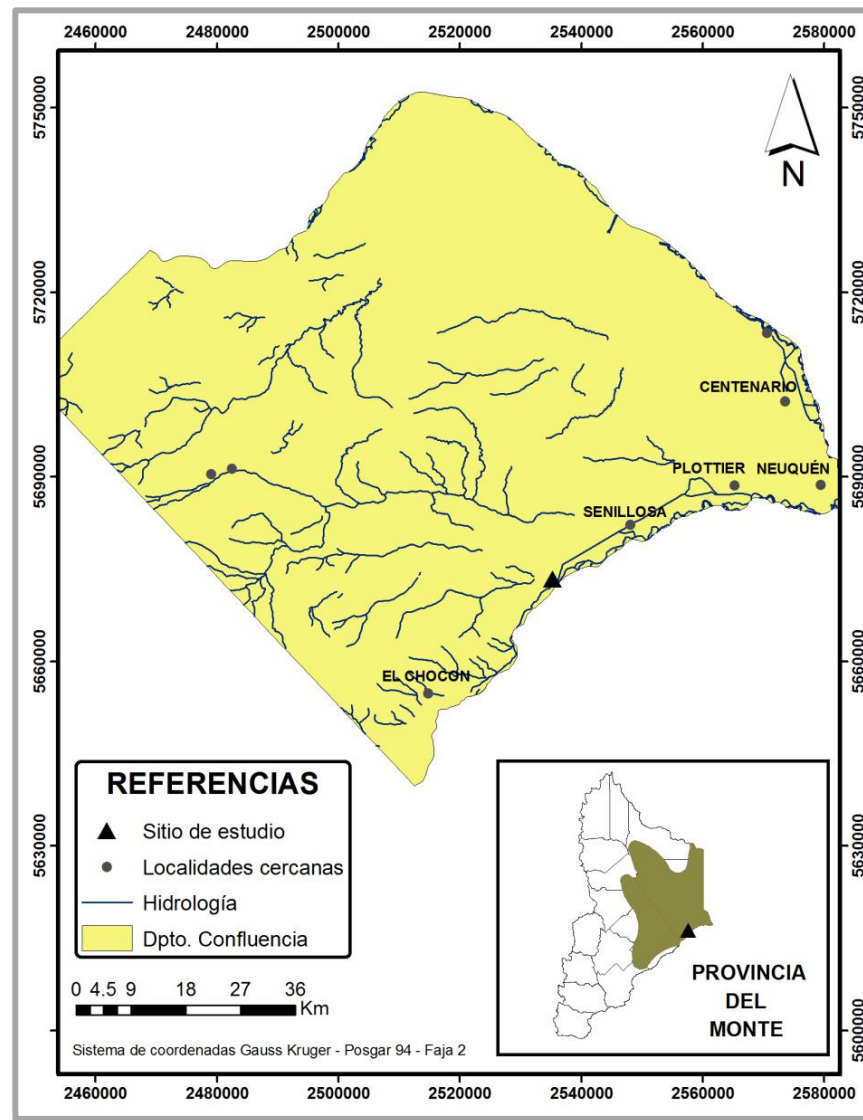
La semilla es la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado



compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta. Cada una de ellas es, potencialmente, un nuevo individuo que contiene parte de la variabilidad genética presente en toda una población. No obstante, el conjunto de semillas producidas en un año determinado, contiene toda o gran parte de la diversidad genética constituyente de la población original (Gold. K.; P. León-Lobos. y M. Way. 2004). Con el objetivo de que un ecosistema este conformado por especies adaptadas a las condiciones locales de un sitio, y para que cuente con capacidad de recuperación ante condiciones ambientales estresantes, las poblaciones que lo componen deben poseer una buena salud genética (SER, 2004). Esto implica, en los proyectos de restauración y/o revegetación, asegurar la variabilidad genética de la población.

Las semillas fueron recolectadas siguiendo protocolos de colecta, y se obtuvieron de especímenes adultos de todas las especies. El trabajo de recolección de especies y sus respectivos frutos fue realizado en la localidad de Arroyito, ubicada al Este de la Provincia de Neuquén, en el Departamento de Confluencia (ver Figura 12). Dicha área se encuentra dentro del denominado Dominio Chaqueño, más específicamente dentro de la Provincia del Monte (Cabrera, A.- Willink, A. 1973), caracterizada también, como Estepa arbustiva con predominancia de *Larrea divaricata* (Jarilla) y *Atriplex lampa* (Zampa) (Movia, C.- Ower, G. y Pérez, C. 1982),

Figura 12 Sitio de estudio de especies y recolección de semillas



Fuente: Farinaccio, Fernando M. 2015.

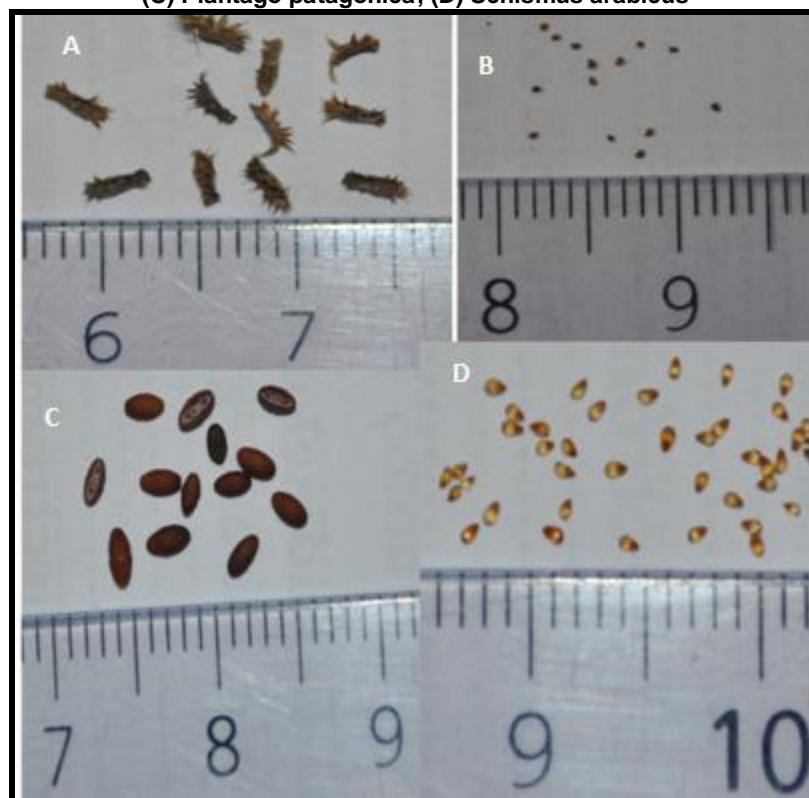
5.7 Limpeza de semillas

Una vez que se seleccionaron las especies y se obtuvo las semillas de cada una, se procedió a la limpieza de las mismas. Este paso favorece el almacenamiento y posterior manipulación, ya que es común que vengan acompañadas por hojas, ramas y otros materiales inertes. Estos residuos pueden interferir en el resultado

de los ensayos, además de incrementar el riesgo de daños por insectos y enfermedades⁴⁴.

La limpieza se realizó manualmente y la técnica varió dependiendo de la especie. En el caso de las especies *Spergula salina* y *Schismus arabicus* se debió trabajar bajo lupa binocular, debido al pequeño tamaño que presentaban sus semillas (ver Figura 13).

Figura 13 Comparación del tamaño de semillas en mm. (A) *Pectocarya linearis*; (B) *Spergula salina*; (C) *Plantago patagonica*; (D) *Schismus arabicus*



Fuente: Elaboración Propia.

⁴⁴ Citado en Paredes, D. Estudio de la Germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la Rehabilitación y Restauración de áreas degradadas. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Comahue. 2013

5.7.1 Spergula salina:

Esta semilla fue la más pequeña de la experiencia, presentando un diámetro promedio de 0,6 mm (ver Figura 14). El proceso de obtención de la semilla constó de un ejercicio repetitivo de “ruptura” de las ramitas por presión manual, y posterior separación de restos, pétalos secos, hojas, etc., hasta obtener una sumatoria de elementos de tamaño similar. Tanto para ésta especie como para la *Schismus arabicus* el “venteo” de los restos vegetales favoreció a la separación final de las semillas. La separación de las semillas utilizadas posteriormente en el ensayo germinativo, se realizó bajo una lupa binocular modelo Motic SMZ- 168.

Figura 14 Limpieza y separación de semillas de *Spergula salina*. Marzo de 2015.



Fuente: Elaboración Propia.

5.7.2 Schismus arabicus:

Esta especie presenta una semilla muy pequeña, de tamaño levemente mayor a la *Spergula salina*, y de un color marrón abrigantado característico. Las semillas en el *Schismus arabicus* se alojan en sus “espigas”, y se obtuvieron extrayéndolas de allí; también fue necesaria la utilización de la lupa binocular para seleccionar las semillas utilizadas en el ensayo germinativo.

Figura 15 Limpieza y separación de semillas de *Schismus arabicus*. Marzo de 2015.



Fuente: Imagen Propia

5.7.3 *Plantago patagonica*:

En comparación a las anteriores, esta especie presenta una semilla más grande. Con un diámetro promedio en torno a 1,5 mm, la obtención de la semilla fue mucho más sencilla. Una vez que se tenían los restos vegetales (incluidos ramitas, semillas, y otros materiales inertes) se procedió a la separación. En este caso no fue necesario utilizar la lupa, ya que éstas semillas fueron fácilmente identificables. Para ello, se utilizó una pinza con punta delgada y fina, de fácil manipulación, fabricada en acero inoxidable.

Figura 16 Limpieza y separación de semillas de *Plantago patagonica*. Marzo de 2015.

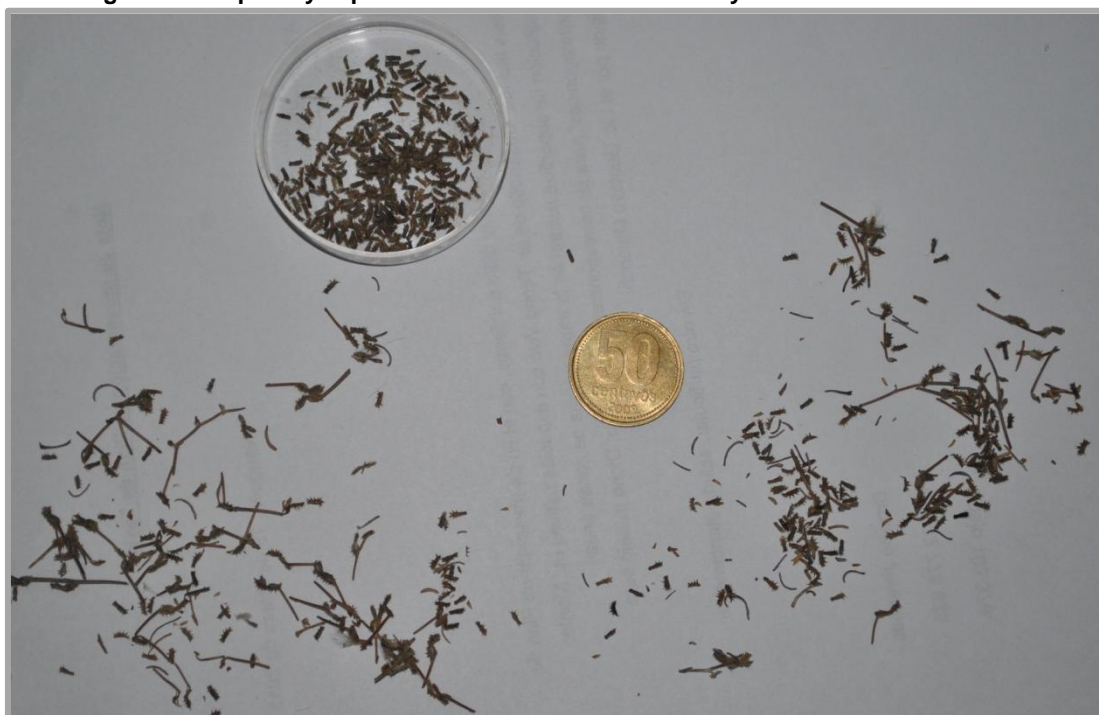


Fuente: Imagen Propia

5.7.4 *Pectocarya linearis*:

Al igual que en el caso del *P. patagonica*, la separación de las semillas de esta especie fue sencilla. Una vez que se tenían los restos vegetales (incluidos ramitas, semillas, y otros materiales inertes) se procedió a la separación de las semillas (ver Figura 17); no fue necesario utilizar la lupa, ya que eran fácilmente identificables. Para ello, se utilizó una pinza con punta delgada y fina, de fácil manipulación, fabricada en acero inoxidable.

Figura 17 Limpieza y separación de semillas de *Pectocarya linearis*. Marzo de 2015.



Fuente: Imagen Propia

5.8 Ensayo de viabilidad en Cámaras de Germinación

La germinación se evaluó en función de la capacidad germinativa o el porcentaje de germinación bajo condiciones controladas de laboratorio. Los ensayos se realizaron en dos cámaras de germinación del laboratorio LARREA, con fotoperíodo 12 hrs luz/12 hrs oscuridad y los valores de temperatura programada



para cada cámara fueron de 10°C-20°C y 20°C-27°C respectivamente. El primer régimen de luz y temperatura representa las condiciones en las cuales se encontrarían las semillas durante la germinación de otoño en la provincia fitogeográfica del Monte (Paez, et al, 2004)⁴⁵. Con el segundo régimen se buscó replicar las condiciones en las cuales se encontrarían las semillas en un momento más cálido del año, similar a las temperaturas habituales de fines de primavera o comienzo del verano. Ambos regímenes de temperatura son considerados como característicos de estas estaciones para dicha provincia fitogeográfica.

La diferencia en los rangos de temperatura a los que fueron expuestas las semillas permitió acelerar los tiempos de evaluación del ensayo, ayudando a su vez a inferir sobre las mejores condiciones climáticas, a las que cada especie posee un mayor rango de germinación durante el transcurso del año.

Para la realización del ensayo se utilizaron cajas de petri, rotuladas con el nombre de la especie, número de repetición y temperatura a la cual se llevaba a cabo el ensayo (ver Figura 18).

⁴⁵ Citado en Paredes, D. Estudio de la Germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la Rehabilitación y Restauración de áreas degradadas. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Comahue. 2013

Figura 18 Semillas de *Pectocarya linearis* listas para ambas cámaras de germinación.



Fuente: Imagen Propia.

En el interior de cada placa se colocó un disco de papel de filtro, rociado con fungicida y humedecido con agua hervida, a través de una pipeta Pasteur plástica (ver Figura 19). La utilización del fungicida tuvo como objetivo evitar el desarrollo de hongos durante la germinación.

Figura 19 Agregado de fungicida en placas.

Fuente: Imagen Propia.

Las semillas de todas las especies fueron revisadas a simple vista y/o bajo lupa, dependiendo del tamaño de las mismas. Se descartaron aquellas semillas atacadas por insectos, las que presentaron el tegumento dañado y las que por su aspecto parecían no viables (sea por menor tamaño en relación al resto del lote o por estar muy aplanadas).

Se realizaron 3 réplicas de 30 y 60 semillas, según la especie. Para las especies *Plantago patagonica* y *Pectocarya linearis* se colocaron 30 semillas por placa, ya que el tamaño de las mismas permitió la rápida y dinámica manipulación. Distinto

fue para las especies *Spergula salina* y *Schismus arabicus*, colocando 60 semillas por placa. El pequeño diámetro de éstas dificultó su manejo, por lo que se debió trabajar bajo lupa durante todo el proceso de limpieza, selección y presentación dentro de la placa. Una pinza de punta fina fabricada en acero inoxidable fue utilizada para realizar todas estas tareas durante el ensayo.

Una vez preparadas las 6 placas de petri por cada especie, 3 de ellas fueron colocadas en la cámara de germinación con fotoperíodo de 12 hrs de luz y 12 hrs de oscuridad, y valores de temperatura de 10°C (mínima) y 20°C (máxima); las 3 restantes se colocaron en la otra cámara, bajo el mismo fotoperíodo pero con diferentes valores de temperatura (Ver Figura 20). En este caso la temperatura mínima fue 20°C y la máxima, 27°C.

Figura 20 Semillas de *Plantago patagónica* listas para ambas cámaras de germinación.



Fuente: Imagen Propia.



5.9 Tratamiento de los Resultados

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en el ensayo germinativo, al tratarse la respuesta de un conteo de plantas germinadas y no verificarse la condición de distribución Normal, se utilizó un Modelo Lineal Generalizado. Estos tipos de modelos, (GLM de las siglas en inglés de *Generalized Linear Models*) son una extensión de los modelos lineales, que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (binomiales, Poisson, gamma, etc.) y varianzas no constantes⁴⁶. Específicamente podemos considerar utilizar GLM, cuando la variable respuesta es:

- Un conteo de casos (p. e. abundancia de una especie);
- Un conteo de casos expresados como proporciones (p. e. porcentajes de plántulas muertas en un experimento de vivero)
- Una respuesta binaria (vivo o muerto, infectado, no infectado, **germinó o no germinó**)

Analizar estadísticamente los resultados bajo un GLM nos permite visualizar la interacción entre los factores “Temperatura” y “Especie”, y cómo influye dicha interacción en el porcentaje germinativo de las especies nativas seleccionadas.

Específicamente, se aplicó un modelo de Regresión Logística Múltiple, dado que la respuesta eran datos de proporción, para evaluar el comportamiento de germinación de las semillas. El análisis se realizó por medio de La función “glm”, perteneciente al paquete “stats” del lenguaje R⁴⁷, considerando en todos los casos un nivel de significación del 5%.

Los recuentos de las semillas germinadas se realizaron día por medio, y se consideró como germinada a la semilla que presentó la radícula u otra estructura

⁴⁶ Cayuela, L. Modelos Lineales Generalizados. Ecolab. Universidad de Granada. 2010.

⁴⁷ R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

expuesta, que es el primer signo visible de crecimiento y división celular (Figuroa et al 1996; Vasquez et al 1996; Beider, 2012)⁴⁸. Para mantener la humedad adecuada, se les agregaba agua a las placas cada vez que era necesario. En el caso de *S. salina* y *S. arabicus*. el recuento se realizó bajo lupa bifocal, debido al pequeño tamaño que presentaban sus semillas. Una vez germinadas, las semillas eran retiradas de las placas. El ensayo se extendió durante 35 días, dándolo por terminado al observar un estancamiento en la germinación de las 4 especies evaluadas.

Figura 21 Semillas germinadas de (A) *Pectocarya l.*, (B) *Schismus a.* y (C) *Plantago p.*



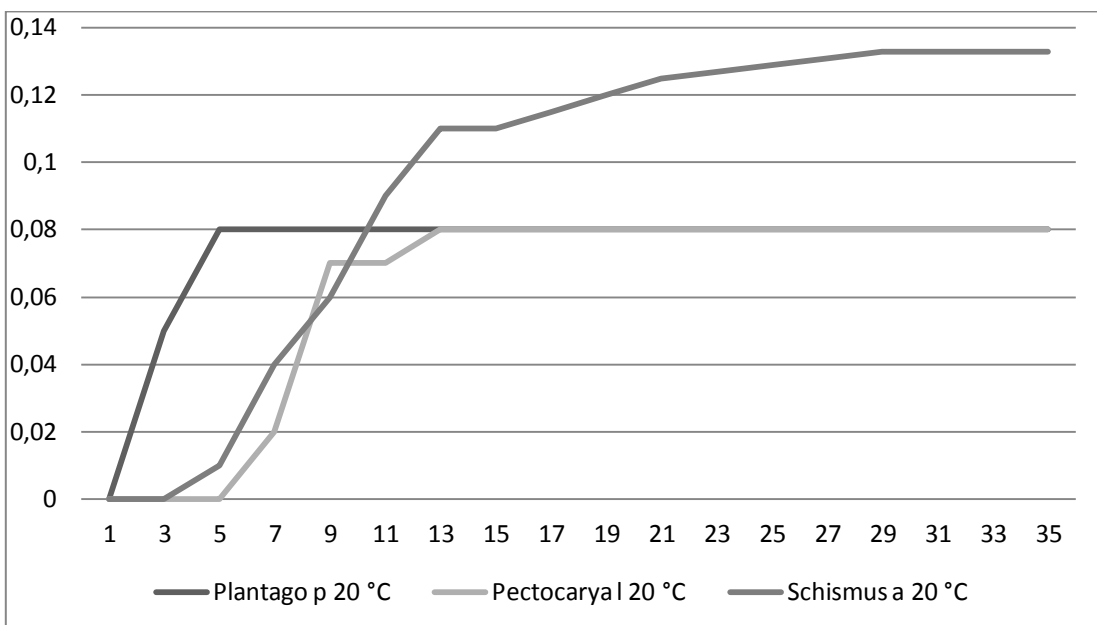
Fuente: Elaboración Propia.

⁴⁸ Citado en Paredes, D. Estudio de la Germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la Rehabilitación y Restauración de áreas degradadas. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Comahue. 2013



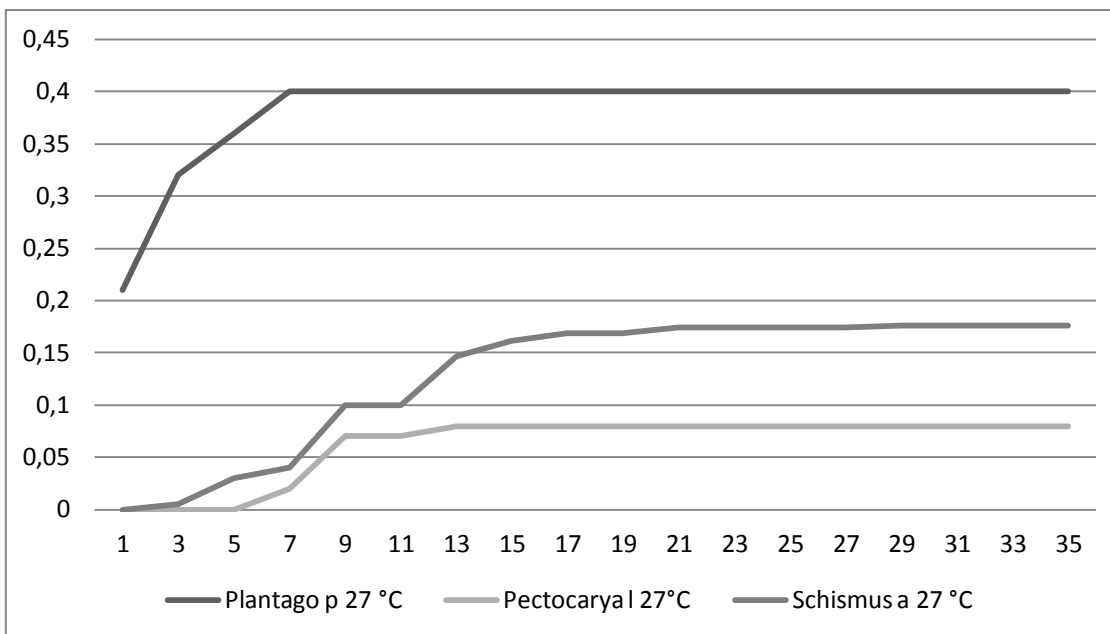
Se calculó, para cada rango de temperaturas, el porcentaje de germinación promedio. Se realizaron las curvas de germinación acumulada para cada especie, resultando en gráficos que muestran el promedio acumulado del porcentaje de germinación versus días (ver Figuras 22 y 23)

Figura 22 Curvas de germinación acumulada (proporción de germinación vs días) para el rango de 10°C-20 °C



Fuente: Elaboración Propia.

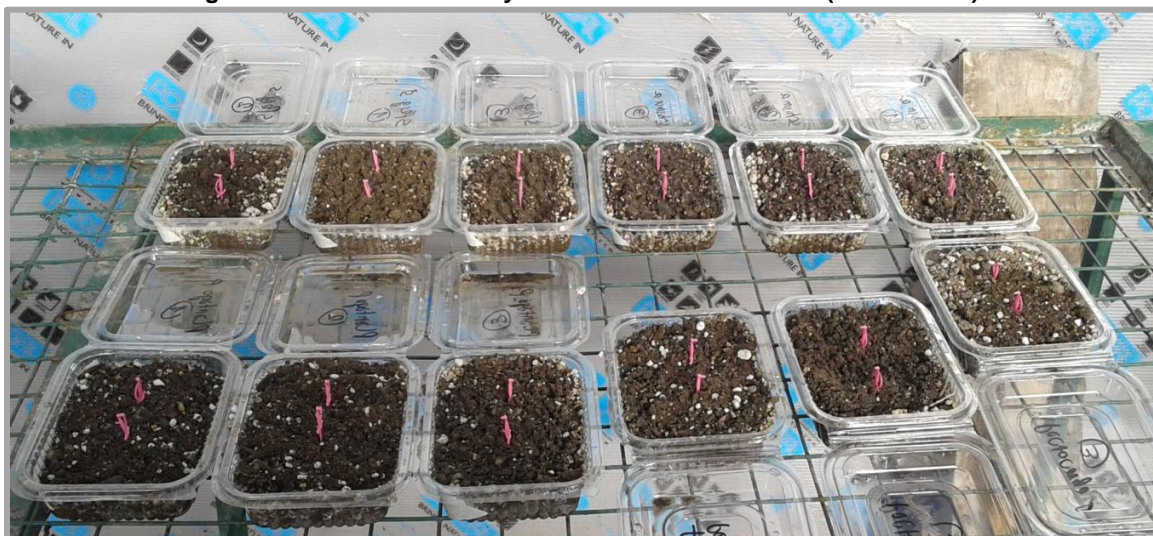
Figura 23 Curvas de germinación acumulada (proporción de germinación vs días) para el rango de 20°C-27 °C



Fuente: Elaboración Propia.

5.10 Ensayo germinativo en sustrato

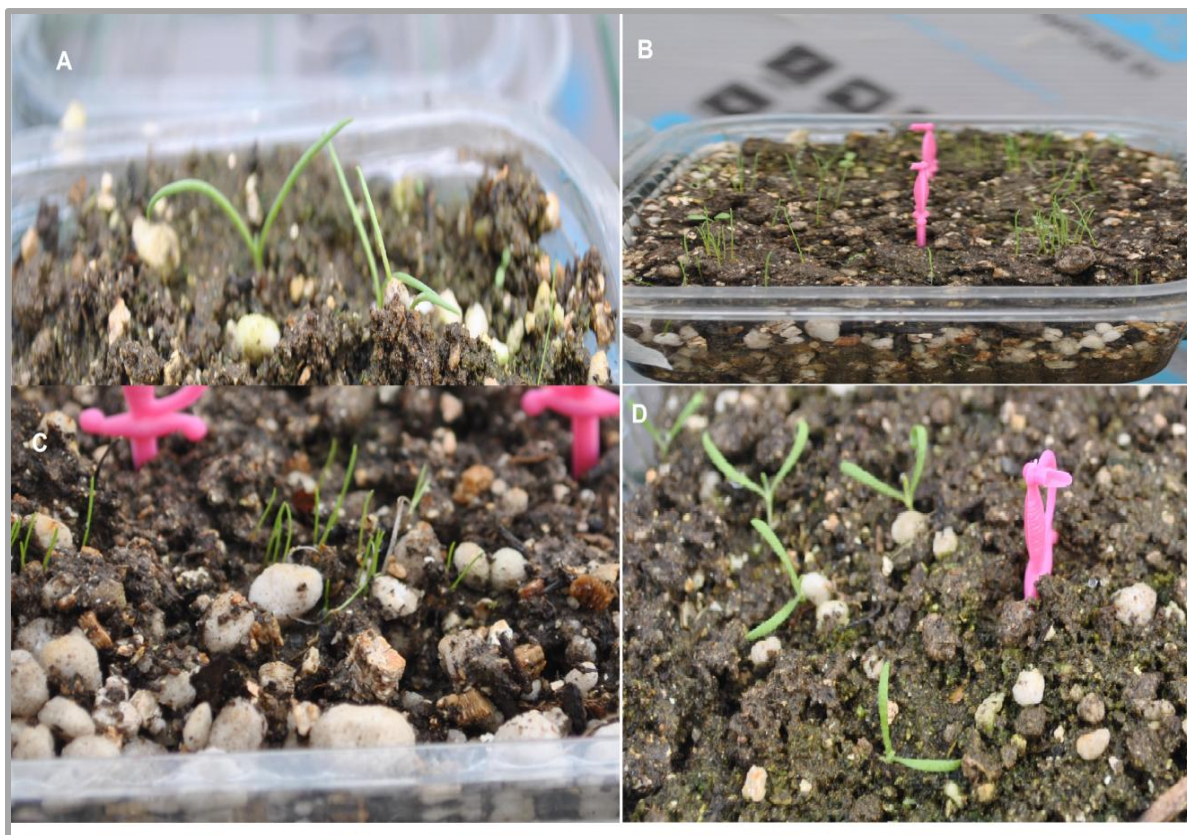
En una segunda etapa del ensayo, se evaluó la viabilidad de las semillas en sustrato; para ello se utilizó una mezcla estándar de componentes (según los lineamientos del LARREA), compuesta por 3 partes de tierra, 2 partes de compost, 1 parte de perlita y 1 parte de vermiculita. El objetivo de esta etapa fue la apreciación del comportamiento de la especie germinada en el invernadero, expuesta a las condiciones semicontroladas, para intentar relacionar las características germinativas de las especies bajo distintas condiciones ambiente. Se buscó de esta manera determinar si las especies eran capaces de producir plantines de buena calidad, sin algún tipo de ayuda extra, más que un riego diario por aspersion de 5 minutos de duración. Las bandejas fueron separadas en 6 partes aproximadamente iguales, para poder diferenciar el espacio en el que se colocaban las semillas.

Figura 24 Iniciación de ensayo de viabilidad en sustrato (invernadero)

Fuente: Elaboración Propia.

La dinámica de esta etapa fue similar a la primera, con la salvedad de que lo que se buscó fue evaluar la presencia o ausencia de germinación por sobre la cantidad de semillas germinadas. Se colocaron 30 semillas de *Plantago patagonica* y de *Pectocarya linearis* por bandeja y 60 semillas en el caso *Schismus arabicus*. Debido al casi nulo porcentaje de germinación que se obtuvo con la especie *Spergula salina* en la primera etapa del ensayo, se decidió no utilizarla en la segunda. Para las 3 especies utilizadas se colocaron las semillas por triplicado, agregando un cuarto grupo denominado “Control”.

Figura 25 Semillas de *Plantago p.* germinadas (A); Semillas de *Schismus a.* germinadas (B y C); Semillas de *Pectocarya l.* germinadas.



Fuente: Elaboración Propia. (D)

Más allá de que todas las especies germinaron en el sustrato, se observó un crecimiento elevado y mantenido para las 3 especies utilizadas (ver Figura 26).

En el caso de la especie *Spergula salina*, será motivo de investigaciones futuras la evaluación de las condiciones favorables bajo las cuales se pueda incrementar el porcentaje de germinación de sus semillas.

Figura 26 Plantines de *Plantago patagonica* (A y B); *Pectocarya linearis* (C) y *Schismus arabicus* (D) al cabo de un mes de comenzado el ensayo de viabilidad en sustrato.

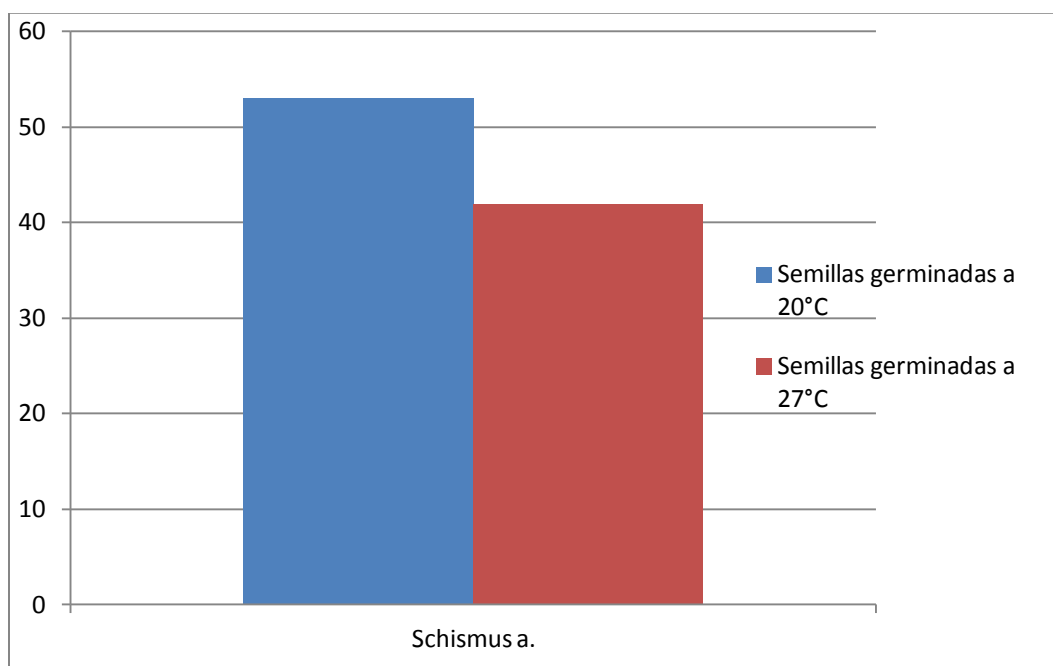


Fuente: Elaboración Propia.

6 Análisis y Discusión de los Resultados

El hecho de haber realizado el ensayo bajo dos rangos de temperatura diferentes (10°C-20°C y 20°C-27°C respectivamente), permite obtener valiosa información acerca de las condiciones germinativas más favorables para las especies nativas seleccionadas. Se puede, de esta forma, proponer determinadas condiciones bajo las cuales dichas especies mejorarían su porcentaje de germinación

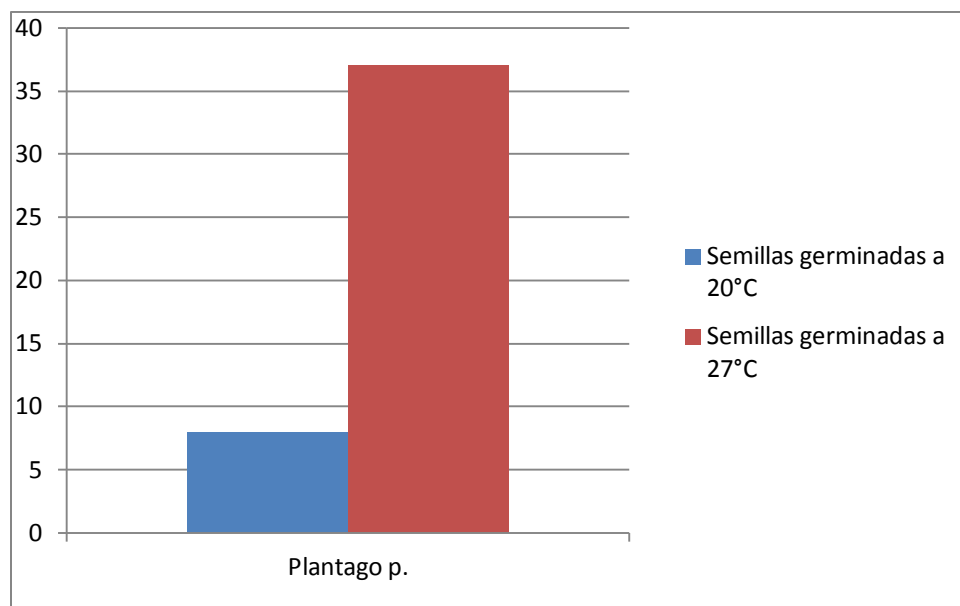
Figura 27 Número de semillas germinadas de *Schismus arabicus* durante la primera etapa del ensayo.



Fuente: Elaboración Propia.

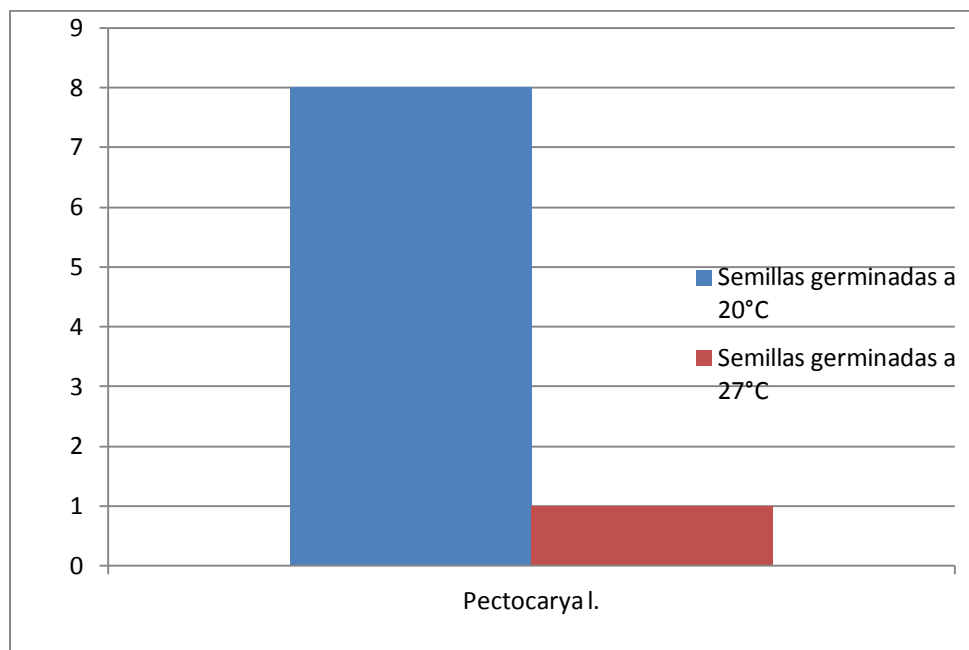


Figura 28 Número de semillas germinadas de *Plantago patagonica* durante la primera etapa del ensayo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29 Número de semillas germinadas de *Pectocarya linearis* durante la primera etapa del ensayo.



Fuente: Elaboración Propia.



Se analizó la interacción entre los factores *Especie* y *Temperatura*, para luego ver como influía dicha interacción en el porcentaje de germinación para cada Especie, bajo los distintos rangos de Temperatura.

Viendo que la interacción fue muy significativa (p-valor <0,001), no se pudo evaluar los efectos de la Especie y la Temperatura por separado; por este motivo, se analizó el efecto de la Temperatura dentro de cada Especie.

En el caso de la especie ***Pectocarya linearis***, se obtuvo el siguiente modelo:

$$\eta = -2,3273 - 2,1614 * T \text{ } 27^{\circ}\text{C}$$

$$(e^{-2,1614})^{-1} = 0,1151$$

Para una mejor interpretación elevamos a la -1, pudiendo concluir que, a 20°C, esta especie tiene 8,68 veces más chances de germinar que a 27°C.

En el caso de la ***Plantago patagonica*** se observó una notable diferencia entre las semillas germinadas a 20° C y las germinadas a 27° C. El modelo obtenido demuestra lo siguiente:

$$\eta = -2,3273 + 1,9679 * T \text{ } 27^{\circ}\text{C}$$

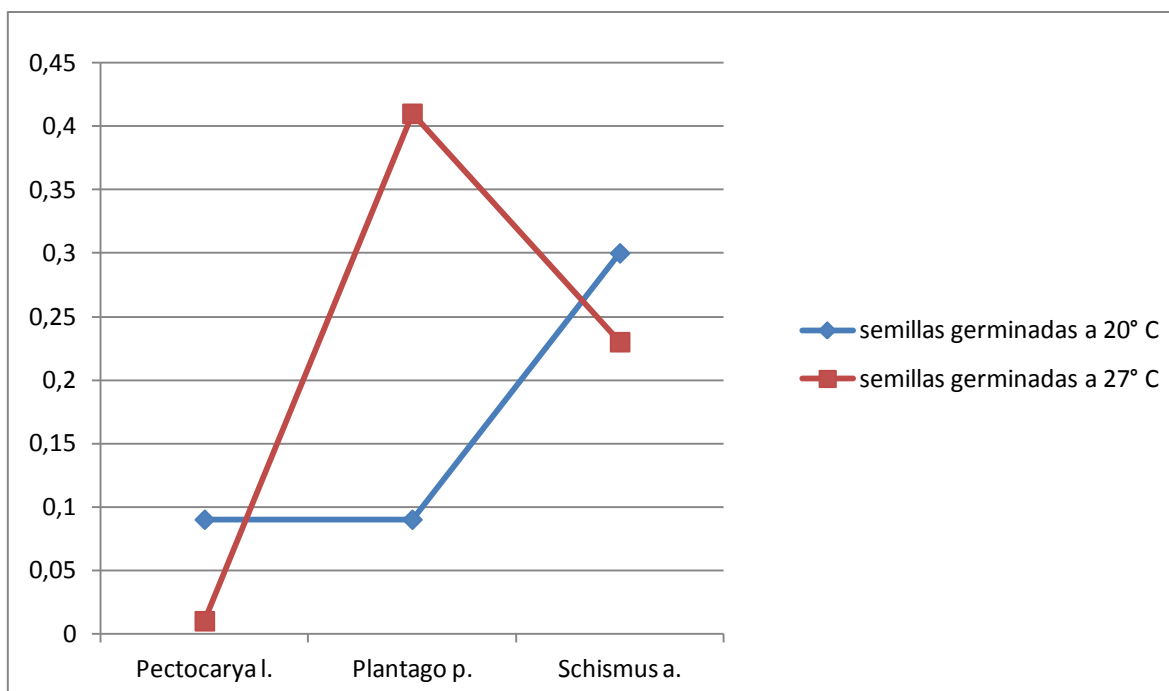
$$(e^{1,9679}) = 7,15$$

En este caso, la especie ve favorecida su germinación a 27° C, teniendo 7,15 veces más chances de germinar que a 20° C.

Para la especie ***Schismus arabicus*** se obtuvo un p-valor de 0,189, y, considerando que en todos los casos se trabajó con un valor de significación del 5% (0,05), nos lleva a concluir que no existen diferencias reveladoras en el porcentaje germinativo de esta especie, entre los dos rangos de Temperatura bajo los que se realizó el ensayo.

De las cuatro especies con las que se trabajó, tres presentaron germinación de sus semillas en ambos rangos de Temperatura. En el caso de la *Spergula salina* se puede concluir que, como su nombre lo indica, se desarrolla mejor en suelos salinos, y no bajo las condiciones en que se lo expuso durante el ensayo. Más allá del nulo resultado obtenido para con esta especie, es destacable su especialización de crecer bajo estas condiciones de estrés, respecto a su capacidad de convivir y competir con otras especies. Además, presenta una característica muy destacable y necesaria para las especies adaptables a un Techo Vivo: elevado poder de cobertura del suelo, formando un denso y homogéneo manto de vegetación.

Figura 30 Proporción de semillas germinadas por especie.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, y en base a los resultados obtenidos para las tres especies que sí germinaron, podemos decir que es viable la implantación de estas especies en un Techo Vivo mediante la dispersión de sus semillas, no siendo necesario utilizar



otras técnicas como el trasplante del plantín. En cuanto a la utilización o no de un sistema de riego, y en base a la experiencia realizada en el invernadero, es recomendable brindar un aporte diario de agua al manto de vegetación del Techo Vivo, principalmente en los meses más cálidos del año, e indispensablemente de forma diaria en el momento de implantación de la vegetación seleccionada. La incorporación de especies nativas, que por su naturaleza están adaptadas a las condiciones climáticas del Monte Norpatagónico, puede disminuir significativamente el volumen de agua de riego utilizada para el mantenimiento anual de la vegetación.

6.1 Respetto de las discusiones previas

Ahora bien, este trabajo se desarrolló en base a una serie de Objetivos e Hipótesis. El objetivo general fue proponer diferentes especies nativas del Monte Norpatagónico, en función de su capacidad germinativa, como especies utilizables para un Techo Vivo extensivo. Se puede observar cómo, a partir de los resultados obtenidos, las especies presentan diferentes comportamientos en función del rango de temperaturas al que fueron expuestas. Vemos que en el caso de la *Pectocarya linearis* obtuvimos un mayor porcentaje germinativo con 20 °C de T máx, mientras que, para el *Plantago patagonica*, la mayor proporción se obtuvo con 27 °C como T máx. En el caso de la *Schismus arabicus* no se observan diferencias significativas entre los datos obtenidos, por lo que podemos concluir que no existe diferencia en la germinación obtenida a uno u otro rango de Temperatura. Estos resultados fueron posibles gracias a la experimentación realizada con dichas especies nativas (Objetivo específico 1).

Tomando como base la literatura disponible, fuentes en Internet y contactos de la industria e investigación, se identificaron criterios de selección de las plantas para el techo verde extensivo. Dicha información debió ser readecuada a las características que presentan las especies nativas de la Provincia Fitogeográfica



de Monte, ya que la gran mayoría de las experiencias relevadas se desarrollaron bajo condiciones climáticas íntegramente diferentes.

Surgen también de este relevamiento, numerosos y variados casos en los que se mencionan las bondades energéticas que presenta esta técnica para optimizar los consumos energéticos de las viviendas. Sin embargo, no se han registrado experiencias desarrolladas en regiones áridas, en donde se cuantifiquen dichas bondades.

En cuanto al diseño de un Techo Vivo de bajo mantenimiento para la Región Norpatagónica, se recomienda diseñar techos planos, principalmente techos de losa, que incorporen carpetas de nivelación de poca pendiente del orden de 3 al 8% (cm/m). De esta manera, se evita la escorrentía superficial durante lluvias torrenciales, y aumentan la percolación y acumulación de agua/humedad. A la vez, se facilita la operatividad de labores y se reduce la superficie total en comparación con los techos inclinados, donde se aumenta la misma. Otro aspecto interesante a incorporar, es el diseño de terrazas consecutivas; esto ha sido ampliamente utilizado por diversos grupos originarios de América, y la ventaja radica en que, cuando cae abundante lluvia en una pendiente, el agua tiende a generar escorrentía superficial. En cambio, si encuentra pequeñas terrazas longitudinales que conservan cotas a un mismo nivel, el agua tiende a percolar en el sustrato y, probablemente, se mueva sub-superficialmente en el manto drenante.

Una forma de proteger a la vegetación del intemperismo, es incorporar estructuras permanentes, tipo pérgolas, que ofrezcan media sombra. De esta manera, se minimiza la evapotranspiración desde la vegetación y el sustrato, y disminuye así, la temperatura de este último. Otra manera de lograr este efecto de sombreado se puede obtener mediante la incorporación de un “Techo Vivo Liviano”. Reciben este nombre aquellos techos que mediante una estructura externa permiten el sostenimiento de una vegetación por sobre la estructura de la vivienda o



edificación. En este caso se propone el uso de especies tipo hiedras o enredaderas, que aunque están enraizadas a nivel del suelo, son guiadas hasta el techo para brindar protección al sustrato y a la vegetación emergente de un Techo Vivo extensivo.

El viento puede ser un factor sobresaliente en el clima Norpatagónico, principalmente en el comienzo de la primavera. La sobre-elevación de una pared expuesta a los vientos dominantes puede reducir la presión del mismo y disminuir la evapo-transpiración de humedad. Estudios específicos de túnel de viento podrían echar luz en este aspecto tan relevante, ya que según algunos autores, en nuestra zona el viento aumenta notablemente la Evapo-Transpiración Potencial (EVP) incrementando aun más el déficit hídrico. Otra variable para contrarrestar el efecto del viento puede ser la incorporación de plántulas del tipo coirones, (*Poa spp* o *Pappostipa spp*); si se colocan éstas especies en contra del sentido de los vientos predominantes, se puede lograr una cortina de viento, de manera análoga a la que otorgan las alamedas en las tierras productivas. Esta cortina brindaría sombreado y protección a las especies de menor porte que crezcan entre las hiladas.

Considerando la importancia del riego en momentos específicos de la construcción y mantención del Techo Vivo, creo indispensable el concepto de reutilización de aguas, tanto grises como de lluvias. Las aguas grises generadas a nivel de viviendas, comercios y oficinas pueden ser fácilmente reutilizadas. Se debería realizar un tratamiento sencillo, con retención de grasas y materia orgánica, y posteriormente un filtrado biológico en el que se utiliza vegetación macrófita (papiros, juncos, totoras, carrizos). Finalmente, el efluente puede disponerse con la ventaja de aportar nutrientes asimilables.

La captación de agua de lluvias para su posterior reutilización, es otra posibilidad. Incorporar tecnología que permita disminuir el consumo de un recurso tan importante como el agua es de vital importancia en regiones áridas y semi-áridas.



Para ello se pueden diseñar canalizaciones que permitan coleccionar el agua de lluvia con la cual, posteriormente, se irrigue la vegetación.

El diseño es una herramienta clave que puede colaborar para el mejor desempeño de un techo vivo en una región árida, optimizando las condiciones de habitabilidad del edificio o vivienda en cuestión. El desafío radica en la evaluación, adecuación y utilización de los recursos que cada región presenta, en pos de optimizar los niveles de consumo energéticos de las civilizaciones modernas. Podremos así, dar comienzo a un nuevo paradigma ambiental, en el que se revalorice la relación Sociedad-Naturaleza, priorizando el bienestar de las generaciones futuras.



7 Conclusión

La sustentabilidad de una tecnología constructiva está íntimamente asociada al sitio donde se la pretende implementar. La incorporación de las mismas tendrá un impacto positivo en la medida en que se respeten las características bioclimáticas locales. Desarrollar Techos Vivos con especies nativas en la trama urbana de zonas áridas, puede significar un sustancial mejoramiento en la calidad de vida de los individuos de estas ciudades, haciendo de ésta variante tecnológica, una herramienta concreta y viable para paliar diversas problemáticas ambientales que nos aquejan cotidianamente. Resulta necesario que se utilicen especies adaptadas a las condiciones climáticas del sitio en donde se desea emplazar el Techo Vivo, adecuando la obra a las características del medio y no viceversa.

Pese al imaginario colectivo, la biodiversidad que presenta esta provincia fitogeográfica es muy elevada, mostrando una innumerable cantidad de especies de plantas nativas viables de ser adaptadas en un Techo Vivo. En base a la experiencia desarrollada, es que se concluye que es posible la conformación de un manto vivo, sobre los componentes de un techo vivo de tipo extensivo, a partir de la incorporación de semillas de las especies *Pectocarya linearis*, *Plantago patagonica* y *Schismus arabicus*. Asimismo, puede ser de utilidad la incorporación de plántulas de coirones, poas o stipas con el fin de aportar cierto reparo de viento y sombra, para el mejor desarrollo del conjunto de especies.

Se considera que la siembra inicial debería coincidir con el otoño, ya que el descenso de las temperaturas y el aumento de la humedad atmosférica pueden brindar mejores oportunidades al desarrollo de la vegetación nativa.



8 Bibliografía

Libros:

- Placitelli, C.H. *Techos verdes en el Cono Sur*. Segunda edición. Montevideo, Julio de 2011.
- Placitelli, C.H. *Techos verdes en el Cono Sur*. Tercera edición. Montevideo, Diciembre de 2013.
- Minke, G. *Techos verdes, planificación, ejecución, consejos prácticos*. Editorial Fin de Siglo. Montevideo, 2004.
- Lic. García D.- Lic. Priotto G. *Educación Ambiental. Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Valdés Kuri L. - Ricalde de Jager, A. *Ecohábitat: experiencias rumbo a la sustentabilidad*. Secretaría de Medio Ambiente y recursos naturales de México.
- Rapoport, E. H - Ladio, A. H. y Sanz, E. H. *Plantas Nativas Comestibles de la Patagonia Andina argentino-chilena*. Parte 1. Departamento de Ecología, C.R.U.B. Programa de Extensión Universitaria, U.N. Co. y National Geographic Society. 1999.
- Boelcke, O. *Comunidades herbáceas del norte de Patagonia y sus relaciones con la ganadería*. Revista de Investigaciones Agrícolas. Tomo XI. Número 1. Buenos Aires, 1957.
- Coscaron Arias C. – Gandullo R. *Flora típica de las bardas del Neuquén y sus alrededores*. Facultad de Ciencias Agrarias. U. N. Co y Petrobras. 2004.
- Evans M. J., y Sidders G. F. *Comportamiento térmico de Paredes y Techos*. Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda. Subsecretaría de Vivienda. Septiembre, 1980.



- Olgyay, V. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, 1998.
- Cabrera A., y Willinik A. *Biogeografía de América Latina*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 1973.
- Evans, M. y de Schiller, S. *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Secretaría de Extensión Universitaria. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U.B.A. 1988.
- Pierre, R. S. *Edificación Solar Biológica*. Barcelona, España. 1983.
- Movia, C. – Ower, G y Perez, C. *Estudio de la Vegetación Natural de la Provincia de Neuquén*. Ministerio de Economía y Hacienda. Subsecretaria de Estado de Recursos Naturales. 1982

Publicaciones:

- *Manifiesto por la Vida. Por una ética para la Sustentabilidad*. Simposio sobre ética y Desarrollo Sustentable. Bogotá, Colombia. 2002.
- Dirección Provincial de Estadísticas y Censos de la Provincia de Neuquén. *Boletín Estadístico N° 150*. Año XX. Marzo/Abril de 2013.
- *Los Techos Vegetales*. Arq. Bentancor Luis. Camino Sostenible. Disponible online.
- *Arq. Rodríguez Gálvez Helena*. *Cubiertas Vegetales, ciudades más verdes*. Mimbrea.
- MSc Torrens C. y Jurio E., Esp. Ciminari Mabel. *Problemáticas ambientales derivadas de la expansión urbana*. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Comahue.
- *Construcción Sustentable. Del gris al verde*. Promoción de Cubiertas verdes en la Ciudad de Bs. As.



- Baño Nieva A. *La Arquitectura Bioclimática: Términos nuevos, conceptos antiguos. Introducción al diseño de espacios desde la óptica medioambiental*. Departamento de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares de Madrid.
- Gold. K.; P. León-Lobos. y M. Way. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p. 2004.
- *Society for Ecological Restoration (SER) International*, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Principios de *SER International* sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: *Society for Ecological Restoration International*. 2004.
- Sosa Griffin, M. E.; Siem. G. *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción Facultad de Arquitectura y Urbanismo - IDEC/FAU/UCV. Caracas, 2004.
- Rural Industries Research and Development Corporation. Publication No. 11/175. *Living Wall and Green Roof Plants for Australia*. PR No. PRJ-005130. 2012. Disponible en pdf. 2012.
- Norma IRAM 11603-1996. *Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Publicación disponible en pdf.
- Prof. Lissarrague, J. R. y Baeza, P. *La Fotosíntesis*. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en pdf.
- Ordóñez-López E. E., Zetina-Moguel C., Pérez-Cortés M. *Sobrevivencia y cobertura de plantas en techos verdes durante el estiaje en Yucatán*. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-2, pp 93-107, ISSN 1665-529-X. 2012.



- Gandullo, R; Gastiazoro, J. *Suaedetum Neuquenensis nueva asociación de ambientes salinos*. Facultad Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Comahue, CC 85, (8303) Cinco Saltos, Río Negro. Argentina. Multequina vol.18 no.1 Mendoza ene. /jun. 2009.
- Cayuela, L. *Modelos Lineales Generalizados*. Ecolab, Centro Andaluz de Medio Ambiente. Universidad de Granada. 2010.
- Faraway, J.J. *Extending the linear model with R. Generalized linear, mixed effects and non parametric regression models*. Chapman & Hall/CRC Press, Florida, USA. 2006.
- Soto, M. S.; Barbaro, L; Coviella, M. A; Stancanelli, S. *Catálogo de Plantas para Techos Verdes*. INTA – CIRN. 2014.

Páginas de internet:

- <http://www.mimbrea.com/cubiertas-vegetales-ciudades-mas-verdes/>
Visitada el 4 de Marzo de 2014
- http://www.ramcc.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=1269:bajar%C3%A1n-el-abl-a-edificios-que-construyan-terrazas-verdes-en-buenos-aires&Itemid=501 Visitada el 19 de Junio de 2014
- http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Habitat_Urbano/techos_vivos_un_aporte_al_mejoramiento_de_la_calidad_ambiental_urbana Visitada el 22 de Junio de 2014
- <http://drenajeurbanosostenible.org/green-roof-2/consideraciones-en-el-planeamiento-de-cubiertas-verdes/> Visitada el 19 de Septiembre 2014
- <http://www.livingroofs.org/florida-songer1> Visitada el 14 de Octubre de 2014
- <http://www.asescuve.org/cubiertas-verdes/beneficios/> Visitada el 14 de Octubre de 2014
- <http://www.revistavivienda.com.ar/actualidad/noticias/la-tendencia-de-las-terrazas-verdes-llega-a-neuquen> Visitada el 28 de Noviembre de 2014



- <http://www.greenroofguide.co.uk/introduction/> Visitada el 28 de Noviembre de 2014
- <https://aldeasverdes.wordpress.com/tag/construccion-natural-2/> Visitada el 28 de Noviembre de 2014
- <http://www.floraargentina.edu.ar/>. Catálogo de las plantas Vasculares del Cono Sur. Visitada a partir de Marzo del 2015.
- <http://www2.darwin.edu.ar/>. Instituto de Botanica Darwinion. Visitada a partir de Marzo del 2015

Tesis de Grado Consultadas:

- Maionchi, G. 2008. Comportamiento térmico de muros masivos en viviendas Norpatagónicas. Tesis de Grado. Facultad de Cs. del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue
- Muñoz, P. 2009. Análisis de ciclo de vida: aproximación conceptual y metodológica y aplicación a la producción de hormigón en la ciudad de Neuquén. Tesis de grado. Facultad de Cs. del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue
- Masini, C. 2011. Germinación de especies nativas del norte neuquino: Provincias Fitogeográficas del Monte y Patagónica (Distrito de la Payunia), e implicancias para la rehabilitación de zonas áridas degradadas. Tesis de grado. Universidad Nacional del Sur.
- Paredes, D. 2013. Estudio de la Germinación de cinco especies nativas de Monte como aporte para la Rehabilitación y Restauración de áreas degradadas. Tesis de Grado. Facultad de Cs. del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue.
- Monterroso Cordón, M. C. 2011. Prototipo de Vivienda Saludable y Ecológica de Bajo Costo. Tesis de Licenciatura en Arquitectura. Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.